Feux et forêts mayas. Usages et gestion des combustibles ligneux dans les Basses Terres centrales mayas à la période Classique : le cas du site de Naachtun, Petén, Guatemala. Approche anthracologique

Lydie Dussol

▶ **To cite this version:**

Lydie Dussol. Feux et forêts mayas. Usages et gestion des combustibles ligneux dans les Basses Terres centrales mayas à la période Classique : le cas du site de Naachtun, Petén, Guatemala. Approche anthracologique. Archéologie et Préhistoire. Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 2017. Français. ⟨NNT : ⟩. ⟨tel-02424958⟩

HAL Id: tel-02424958

https://hal.science/tel-02424958v1

Submitted on 29 Dec 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

HAL Authorization

UNIVERSITÉ PARIS 1
PANTHÉON SORBONNE

UNIVERSITÉ PARIS 1 PANTHÉON-SORBONNE
UFR 03 HISTOIRE DE L'ART ET ARCHÉOLOGIE

UMR 8096 Archéologie des Amériques

THÈSE

Pour l'obtention du titre de Docteur de l'université de Paris 1
en Archéologie, Anthropologie, Ethnologie, Préhistoire

Présentée et soutenue le 5 décembre 2017 par

Lydie DUSSOL

Feux et forêts mayas

Usages et gestion des combustibles ligneux dans les Basses Terres centrales mayas à la période Classique : le cas du site de Naachtun, Petén, Guatemala.
Approche anthracologique

Sous la direction de :
Dominique MICHELET, Directeur de recherche émérite, CNRS, Université de Paris 1

Devant un jury composé de :

Michelle ELLIOTT, Maître de conférences, Université de Paris 1	Tuteur
Margaret TENGBERG, Professeur, MNHN	Rapporteur
Christopher MOREHART, Professeur, Arizona State University	Rapporteur
Isabelle THÉRY-PARISOT, Directrice de recherche, CNRS, Université Nice Sophia Antipolis	Examinateur
Philippe NONDÉDÉO, Chargé de recherche, CNRS, Université de Paris 1	Examinateur
Gerald ISLEBE, Directeur de recherche, ECOSUR Chetumal, Mexique	Examinateur

À mes parents

REMERCIEMENTS

Ce travail doctoral a été réalisé dans le cadre du Projet archéologique Petén-Norte Naachtun (2010-2018, UMR 8096 CNRS, Université de Paris 1 & Université San Carlos de Guatemala). Il a été financé par l'Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne sous la forme d'un contrat doctoral (2012-2015) et par une bourse France 2015 de la Fondation L'Oréal-UNESCO dans le cadre du programme international *Pour les Femmes et la Science*. Il a également bénéficié du soutien financier du laboratoire ArchAm (UMR 8096 CNRS) et du Laboratoire d'Excellence « Dynamiques Territoriales et Spatiales » (LaBex DynamiTe).

La compilation de la collection de référence des bois des Basses Terres centrales mayas a été menée en collaboration avec l'Herbario BIGU (École de Biologie, Université San Carlos de Guatemala). Une partie des échantillons (bois et lames minces de bois) a été acquise grâce à des donations des xylothèques du Musée royal de l'Afrique centrale (Tervuren, Belgique), de l'Institut de Biologie de l'université nationale autonome du Mexique et du Muséum national d'histoire naturelle de Paris.

Ma gratitude va à toutes les personnes, collègues, amis et parents, qui m'ont soutenue dans ce projet et qui ont contribué, par de passionnantes discussions tout au long de ces cinq années de doctorat, à enrichir mes réflexions. Je remercie naturellement mes encadrants, Dominique Michelet et Michelle Elliott, qui, au-delà de l'encadrement scientifique, m'ont procuré un soutien moral souvent salvateur. Merci à Philippe Nondédéo, Carlos Morales et Lilian Garrido, co-directeurs du Projet Naachtun, pour m'avoir donné l'opportunité et les moyens de mener à bien cette étude, ainsi qu'à tous les membres du projet pour leur participation active à l'échantillonnage anthracologique sur le terrain. J'adresse des remerciements particuliers à Hector Garcia et Enrique Garcia pour toute l'aide apportée dans les travaux de terrain (flottation des sédiments, collecte des bois pour la collection de référence et feux expérimentaux) durant les trois campagnes 2013, 2014 et 2015. À Marie-Claude Saad (université de Paris-Ouest Nanterre) et Josefina Barajas-Morales (université nationale autonome du Mexique),

spécialistes des bois tropicaux, pour leur aide précieuse dans le véritable défi que représente parfois l'identification des essences de bois. À Isabelle Théry-Parisot (UMR 7264 CEPAM) pour sa collaboration dans l'étude expérimentale de la combustion. À Philippe Nondédéo et Eva Lemonnier (université Paris 1 Panthéon-Sorbonne) pour la relecture de certains chapitres et pour leurs commentaires qui ont permis d'améliorer ce manuscrit. Et enfin, à Julie et Gérard Joly pour leurs belles illustrations.

AVERTISSEMENT

Parmi les résultats présentés dans ce manuscrit, certains ont fait l'objet d'une publication sous forme d'articles. Le texte du Chapitre 5 est la version française retravaillée d'un article publié dans le numéro 12 (2017) du *Journal of Archaeological Science: Report*, intitulé « Experimental anthracology: Evaluating the role of combustion processes in the representivity of archaeological charcoal records in tropical forests, a case study from the Maya Lowlands » (Dussol, Elliott et Théry-Parisot, 2017).

L'article actuellement sous presse pour la revue *Quaternary International* intitulé « Ancient Maya sylviculture of breadnut (Brosimum alicastrum Sw.) and sapodilla (Manilkara zapota (L.) P. Royen) at Naachtun (Guatemala): A reconstruction based on charcoal analysis » (Dussol et al. 2017), est issu d'une présentation donnée au 6th International Anthracology Meeting, organisé par l'Université de Fribourg (Allemagne) du 31 août au 6 septembre 2015. Il présente une partie des données et interprétations qui font l'objet du Chapitre 6.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS i

AVERTISSEMENT iii

SOMMAIRE v

LISTE DES FIGURES ix

INTRODUCTION 1

PARTIE I. CADRES DE LA RECHERCHE 13

1. DES PEUPLES ET DES ARBRES. LES PAYSAGES MAYAS DES BASSES TERRES CENTRALES À TRAVERS LES ÂGES 15

Les forêts tropicales des Basses Terres mayas 17
Exploitation agroforestière traditionnelle et usages des bois dans les sociétés mayas contemporaines des Basses Terres 42
Contexte historique régional 53

2. SYNTHÈSE HISTORIOGRAPHIQUE. APPORTS ET LIMITES DES DIFFÉRENTES APPROCGES DANS L'ÉTUDE DES USAGES DES BOIS ET DES ARBRES PAR LES ANCIENS MAYAS 71

L'approche archéologique directe 73
Les approches complémentaires 84
Synthèse des connaissances sur l'économie et les usages anciens des ressources ligneuses dans les Basses Terres 99

PARTIE II. MÉTHODES ET CORPUS 103

3. PRINCIPES THÉORIQUES ET AXES MÉTHODOLOGIQUES. APPLICATION DE LA MÉTHODE ANTHRACOLOGIQUE À UNE CITÉ MAYA CLASSIQUE DES BASSES TERRES CENTRALES 105

Pré-requis à l'étude anthracologique 107
L'étude anthracologique de Naachtun 123

4. LES CONTEXTES ARCHÉOLOGIQUES. ZONES DE PROVENANCE, CARACTÉRISATION DES DÉPÔTS ET CHRONOLOGIE RELATIVE DES ÉCHANTILLONS ANTHRACOLOGIQUES 147

Zones de provenance des échantillons anthracologiques et stratégies de fouilles 149
Les contextes du Groupe C 151
Les contextes du Groupe A et de la Place Est 153
Les contextes du Groupe B 158
La zone résidentielle sud 175

PARTIE III. RÉSULTATS ET DISCUSSION 185

5. ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE LA COMBUSTION. ÉVALUATION DE LA REPRÉSENTATIVITÉ DES CHARBONS PAR RAPPORT AUX BOIS MIS AU FEU 187

Sélection des essences 189
Protocole expérimental 191
Résultats 195
Hypothèses sur la préservation des charbons de *Manilkara zapota* et *Brosimum alicastrum* 205
Implications pour l'anthracologie dans les Basses Terres mayas 206

6. RUPTURES ET CONTINUITÉ DANS L'ÉCONOMIE GLOBALE DES BOIS. EXPLORATION DE LA SÉQUENCE ANTHRACOLOGIQUE 209

Présentation et analyse des assemblages anthracologiques 211
Essai d'interprétation de la séquence anthracologique 249

7. FEUX, CENDRES ET RITUELS. APPORTS DE L'ANTHRACOLOGIE À LA RECONSTITUTION DES PROCESSUS DE FORMATION DES DÉPÔTS SPÉCIAUX À NAACHTUN : VERS UNE MEILLEURE COMPRÉHENSION DES COMPORTEMENTS RITUELS MAYA. 277

Reconstitution des processus de formation des dépôts spéciaux de cendres et charbons 279
Variabilité des dépôts, continuité des comportements 314
Usages du bois et manipulation des cendres : continuité et flexibilité 320

CONCLUSION 323

RÉFÉRENCES CITÉES 327

ANNEXES 373

CATALOGUE DES TAXONS 381

Liste des taxons inclus dans le catalogue 383
Liste des planches 385
Crédit des illustrations 386
Présentation des taxons 387
Références citées dans le catalogue 412

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Carte de l'aire maya. 12

Figure 1.1 « El Desierto », Nord-est du Petén, Guatemala. 18
Figure 1.2 Principaux types de végétation dans les Basses Terres mayas. 22
Figure 1.3 Réserves de biosphères et parcs nationaux dans les Basses Terres centrales. 24
Figure 1.4 Forêt haute pérenne. 27
Figure 1.5 Forêt moyenne sub-pérenne durant la saison sèche. 27
Figure 1.6 Forêt basse sub-pérenne en zone inondable durant la saison sèche. 28
Figure 1.7 Forêt basse caducifoliée durant la saison des pluies. 28
Figure 1.8 Palmeraie. 29
Figure 1.9 Savane inondable sur la route de Melchor de Menchos, Est du Petén, Guatemala. 31
Figure 1.10 Représentation schématique de la position des savanes et pinèdes de basse terre. 31
Figure 1.11 Profils de végétation schématique dans les principales associations végétales du Nord du Petén et du Sud du Campeche. 36
Figure 1.12 Milpa active à gauche et jachère récente à droite. 44
Figure 1.13 Schéma du t'olche' en coupe. 45
Figure 1.14 Différents cultigènes dans une *huerta*. 47
Figure 1.15 Bois mort à terre et sur pied dans un brûlis récent. 47
Figure 1.16 Localisation de Naachtun dans les Basses Terres centrales. 60
Figure 1.17 Végétation actuelle sur le site de Naachtun et ses alentours. 61
Figure 1.18 Plan de Naachtun et localisation de l'épicentre. 63

Figure 2.1 Différentes formes du glyphe te'/che', arbre/bois. 88
Figure 2.2 Divinités naviguant sur un canoë marqué par le motif du bois. 89
Figure 2.3. Représentation de la forêt. 90
Figure 2.4. Représentation du dieu du maïs incarné en cacaoyer. 90
Figure 2.5 Représentation de l'oiseau Vucub Caquix posé sur un calebassier. 90
Figure 2.6 Hunahpú chassant Vucub Caquix posé sur son arbre. 91
Figure 2.7. Bas-reliefs, figures 1 et 2, face nord du tombeau de Pakal. 91
Figure 2.8 Motifs du foyer à trois pierres fumant dans l'iconographie maya. 91
Figure 2.9 Vue depuis le nord des pins dans le *bajo* de Santa Fe. 98

Figure 3.1 Compilation de la collection de référence des bois des Basses Terres centrales mayas. 109
Figure 3.2 Nombre de taxons par famille collectés dans l'environnement du site de Naachtun. 110
Figure 3.3 Localisation des sites mentionnés dans le cadre de l'enquête ethnographique. 114
Figure 3.4 Relation entre les proportions relatives et l'ubiquité relative des 20 taxons les plus représentés parmi les charbons de Naachtun. 122
Figure 3.5 Vue depuis le nord de l'aire de flottation. 128
Figure 3.6 Variabilité intra-individuelle du bois. 137
Figure 3.7 Charbon vitrifié. 137
Figure 3.8 Répartition du corpus anthracologique par phase chronologique. 145

Figure 4.1 Localisation des contextes de provenance des échantillons du Groupe C. 152
Figure 4.2 Localisation des dépôts intrusifs et de l'accumulation détritique au pied de la section sud-ouest du mur d'enceinte dans le Complexe à enceinte. 154
Figure 4.3 Localisation des dépôts spéciaux dans les structures 5O-5 et 5O-4. 156
Figure 4.4. Amalgame de résine, copeaux et charbons de bois, structure 6O-5. 158
Figure 4.5 Localisation des dépôts spéciaux dans la structure 5O-51, Patio 6. 160
Figure 4.6 Localisation des dépôts spéciaux dans le Patio 22. 162
Figure 4.7 Sépulture 46, structure 5O-120, Patio 22. 163
Figure 4.8 Dépôts de la structure 5O-120, Patio 22. 165
Figure 4.9 Vues depuis l'est de la pièce b, structure 5O-131, Patio 22. 166
Figure 4.10 Localisation des zones de rejets domestiques et dépôts spéciaux dans les Patios 28, 31 et 32. 170
Figure 4.11 Localisation des zones de rejets domestiques et dépôts spéciaux dans le Patio 34. 171
Figure 4.12 Vue de l'intrusion au-dessus de la sépulture 37, Patio 31 et de la sépulture 39, Patio 34. 172
Figure 4.13 Localisation du dépotoir et des dépôts spéciaux dans l'unité 5N6. 177
Figure 4.14 Localisation des zones de provenance des échantillons dans la zone résidentielle sud. 179
Figure 4.15 Vues des dépôts de matériels scellés, structure 6M-74 et structure 6L-40. 182

Figure 5.1 Protocole expérimental. 193
Figure 5.2 Photomicrographies en plan transversal des cinq essences étudiées dans l'expérimentation. 194
Figure 5.3 Nombre de charbons résiduels par essence dans les feux monospécifiques. 197
Figure 5.4 Ratio (>4 mm) / (2-4 mm) par essence dans les feux monospécifiques. 199
Figure 5.5 Durée de combustion par essence dans les feux monospécifiques. 200
Figure 5.6 Durées de combustion en fonction des quantités totales de charbons. 201
Figure 5.7 Durées de combustion en fonction de la densité initiale du bois par essence dans les feux monospécifiques. 202
Figure 5.8 Nombre total de charbons > 2 mm en fonction de la densité initiale du bois par essence dans les feux monospécifiques. 202
Figure 5.9 Proportions moyennes des charbons > 4 mm par essence dans les feux monospécifiques et dans les feux mixtes. 203

Figure 6.1 Courbe de saturation de Naachtun. 212
Figure 6.2 Proportions relatives et nombre de taxons des principales familles dans la phase Balam I. 215
Figure 6.3 Proportions relatives et nombre de taxons des principales familles dans la phase Balam II. 218
Figure 6.4 Proportions relatives et nombre de taxons des principales familles dans la phase Balam III. 220
Figure 6.5 Proportions relatives et nombre de taxons des principales familles dans la phase Maax I-II. 224
Figure 6.6 Proportions relatives et nombre de taxons des principales familles dans la phase Maax III. 227
Figure 6.7 Proportions relatives et nombre de taxons des principales familles dans la phase Muuch. 231
Figure 6.8 Spectres anthracologiques de quatre zones de rejets domestiques des Patios 31 et 34. 232
Figure 6.9 Résultats de l'AFC, axes F1 et F2. 237
Figure 6.10 Résultats de l'AFC, axes F1 et F3. 238
Figure 6.11 Résultats de l'AFC, axes F1 et F4. 239
Figure 6.12 Classement hiérarchique des coordonnées des taxons dans l'AFC. 240
Figure 6.13 Proportions relatives des taxons et groupes de taxons majeurs par phase chronologique. 245

Figure 6.14 Proportions relatives des taxons et groupes de taxons mineurs par phase chronologique. 246
Figure 6.15 Évolution des proportions des taxons, des occurrences et des charbons associés aux différents types de végétation. 247
Figure 6.16 Évolution des proportions des taxons, des occurrences et des charbons associés aux forêts hautes pérennes et aux forêts sub-caducifoliées, parmi les taxons de zones hautes. 251
Figure 6.17 Couverture Lidar de la région de Naachtun. 269
Figure 6.18 Zone d'extension théorique du pin caribéen dans la Péninsule du Yucatán d'après les données climatiques de 36 populations naturelles actuelles. 270
Figure 6.19 Proportions relatives par taxon dans le dépotoir 2009. 272

Figure 7.1 Variation de la densité de macrorestes dans les contextes généraux. 279
Figure 7.2 Composition taxonomique par niveau du dépôt 3809, structure IV, Groupe C. 283
Figure 7.3 Potomicrographie de *Myrcianthes fragrans*, bois de racine. 283
Figure 7.4 Composition taxonomique du dépôt 2135, Complexe à enceinte. 285
Figure 7.5 Autres matériels présents dans le dépôt 2135. 285
Figure 7.6 Composition taxonomique des échantillons issus du niveau d'incendie 2765, unité 5N6. 287
Figure 7.7 Composition taxonomique du remblai de construction de la structure 5N-6, unité 5N6. 287
Figure 7.8 Composition taxonomique des cendres associées au dépôt de fondation 2520, Groupe 6M74. 289
Figure 7.9 Composition taxonomique des cendres associées au dépôt de fondation 3731, unité 6L40. 289
Figure 7.10 Composition taxonomique des dépôts de la sépulture 48, Patio 6. 291
Figure 7.11 Composition taxonomique des échantillons issus de la sépulture 46, Patio 22. 292
Figure 7.12 Composition taxonomique des échantillons issus de la sépulture 49, Patio 22. 294
Figure 7.13 Composition taxonomique spatialisée du dépôt de la sépulture 45, unité 5N6. 297
Figure 7.14 Composition taxonomique spatialisée des dépôts des sépultures 41 et 43, unité 5N6. 299
Figure 7.15 Composition taxonomique du dépôt 1925, structure 5O-4. 304
Figure 7.16 Composition taxonomique des dépôts de la structure 5O-5. 304
Figure 7.17 Composition taxonomique des dépôts de la structure 6O-5. 306
Figure 7.18 Composition taxonomique des dépôts dans les pièces 1 et 4, structure 5O-120, Patios 21-22. 310
Figure 7.19 Composition taxonomique du dépôt de la pièce b de la structure 5O-131, Patio 22. 310
Figure 7.20 Composition taxonomique des dépôts exposés dans le Complexe Sud. 312
Figure 7.21 Nombre de taxons identifiés par rapport au nombre de charbons dans les dépôts spéciaux et dans les contextes généraux. 318

Liste des tables

Tableau 1. Périodes chronologiques dans l'aire maya. 11

Tableau 1.1 Principales associations végétales dans le Nord du Petén et le Sud du Campeche. 34
Tableau 1.2. Composition floristique des associations végétales de la Réserve de Biosphère de Calakmul. 38
Tableau 1.3. Composition floristique des associations végétales du Parc National de Tikal. 40
Tableau 1.4. Séquence chronologique de Naachtun. 62
Tableau 1.5 Liste des datations au radiocarbone des contextes archéologiques de Naachtun. 69

Tableau 3.1 Liste des informateurs. 113
Tableau 3.2 Essences de bois mentionnées lors des entretiens. 117
Tableau 3.3 Répartition des échantillons anthracologiques et nombre de charbons dans les contextes généraux par phase chronologique. 132
Tableau 3.4 Répartition des dépôts spéciaux par catégorie et phase chronologique. 132
Tableau 3.5 Répartition des contextes généraux et dépôts spéciaux par unité résidentielle. 134
Tableau 3.6 Catégories d'enregistrement des macrorestes organiques non ligneux. 139

Tableau 4.1 Liste des opérations de fouille du Projet Naachtun. 150
Tableau 4.2 Caractéristiques des échantillons anthracologiques issus du Groupe C. 151
Tableau 4.3 Caractéristiques des échantillons anthracologiques issus du Complexe à enceinte. 153
Tableau 4.4 Caractéristiques des échantillons anthracologiques issus de l'ensemble 5O-5/5O-4. 155
Tableau 4.5 Caractéristiques des échantillons anthracologiques issus de la structure 6O-5. 158
Tableau 4.6 Contextes de provenance des échantillons anthracologiques dans le Patio 6. 159
Tableau 4.7 Caractéristiques des échantillons anthracologiques issus du Patio 22. 162
Tableau 4.8 Caractéristiques des échantillons anthracologiques des Patios 28, 31/32 et 34. 169
Tableau 4.9 Caractéristiques des échantillons anthracologiques issus des Patios 28, 31/32 et 34. 173
Tableau 4.10 Caractéristiques des échantillons anthracologiques issus de l'unité 5N6. 175
Tableau 4.11 Caractéristiques des échantillons anthracologiques issus de la zone résidentielle sud. 180
Tableau 4.12 Chronologie relative des contextes généraux et dépôts spéciaux. 183

Tableau 5.1 Paramètres des expériences à l'allumage pour les feux monospécifiques. 195
Tableau 5.2 Paramètres des expériences à l'allumage pour les feux mixtes. 196
Tableau 5.3 Comparaison des paramètres météorologiques entre les expériences. 196
Tableau 5.4 Groupes de taxons en fonction des classes de taille de charbons. 198
Tableau 5.5 Rapport entre les deux classes de tailles par espèce. 199
Tableau 5.6 Groupes de taxons en fonction des durées de combustion. 200

Tableau 6.1 Assemblage anthracologique de la phase Balam I. 214
Tableau 6.2 Assemblage anthracologique de la phase Balam II. 216
Tableau 6.3 Assemblage anthracologique de la phase Balam III. 221
Tableau 6.4 Assemblage anthracologique de la phase Maax I-II. 223
Tableau 6.5 (ci-après) Assemblage anthracologique de la phase Maax III. 225
Tableau 6.6 (ci-après) Assemblage anthracologique de la phase Muuch. 229
Tableau 6.7 Nombre de charbons identifiés par taxons dans les prélèvements manuels du Patio 28. 233
Tableau 6.8 Codage des taxons et groupes de taxons inclus dans les analyses statistiques. 235
Tableau 6.9 Tableau de contingence pour l'AFC taxon-phase. 236

Tableau 7.1 Inventaire des carporestes issus des échantillons des dépôts spéciaux. 280
Tableau 7.2 Caractéristiques des échantillons issus du dépôt 3809, structure IV, Groupe C. 282
Tableau 7.3 Caractéristiques des échantillons issus du foyer intrusif 2135, Complexe à enceinte. 284
Tableau 7.4 Caractéristiques des échantillons issus du niveau d'incendie 2765, unité 5N6. 286
Tableau 7.5 Caractéristiques de l'échantillon du dépôt de fondation 2520, Groupe 6M74. 288
Tableau 7.6 Caractéristiques des échantillons du dépôt de fondation 3731, unité 6L40. 289
Tableau 7.7 Caractéristiques des échantillons de la sépulture 48, Patio 6. 290
Tableau 7.8 Caractéristiques des échantillons de la sépulture 46, Patio 22. 292
Tableau 7.9 Caractéristiques des échantillons de la sépulture 49, Patio 22. 293
Tableau 7.10 Caractéristiques des échantillons de la sépulture 35, Patio 31. 294
Tableau 7.11 Caractéristiques des échantillons de la sépulture 39, Patio 34. 295
Tableau 7.12 Caractéristiques des échantillons de la sépulture 45, unité 5N6. 296
Tableau 7.13 Caractéristiques des échantillons de la sépulture 41, unité 5N6. 299
Tableau 7.14 Caractéristiques des échantillons de la sépulture 43, unité 5N6. 300
Tableau 7.15 Caractéristiques des échantillons du dépôt 1925, structure 5O-4. 302
Tableau 7.16 Caractéristiques des échantillons de la structure 5O-5. 303
Tableau 7.17 Caractéristiques des échantillons de la structure 6O-5. 305
Tableau 7.18 Caractéristiques de l'échantillon du dépôt 1990, Patio 6. 307
Tableau 7.19 Caractéristiques des échantillons issus des dépôts exposés dans les Patios 21 et 22. 307
Tableau 7.20 Caractéristiques métriques des échantillons issus des dépôts exposés, Complexe Sud. 311

INTRODUCTION

L'idée de développer une étude anthracologique systématique sur un site maya classique, la première de ce genre, s'est imposée suite à plusieurs constats. Les anciens Mayas, sociétés agraires par excellence, dépendaient autant de la production agricole que des ressources forestières pour leur subsistance. Vers la fin des années 1970, des chercheurs mirent en exergue le problème d'une possible compétition entre l'expansion des terres cultivées sous l'effet de l'accroissement de la population et la préservation d'espaces boisés capables de fournir les combustibles indispensables à la cuisson des aliments et à la fabrication de la chaux utilisée dans l'architecture (Wiseman, 1983, 1978). Les forêts étaient également source de matériaux et servaient de refuge pour les animaux sauvages qui étaient chassés et consommés, à défaut d'animaux domestiques, du moins à la période classique (250-950 apr. J.-C., Tableau 1). La pression anthropique multiforme sur les forêts et les terres, qui aurait culminé au Classique récent (600-830 apr. J.-C.), période qui a connu la plus forte densité de population dans les Basses Terres centrales (Figure 1), a été initialement perçue et interprétée à travers les données palynologiques et paléolimnologiques. À l'échelle régionale, plusieurs études ont mis en évidence un probable recul des forêts, une végétation perturbée et une forte érosion des sols à diverses reprises durant toute la durée de l'occupation préhispanique (e.g. Anselmetti et al., 2007; Deevey et al., 1979; Dunning et al., 1998; Islebe et al., 1996). C'est en confrontant ces données à des modèles quantitatifs des besoins en bois – élaborés à partir de données ethnographiques – par rapport à la population estimée des cités et à la capacité de charge environnementale de leur territoire, que furent posées les bases d'un long débat autour de l'hypothèse d'une importante déforestation causée par les activités humaines dans les Basses Terres centrales (e.g. Abrams et Rue, 1988; Fedick, 2010; Ford et Nigh, 2015; Hansen, 1995; Lentz et al., 2014a; McNeil, 2012; Schreiner, 2002; Wiseman, 1985).

Ces études ont conduit à aborder l'économie des ressources forestières d'un point de vue quantitatif. Elles ont aussi mis en évidence l'inégalité des cités dans leur résilience face aux changements environnementaux, mettant en doute, *a priori*, la pertinence de toute tentative de

généralisation dans l'étude des phénomènes socio-environnementaux dans les Basses Terres (Fedick, 2010; Turner et Sabloff, 2012). Mais force est de constater qu'on ne dispose, en définitive, que de peu de données empiriques sur les usages réels des ressources ligneuses et l'exploitation des boisements par les anciens Mayas, en termes de sélection, de modes de collecte, de disponibilité des essences, de stratégies d'approvisionnement et de pratiques sylvicoles. L'importance capitale de l'approvisionnement en combustible dans l'économie des sociétés préindustrielles n'est plus à démontrer (e.g. Galloway et al., 1996; Picornell Gelabert et al., 2017; Smith et al., 2015; Veal, 2013). En outre, tous les modèles quantitatifs dans l'aire maya s'accordent sur la primauté de l'usage domestique du bois comme principal facteur de pression sur les espaces forestiers (e.g. Lentz et al., 2014a; Wiseman, 1978). Pour autant, aucune étude n'a tenté, jusqu'à présent, de reconstituer avec précision les modalités de cette économie dans un site maya, pas plus que l'impact des activités humaines sur l'évolution du couvert ligneux au cours de son occupation préhispanique.

Dans le but de traiter ces questions, il est donc apparu primordial de rassembler un corpus de données archéologiques directes – les charbons de bois en l'occurrence –, statistiquement fiable et représentatif des usages des ressources ligneuses comme combustibles domestiques à long terme sur un site maya. Compte tenu des multiples biais archéologiques et taphonomiques susceptibles d'affecter l'image anthracologique des bois et boisements exploités (Théry-Parisot et al., 2010a), une telle étude ne pouvait s'envisager que dans une perspective diachronique : ce sont les variations des proportions des taxons au cours du temps, représentées dans le diagramme anthracologique, qui constituent la base des interprétations socio-environnementales (Asouti et Austin, 2005; Chabal et al., 1999, p. 79).

C'est sur le site de Naachtun que notre recherche a été menée depuis octobre 2012. Naachtun est un centre urbain de la période classique situé à l'extrême nord du département du Petén au Guatemala, dans la Réserve de Biosphère Maya. Sa situation géographique entre les deux principales puissances rivales de la période, Tikal au sud dans le Petén central et Calakmul au nord dans l'actuel État mexicain du Campeche, a influencé sa trajectoire socio-politique, de mieux en mieux comprise grâce aux récentes avancées de la recherche. En effet, depuis 2010, le site fait l'objet d'un vaste programme de recherche pluridisciplinaire, dans le cadre d'un projet archéologique franco-guatémaltèque mené par les universités Paris 1 Panthéon-Sorbonne et San Carlos de Guatemala, sous la direction de P. Nondédéo et L. Garrido (Nondédéo et al., 2016b, 2015). Celui-ci intègre, depuis 2013, un volet environnemental englobant diverses disciplines et différentes approches (géomorphologie, sédimentologie, micromorphologie, paléoécologie, analyses spatiales et technologie Lidar). À travers l'étude des systèmes agraires et hydrographiques et la reconstitution des paléoenvironnements, l'objectif de ce programme est de retracer l'histoire des interactions société-environnement à Naachtun (Castanet et al., 2015).

On sait aujourd'hui que l'occupation de Naachtun s'étend au moins de la fin du Préclassique récent (150-250 apr. J.-C.) jusque vers le tout début du Postclassique ancien (900/950 apr. J.-C.). Elle fut marquée par deux phases d'essor de la population. La première, au cours du Classique ancien (phase Balam II, 350-500/550 apr. J.-C., dans la chronologie de Naachtun, voir Chapitre 1.3.3), est concomitante du développement architectural initial de la cité. La seconde, durant la seconde moitié

du Classique récent (phase Maax III, 750-830 apr. J.-C.), fait suite à une période de relative instabilité politique. Comme de nombreuses cités des Basses Terres centrales, parmi lesquelles Tikal, Uaxactun et Calakmul, Naachtun connut à la fin de cette période d'apogée, vers 800-830 apr. J.-C., un déclin de sa population associé à l'effondrement de la royauté locale (Nondédéo et al., 2013). Ce bouleversement socio-politique fut néanmoins surmonté et, grâce à un nouvel essor économique, la nouvelle société de Naachtun a pu maintenir sa prospérité jusqu'à la fin du Classique terminal (900/950 apr. J.-C.).

Cette résilience face à la « crise » qui marqua la transition du Classique récent au Classique terminal (Aimers et Iannone, 2014), la situation du site au cœur des Basses Terres centrales, mais aussi son histoire longue, les dynamiques de population non linéaires qu'on y observe et l'existence d'un contexte scientifique dynamique, sont autant de facteurs qui faisaient tout l'intérêt du site de Naachtun pour étudier les dynamiques socio-écologiques sur le temps long dans un site maya.

Considérations épistémologiques : l'étude des charbons de bois archéologiques dans différentes traditions de recherche

Notre recherche à Naachtun s'est forgée, non sans quelques difficultés, à travers l'héritage de deux traditions archéobotanique européenne et nord-américaine, qui diffèrent dans leurs fondements, leurs axes de recherche et leur démarche scientifique.

En Europe, l'anthracologie s'est développée parallèlement à la Préhistoire (Badal Garcia, 1992) et, très tôt, elle s'est attribué une vocation paléoécologique. La restitution de l'histoire des paysages boisés, façonnés par les stratégies humaines d'exploitation et de gestion des ressources, en a constitué pendant longtemps l'axe de recherche principal. Aujourd'hui élargie à de multiples problématiques et appliquée à d'autres aires chrono-culturelles, notamment aux Tropiques, son orientation initiale a eu pour conséquence de doter l'anthracologie d'une méthode spécifique, qui en a fait une discipline à part entière dans les sciences de l'environnement.

En effet, la fiabilité des charbons de bois archéologiques pour la restitution des paléoenvironnements et des paléoclimats fut sévèrement mise en doute, en particulier dans le monde anglo-saxon (e.g. Boyd, 1988; Godwin et Tansley, 1941; Salisbury et Jane, 1940; voir la synthèse de Asouti et Austin, 2005). C'est la raison pour laquelle les chercheurs ont eu à cœur la recherche et l'élaboration d'un cadre méthodologique et théorique solide, permettant l'interprétation la plus fiable possible des spectres anthracologiques (e.g. Asouti et Austin, 2005; Chabal et al., 1999; Thiébault, 2002). Parmi les principales critiques formulées à l'encontre de la discipline, la validité de l'approche quantitative, fondée sur le dénombrement des charbons, a été mise en cause, compte tenu surtout des processus taphonomiques (réduction de masse à la combustion et fragmentation) susceptibles d'impacter différemment les charbons en fonction des essences (e.g. Boyd, 1988; Willcox, 1974).

Dans les années 1980-1990, les travaux des chercheurs issus de ce qui fut désigné plus tard comme « l'école de Montpellier » (Asouti et Austin, 2005, p. 1), ont ainsi permis de définir des principes d'échantillonnage et des modèles interprétatifs permettant de maximiser le potentiel paléoécologique des charbons, tant sur le plan quantitatif que qualitatif (e.g. Badal Garcia, 1992; Chabal, 1992, 1988; Figueiral, 1992; Figueiral et Mosbrugger, 2000; Heinz, 1990; Vernet, 1992). L. Chabal en particulier

se pencha sur la question de la quantification, grâce à l'étude statistique approfondie des états de fragmentation des charbons sur du matériel archéologique et expérimental (Chabal, 1992, 1991, 1990). Elle démontra l'équivalence de la pesée et du dénombrement des charbons comme mode de quantification, et établit que toutes les essences se fragmentent selon une même loi statistique, indépendamment de leurs propriétés physiques (par exemple, de la densité du bois), légitimant ainsi l'usage des fréquences relatives des taxons comme base des interprétations anthracologiques.

L'hypothèse de la représentativité paléoécologique des charbons de bois issus des sites archéologiques (Chabal, 1997, 1994, 1992) se fonde sur le « principe du moindre effort » (Shackleton et Prins, 1992; Tusenius, 1989). Cette théorie déterministe stipule que, dans un environnement où les ressources ligneuses sont limitées, l'humain collecte les bois de feu sans sélection particulière dans les boisements les plus proches en fonction de leur disponibilité. À l'inverse, lorsque le bois est abondant dans l'environnement local, ce sont leurs caractéristiques extrinsèques, indépendantes de l'espèce, telles que le taux d'humidité, le calibre ou l'état de dégradation, qui interviennent comme principaux critères de sélection. Les essences étant exploités, en théorie, dans les mêmes proportions que leurs proportions dans les boisements, il en résulte que l'image anthracologique des combustibles domestiques reflète fidèlement l'ensemble de la végétation ligneuse dans l'aire d'approvisionnement en combustible. L'hypothèse anthracologique ainsi formulée repose sur un certain nombre de conditions essentielles. Les charbons doivent provenir de combustibles domestiques, être représentatifs d'une durée d'activité longue (raison pour laquelle on privilégie les charbons dispersés dans les niveaux généraux, et non les charbons concentrés dans les foyers domestiques par exemple), ils doivent avoir fait l'objet d'un échantillonnage strict selon une méthode systématique telle que la flottation de sédiments. Enfin, les échantillons doivent être suffisamment conséquents d'un point de vue quantitatif. Chabal établit, pour les milieux tempérés, que des échantillons contenant un minimum de 250 charbons ont une représentativité satisfaisante, des échantillons de 400 charbons constituant un idéal. Trois critères permettent ensuite d'évaluer si les spectres anthracologiques peuvent être considérés comme représentatifs de la végétation ancienne : 1) les spectres sont riches en essences et représentent plusieurs formations végétales et plusieurs types de ligneux (arbres, arbustes, arbrisseaux), 2) ils sont reproductibles dans des contextes contemporains de même nature, et 3) ils ressemblent à la végétation actuelle en termes de hiérarchie globale des essences (i.e. les essences les plus représentées dans les charbons sont les essences dominantes dans les formations végétales actuelles, alors que les essences rares dans le spectre le sont également dans la végétation).

L'anthracologie européenne a été durablement influencée par cette démarche paléoécologique initialement établie pour les sociétés paléolithiques et néolithiques d'Europe et du bassin méditerranéen. En l'exportant aux milieux tropicaux, plusieurs chercheurs ont eu comme objectif d'adapter la méthode anthracologique à l'étude des paléoenvironnements dans des milieux à forte biodiversité (e.g. Dotte-Sarout, 2010; Höhn et Eichhorn, 2015; Moutarde, 2006; Neumann, 1999; Scheel-Ybert, 1998; Tardy, 1998). Les travaux de R. Scheel-Ybert dans le Sud du Brésil (Scheel-Ybert, 2002, 2000, 1998), puis ceux d'E. Dotte-Sarout en Nouvelle-Calédonie (Dotte-Sarout, 2011, 2010; Dotte-Sarout et al., 2013; Dotte-Sarout et Kahn, sous presse), ont particulièrement contribué à perfectionner les méthodes de l'anthracologie tropicale dans le domaine de la paléoécologie. Depuis une vingtaine d'années, les études anthracologiques – dont on ne saurait dresser la liste exhaustive – portant plus étroitement sur la dimension socio-économique et technologique de l'usage du bois se

sont multipliées (e.g. Deforce et al., 2013; Dufraisse, 2008; Moskal-del Hoyo, 2012; Paradis-Grenouillet et al., 2015; Rubiales et al., 2011; Tengberg, 2002), combinant parfois différentes approches archéobotaniques (e.g. Decaix et al., 2016; Jacquat et Bouchaud, 2017; Tengberg, 1998). Avec le recours à l'ethnoarchéologie et à l'expérimentation (e.g. Henry et Théry-Parisot, 2014; Picornell Gelabert et al., 2011; Théry-Parisot, 2001), ces études ont démontré toute la variabilité et la complexité des stratégies d'acquisition et de gestion des ressources ligneuses dans les sociétés humaines, remettant ainsi en question l'universalité du « principe du moindre effort ». Néanmoins, la question de la représentativité paléoécologique des charbons demeure souvent une question sous-jacente, y compris dans des études à visée socio-économique.

La tradition paléoécologique de l'anthracologie européenne explique probablement l'essor particulier que connaît la pédoanthracologie – l'étude des charbons de bois hors site comme marqueur paléoenvironnemental et paléoclimatique dans le champ de la science des sols – dans les universités européennes (voir la synthèse de Nelle et al., 2013). Cette tradition se poursuit notamment à travers le développement et le perfectionnement d'outils techniques tels que la dendrométrie (étude des cernes du bois) appliquée aux charbons, ou dendro-anthracologie (e.g. Deforce et Haneca, 2015; Kabukcu, sous presse; Marguerie et Hunot, 2007; Paradis et al., 2013; Pichler et al., 2013), ou encore l'étude des isotopes stables du carbone dans les cernes du bois comme marqueur paléoclimatique (Baton et al., sous presse).

L'approche nord-américaine est tout autre : l'étude des charbons de bois archéologiques n'est pas distincte de l'étude des autres macrorestes dans le champ de l'archéobotanique, que l'on traduit outre-Atlantique par le terme *paleoethnobotany*. Le terme *archaeobotany* existe, mais il renvoie traditionnellement aux aspects purement techniques de ce champ de recherche, à savoir l'échantillonnage et l'identification des restes botaniques (Ford, 1979, p. 299). D'après Asouti et Austin (2005, p. 2), la non-distinction de l'anthracologie dans le monde anglo-saxon trouve son origine dans un scepticisme persistant vis-à-vis de la fiabilité des charbons comme marqueurs paléoenvironnementaux. Il est vrai que plusieurs auteurs nord-américains ont insisté sur la nécessité d'adopter une approche intégrée combinant différents types de données (charbons, pollens, phytolithes, restes fauniques, etc.) afin de parvenir à des reconstitutions paléoenvironnementales précises et fiables (e.g. Marston et al., 2015, p. 8; Smart et Hoffman, 1988, p. 196). Toutefois, cette situation est aussi probablement le fait d'une conception profondément interdisciplinaire de la recherche en archéobotanique et, plus généralement en archéologie. En effet, l'archéobotanique nord-américaine prend ses racines dans l'ethnobotanique, qui étudie les relations entre les sociétés humaines et le monde végétal dans le monde actuel, un domaine interdisciplinaire par nature (Ford, 1979; Minnis, 2003, p. 12; Pearsall, 2015, p. 28). Elle est, de ce fait, fondamentalement anthropologique et centrée sur les processus culturels. L'analyse des vestiges botaniques issus des sites archéologiques s'inscrit avant tout dans l'étude des dynamiques des sociétés anciennes en rapport avec leur environnement (Ford, 1979).

L'archéobotanique prend véritablement son essor dans les Amériques à partir des années 1970, grâce à la diffusion de la méthode de la flottation des sédiments qui systématise les stratégies d'échantillonnage. Sous l'impulsion de la *New Archaeology* processuelle, fondée entre autres par

L. Binford (1962), les questions de recherche portent alors essentiellement sur l'économie de subsistance, la domestication des plantes, l'agriculture et l'alimentation. C'est donc principalement sur l'étude des graines et des phytolithes, marqueurs des plantes « économiques », que les archéobotanistes nord-américains ont traditionnellement focalisé leur attention (e.g. Cliff et Crane, 1989; McClung de Tapia, 1985, 1985; Morell-Hart et al., 2014; Pearsall, 1982; Piperno et Pearsall, 1993; VanDerwarker, 2005). Dans ce contexte, les charbons de bois ont été relégués à un statut secondaire, n'étant souvent analysés qu'en cas de mauvaise préservation des autres types de restes (e.g. Pearsall, 1983), ou comme témoin complémentaire de l'exploitation des plantes économiques, notamment des arbres fruitiers (e.g. McKillop, 1994). Ce problème a été pointé du doigt par Adriano-Morán et McClung de Tapia (2008, p. 2927) s'agissant des analyses de macrorestes menées au Mexique. Le caractère secondaire des charbons de bois par rapport aux autres types de restes semble avoir persisté, comme en témoigne la place assez marginale encore accordée de nos jours à leur analyse dans la plupart des ouvrages généraux traitant d'archéobotanique ou d'archéologie environnementale (e.g. Gremillion, 1997; Hastorf et Popper, 1988; Marston et al., 2015; Pearsall, 2015, 2000; Reitz et al., 2008). Néanmoins, des études nord-américaines ont eu pour objet principal l'analyse des charbons, dans l'optique de restituer spécifiquement les stratégies d'acquisition des bois et leur impact sur le couvert ligneux, notamment au Mexique (e.g. Adriano-Morán et McClung de Tapia, 2008; Elliott, 2016, 2012), au Pérou et en Équateur (Goldstein, 2007; Goldstein et Shimada, 2013; Pearsall, 1983) ainsi qu'au Proche-Orient (Marston, 2009; Marston et al., sous presse; Miller, 2014, 2010, 1999, 1985). Mais celles-ci sont finalement assez rares, par comparaison avec l'Ancien Monde où ce type d'étude foisonne.

Évoquant l'impact de la *New Archaeology* dans les années 1970, Watson (2009, p. 7) explique que « le principal objectif de l'archéologie anthropologique américaniste était de formuler et de tester des lois du comportement socio-écologique humain[1] ». L'archéobotanique américaine a en effet été largement influencée par les théories anthropologiques et évolutionniste, en particulier celles de l'écologie du comportement humain (*Human behavioral ecology*), qui étudie la façon dont les sociétés humaines procèdent à des choix pour s'adapter à des conditions environnementales particulières (Gremillion, 2015; Marston et al., 2015, p. 8; Minnis, 2003, p. 9). Par exemple, Marston (2009) en Anatolie Centrale, puis Robinson et McKillop (2014, 2013) sur la côte sud du Belize, ont appliqué la théorie de la « stratégie optimale de recherche de la nourriture », ou *Optimal foraging theory* (Stephens et Krebs, 1986) aux données archéobotaniques, afin de proposer des modèles explicatifs des stratégies d'acquisition des ressources ligneuses sur les sites étudiés. Au-delà de ces approches économiques et écologiques, plusieurs chercheurs américains ont exploré les relations entre les sociétés anciennes et le monde végétal selon une perspective socio-culturelle (e.g; Bozarth et Guderjan, 2004; Gumerman, 1997; Hastorf et Johannessen, 1993; Lentz et al., 2005; Morehart et al., 2005; Morehart et Helmke, 2008). Il s'agit d'une « sophistication théorique » (Rossen, 2008, p. 197) de l'archéobotanique qui s'inscrit dans les courants de l'archéologie post-processuelle (Morell-Hart, 2015). Les données archéobotaniques sont analysées pour traiter d'aspects sociaux, politiques, idéologiques, religieux et symboliques des comportements humains (e.g. Morehart et Morell-Hart, 2013). Dans cette perspective, les systèmes économiques associés à l'usage des plantes sont largement

[1] *« The major goal of Americanist anthropological archaeology was to formulate and test generalizations about human sociocultural behavior. »*

considérés comme les « reflets des interactions sociales et de l'organisation politique » (Rossen, 2008, p. 192).

Comme en Europe, la question de la quantification des restes est un axe méthodologique central de l'archéobotanique nord-américaine (e.g. Ford, 1988; Marston, 2015; Miller, 1988; Pearsall, 2015, 2000; Smart et Hoffman, 1988). Mais, contrairement à la plupart des anthracologues européens qui ont adopté une méthode unique pour l'analyse des charbons de bois (i.e. le calcul des proportions des taxons à partir du dénombrement des fragments), les archéobotanistes nord-américains ont eu recours à de multiples méthodes de quantification (comptage absolu, proportions relatives par dénombrement ou pesée, ubiquité relative, ratios, densité, classement hiérarchique, etc.). En soulignant les apports et les limites de chacune de ces méthodes, ils ont défendu l'idée d'une nécessaire adaptation des choix méthodologiques aux problématiques de recherches, aux types de contextes archéologiques ainsi qu'aux contraintes propres à chaque terrain d'étude (Marston, 2015; Popper, 1988). Une telle diversification, qui n'est pas sans poser un problème de comparabilité des données entre les sites, pourrait être interprétée comme liée au fait d'avoir placé tous les types de macrorestes sur une même échelle de valeur. En effet, alors que l'analyse des graines et des fruits peut passer par le calcul du NMI (nombre minimum d'individus), celui-ci n'a en revanche aucun sens lorsqu'il s'agit de dénombrer des charbons de bois issus du combustible domestique. Que représente en effet un charbon par rapport à une graine ? Considérer tous les types de macrorestes comme un ensemble unique peut donc conduire à des blocages d'analyse statistique et, partant, d'interprétation des données (Miller, 1988; Popper, 1988). En tout cas, la flexibilité des approches, tant méthodologiques que théoriques, qui caractérise l'archéobotanique nord-américaine laisse une plus grande place à l'autonomie et à l'expertise du spécialiste.

Finalement, alors que la tradition paléoécologique de l'anthracologie européenne a mis l'accent sur la consolidation préalable des données archéologiques et leur validation statistique en vue d'aboutir à la formulation d'hypothèses fiables, dans la tradition anthropologique de l'archéobotanique nord-américaine, les données archéobotaniques sont examinées afin de tester des modèles théoriques établis en amont, ce qui relève, semble-t-il, d'une démarche inverse.

Aujourd'hui, de plus en plus travaux contribuent à faire davantage le lien entre les deux conceptions de la recherche, amorçant peut-être un changement de paradigme. Dans leur récent ouvrage, *Method and theory in paleoethnobotany*, publié aux États-Unis en 2015, Marston et ses collègues (2015, pp. 13–14) mettent en avant le potentiel des macrorestes végétaux dans les reconstitutions du climat et des paléoenvironnements, qu'ils présentent comme un futur développement de la recherche en archéobotanique. En contrepartie, des anthracologues européens encouragent à dépasser le « déterminisme écologique et le fonctionnalisme économique » (Picornell Gelabert et al., 2011, p. 376) qui caractérisaient jusque-là les études anthracologiques, pour se tourner vers une perspective socio-culturelle dans l'interprétation des restes archéologiques issus des combustions. Les intérêts traditionnels des Européens et des Nord-Américains semblent justement se rejoindre sur cette thématique, dans laquelle l'usage du feu et des combustibles est considéré en tant que processus socialement et culturellement construits (Picornell Gelabert et al., 2017; Smith et al., 2015). Ces derniers auteurs insistent notamment sur la nécessité d'adopter des approches transversales (couplant

l'anthracologie et l'archéobotanique à l'archéozoologie, la micromorphologie, la géochimie, etc.) dans l'étude des combustibles et de la combustion, un sujet de recherche par ailleurs soutenu par un corpus de données expérimentales grandissant (e.g. Braadbaart et al., 2012; Braadbaart et Poole, 2008; Goldstein et Shimada, 2013; Henry et Théry-Parisot, 2014; Reidsma et al., 2016; Théry-Parisot, 2002; Théry-Parisot et al., 2010b). Des études récentes portant sur les usages du feu, notamment dans les pratiques rituelles et funéraires, s'inscrivent vraisemblablement dans cette mouvance (e.g. Beauclair et al., 2009; Cenzon-Salvayre, 2014; Dussol et al., 2016; Elliott et al., 2017; Morehart, 2011; Waisman de Azevedo et Scheel-Ybert, 2016). À travers des approches intégrées, alliant par exemple l'anthracologie à la micromorphologie (e.g. Elliott et al., 2017), ces études permettent de reconstituer les séquences gestuelles et les comportements humains impliqués dans la performance rituelle, mettant ainsi en évidence l'importance sociale et symbolique du feu dans les sociétés anciennes.

Dans ce contexte, les travaux développés depuis une vingtaine d'années en Amérique du Sud, en particulier au Brésil, sous l'impulsion de R. Scheel-Ybert et de ses collègues et élèves (e.g. Bachelet, 2011; Bachelet et Scheel-Ybert, sous presse; Beauclair et al., 2009; Bianchini et Scheel-Ybert, 2012; Robinson et al., 2017; Scheel-Ybert, 2017, 2016, 2000, Scheel-Ybert et al., 2014, 2003; Waisman de Azevedo et Scheel-Ybert, 2016), font émerger une nouvelle approche de l'anthracologie et de l'archéobotanique, à la croisée entre deux mondes. L'anthracologie ne s'y limite pas seulement aux restes ligneux mais inclut tous les types de macrorestes végétaux carbonisés (Scheel-Ybert, 2016, p. 122). Et les exigences méthodologiques mises en valeur par l'école de Montpellier sont utilisées pour reconstituer aussi bien les paléoenvironnements néotropicaux que pour étudier la dimension sociale et symbolique des interactions entre les sociétés anciennes et le monde végétal.

Présentation de la thèse : problématiques, démarche et organisation du manuscrit

Notre projet doctoral avait pour principal objectif de réaliser une séquence représentative de l'usage des bois de feu à Naachtun sur le long terme, afin d'en déduire les stratégies d'acquisition et d'analyser l'impact réciproque entre les activités humaines et les changements du couvert ligneux. Cela pour enrichir les données concernant une économie primordiale, celle des bois de feu, qui renvoie, de surcroît, à des problématiques anciennes et durables de la recherche environnementale dans les Basses Terres mayas, et peut-être ainsi susciter un regain d'intérêt pour ce type d'approche dans d'autres sites mayas. Notre recherche se situe sans équivoque dans une lignée européenne, avec pour préoccupation méthodologique centrale, la représentativité des données anthracologiques, leur validité statistique et la pertinence des contextes archéologiques étudiés. Néanmoins, la restitution paléoécologique n'est pas la seule thématique de cette étude, à travers laquelle on cherche avant tout à reconstituer et à comprendre un système économique.

Certaines observations anthracologiques nous ont amenée à nous interroger sur la représentativité des proportions des taxons dans les assemblages de charbons par rapport au bois ayant été brûlé. Il est donc apparu utile et nécessaire de mettre en œuvre une étude expérimentale, afin d'évaluer de façon empirique le comportement d'essences néotropicales à la combustion, en particulier en termes de production de charbons. L'expérience fut effectuée sur cinq essences communes de la forêt maya. Les résultats, pour le moins inattendus, ont conduit à reconsidérer l'approche quantitative classique de l'anthracologie européenne et sa pertinence pour les contextes archéologiques mayas. Cela nous a

permis d'aboutir à un traitement spécifique des données combinant deux approches, quantitative et semi-quantitative, et autorisant ainsi une meilleure appréciation de l'intensité d'usage des essences de bois. Cet axe secondaire de notre projet constitue une contribution méthodologique à l'étude du processus de la combustion en tant qu'agent taphonomique impactant la représentation des charbons dans les spectres anthracologiques. Contribution qui s'inscrit dans la ligne des recherches menées par I. Théry-Parisot et ses élèves sur la taphonomie des charbons de bois archéologiques (Chrzazvez et al., 2014; Henry, 2011; Henry et Théry-Parisot, 2014; Théry-Parisot, 2001; Théry-Parisot et al., 2016, 2010b; Vanlandeghem, 2014).

Le dernier axe de recherche développé dans ce projet porte sur les usages du feu, des cendres et des charbons dans les pratiques rituelles à Naachtun. Il découle de l'observation récurrente de dépôts de cendres associés aux dépôts spéciaux de matériels résultant d'actions rituelles dans les sites mayas. Le feu était, en effet, un élément central des pratiques rituelles des anciens Mayas, comme dans toutes les sociétés mésoaméricaines (Elson et Smith, 2001). Pourtant ces dépôts n'ont que rarement fait l'objet d'une étude archéobotanique systématique, en dehors des travaux de C. Morehart (2011, 2002, 2005) dans les sites de caverne des Montagnes Mayas au Belize. À travers une analyse anthracologique menée à différentes échelles spatiales (intra- et inter-dépôts), on propose une restitution des processus de formation de ces dépôts de cendres et de charbons. Cela démontre du même coup l'importance de l'anthracologie dans la reconstitution des comportements humains à l'origine des dépôts rituels dans les sites mayas.

Si plusieurs thématiques de recherche interdépendantes ont été développées dans ce projet doctoral, l'interdisciplinarité n'a pas pu être mise en œuvre, puisque nous nous sommes focalisée sur un seul type de vestige. Certaines interprétations socio-environnementales s'en trouvent évidemment limitées, en raison, par exemple, de l'absence de données palynologiques locales. Les restes carpologiques (graines et fruits carbonisés), pour leur part, n'ont pas fait l'objet d'une étude à proprement parler et n'ont été pris en compte que de façon annexe, dans le but d'appuyer certaines hypothèses relatives aux processus de formation des dépôts rituels de cendres et de charbons. Mais il va sans dire que la mise en commun, dans l'avenir, des expertises et résultats issus du Projet Naachtun aboutira à l'élaboration de modèles plus solides, dans la perspective d'une compréhension globale des dynamiques socio-environnementales sur ce site.

Ce manuscrit est subdivisé en sept chapitres qui s'articulent en trois parties : I) cadres de la recherche (Chapitres 1 et 2), II) méthodes, corpus et contextes archéologiques (Chapitres 3 et 4), et III) présentation des résultats et discussion (Chapitres 5, 6 et 7). Il s'accompagne d'un CD d'annexes, ainsi que d'un *Catalogue des taxons*, qui présente les caractéristiques morphologiques, écologiques et biogéographiques générales des taxons identifiés dans les charbons archéologiques de Naachtun. Il inclut également des informations relatives aux usages de ces taxons dans les sociétés mayas contemporaines.

Le Chapitre 1 est un aperçu général des dynamiques socio-environnementales dans les Basses Terres mayas, depuis la période préhispanique jusqu'à nos jours. Après avoir brièvement présenté le cadre géographique de la région, la première section suit une démarche historique dans la présentation

des forêts de la Péninsule du Yucatán. Les dynamiques socio-environnementales sont ensuite abordées d'un point de vue ethnographique, dans une deuxième section qui présente les systèmes agro-sylvicoles traditionnels et les usages des ressources ligneuses dans certaines sociétés mayas contemporaines des Basses Terres. Enfin, une troisième section est consacrée à la période préhispanique, ce qui permet de présenter de façon synthétique le contexte historique régional, ainsi que l'histoire de l'occupation à Naachtun.

Le Chapitre 2 est une synthèse critique des études ayant traité, de près ou de loin, des usages des bois par les anciens Mayas. On présente tout d'abord les approches les plus empiriques, fondées sur des données archéologiques directes (bois et charbons de bois issus des sites archéologiques). Puis l'on examine l'apport des différentes approches complémentaires, partant des études paléoécologiques et archéo-environnementales jusqu'aux approches plus « actualistes » qui se fondent notamment sur des données ethnographiques, ethnohistoriques et écologiques, en passant par les données épigraphiques et iconographiques. Cela nous amène à dresser un bilan des connaissances et des hypothèses actuelles relatives aux usages des bois et, par extension, des arbres et des forêts, dans les sociétés mayas anciennes des Basses Terres.

Le Chapitre 3 expose la démarche scientifique adoptée pour tenter de répondre aux objectifs de l'étude. Celle-ci repose sur la constitution et l'analyse d'un double corpus : d'une part, les contextes dits « généraux » (niveaux d'occupation, remblais et dépotoirs domestiques) dans lesquels les charbons dispersés sont les restes des combustibles domestiques utilisés sur le long terme ; d'autre part, les « dépôts spéciaux », concentrations de cendres et de charbons dont on présume qu'ils résultent d'actions rituelles. Mais, avant de détailler les méthodes de l'étude anthracologique appliquées à Naachtun, on consacre une première section à la présentation des outils méthodologiques qui ont été mis en œuvre pour consolider les analyses et les interprétations. En tout premier lieu, les identifications anthracologiques ont nécessité la compilation d'une collection de bois de référence propre aux Basses Terres centrales mayas, alors inexistante en France. La collection de photomicrographies des taxons de référence résultant de ce travail de compilation a été rassemblée dans un second CD intitulé « collection xylologique ». Ensuite, dans le prolongement de nombreuses études ethnographiques portant sur les usages des plantes et les pratiques agro-sylvicoles dans les sociétés mayas traditionnelles, nous avons effectué une courte enquête ethnographique sur les usages des bois de feu dans les communautés actuelles du Nord du Petén. Enfin, on présente dans ce chapitre les motivations, la démarche et les principales conclusions de l'étude expérimentale de la combustion que nous avons réalisée. Les résultats de cette étude sont présentés en détail dans le Chapitre 5. Mais il est apparu important d'en expliquer brièvement ici les principaux aspects, puisque de ces résultats dépendent la méthode d'analyse et l'interprétation des données anthracologiques.

Dans le Chapitre 4, on présente, par secteur du site, les contextes archéologiques – contextes généraux et dépôts spéciaux – inclus dans notre étude. Les dépôts spéciaux y font l'objet d'une attention particulière, de façon à essayer de justifier au mieux leur association probable à une action rituelle et donc leur pertinence pour la présente étude. Cette présentation est l'occasion d'expliciter la chronologie relative des contextes, base des interprétations anthracologiques.

Les Chapitres 5, 6 et 7 présentent les résultats et interprétations pour chacune des trois thématiques de recherche développée dans notre travail. Le Chapitre 5 est consacré aux résultats de l'étude

expérimentale de la combustion des bois mayas. Dans le Chapitre 6, la séquence anthracologique générale de Naachtun, représentant les usages des combustibles sur huit siècles, est explorée grâce à des analyses multivariées, puis interprétée par rapport à l'histoire socio-politique du site. Enfin, dans le Chapitre 7, une analyse au cas par cas des dépôts spéciaux de cendres et de charbons permet de proposer une restitution de leurs processus de formation, ce qui nous amène à aborder la question des comportements rituels humains.

Tableau 1. Périodes chronologiques dans l'aire maya (d'après Sharer et Traxler 2006, p. 98).

Période moderne	1821 - nos jours
Période coloniale	1521 - 1821
Postclassique	900/1000 - 1521 apr. J.-C.
Postclassique récent	*1200 - 1521 apr. J.-C.*
Postclassique ancien	*900/1000 - 1200 apr. J.-C.*
Classique	250 - 900/1000 apr. J.-C.
Classique terminal	*830 - 900/1000 apr. J.-C.*
Classique récent	*600 - 830 apr. J.-C.*
Classique ancien	*250 - 600 apr. J.-C.*
Préclassique	2000 av. J-C - 250 apr. J.-C.
Préclassique terminal	*150 - 250 apr. J.-C.*
Préclassique récent	*400 av. J.-C. - 150 apr. J.-C.*
Préclassique moyen	*1100 - 400 av. J.-C.*
Préclassique ancien	*2000 - 1100 av. J.-C.*
Archaïque	7000 - 2000 av. J.-C.
Paléo-Indien	11 000 - 7000 av. J.-C.

Figure 1. Carte de l'aire maya. Principaux sites archéologiques, subdivisions géographiques et culturelles et principaux fleuves et rivières.

PARTIE I CADRES DE LA RECHERCHE

Dessin page suivante : « *Le t'olche'* », J. et G. Joly

DES PEUPLES ET DES ARBRES

Dynamiques socio-environnementales dans les Basses Terres mayas à travers les âges

1

Au nord de l'Amérique centrale, l'aire maya comprend les États mexicains du Campeche, du Quintana Roo et du Yucatán, une partie du Tabasco et du Chiapas, le Guatemala, le Belize ainsi que l'Ouest du Honduras et du Salvador (Figure 1). Deux principales unités géographiques la composent, les Hautes Terres volcaniques au sud et les Basses Terres qui s'étendent vers le nord formant la Péninsule du Yucatán. Les Basses Terres sont elles-mêmes divisées en trois zones : les Basses Terres méridionales correspondant au piémont des Hautes Terres, les Basses Terres centrales centrées sur le Petén, le Belize et le Sud du Campeche et du Quintana Roo, enfin, les Basses Terres septentrionales correspondant à la moitié nord de la péninsule.

Ce premier chapitre expose brièvement les principales caractéristiques géographiques, écologiques, historiques et culturelles des Basses Terres mayas, plus particulièrement, celles des Basses Terres centrales. On tentera de mettre en relief les enjeux de la recherche environnementale et archéo-environnementale dans les Basses Terres mayas, afin de situer la question de l'économie des bois de feu à Naachtun dans un contexte géographique, historique et culturel régional. L'ensemble de la taxonomie employée suit la classification phylogénétique APG III (2009).

1.1. Les forêts tropicales des Basses Terres mayas.....17
1.1.1. La Péninsule du Yucatán : géographie, climat et hydrographie..... 17
1.1.2. Histoire des forêts yucatèques..... 19
1.1.3. Les formations végétales dans les Basses Terres..... 25

1.2. Exploitation agroforestière traditionnelle et usages des bois dans les sociétés mayas contemporaines des Basses Terres 42
1.2.1. Les espaces agroforestiers..... 42
1.2.2. Collecte et usages des bois..... 46

1.3. Contexte historique régional.....53
1.3.1. Brève histoire des dynamiques socio-environnementales dans les Basses Terres centrales..... 53
1.3.2. Occupation du territoire et subsistance..... 57
1.3.3. Naachtun..... 58

1.1. Les forêts tropicales des Basses Terres mayas

1.1.1. La Péninsule du Yucatán : géographie, climat et hydrographie

Bordée à l'ouest par le golfe du Mexique et à l'est par la mer des Caraïbes et le golfe du Honduras, la Péninsule du Yucatán est un socle calcaire datant essentiellement du Cénozoïque, au relief assez peu marqué (Figure 1). Un vaste plateau central, dit « plateau de Zoh-Laguna » (Ibarra-Manríquez et al., 2002), s'étend selon une direction sud-nord depuis le Nord du Petén jusqu'au Sud du Yucatán, à une altitude moyenne comprise entre 200 et 300 m. À travers ce plateau central se dessine un réseau de poljés, localement appelés *bajos* ou *akalche*, et de talwegs, ou *arroyos*, qui forment un réseau hydrographique temporaire en saison des pluies. Les *bajos* sont des dépressions karstiques plus ou moins imperméables car tapissées d'argile (de quelques décimètres à plusieurs mètres d'épaisseur) qui s'inondent annuellement, formant ainsi des marais saisonniers plus ou moins étendus. L'alternance de ces dépressions avec les zones hautes donne au paysage un aspect vallonné caractéristique de la région.

Au niveau géologique, la majeure partie de la péninsule est constituée de sédiments marins Paléocène-Éocène. Le Nord du Petén se distingue par la présence d'une formation Éocène dite « formation Icaiché » composée de gypses et de marnes, affleurant notamment dans l'extrême Nord-est du Petén (Figure 1.1). L'altitude du socle yucatèque diminue progressivement selon un gradient sud-ouest/nord-est, jusqu'à atteindre une altitude de 30 à 40 m dans le Nord de la péninsule et sur les plaines littorales caribéennes du Quintana Roo et du Belize. Ces zones littorales, de même que les côtes du Campeche et du Tabasco à l'ouest, se caractérisent surtout par l'abondance des lagunes et des zones marécageuses. Les sédiments les plus récents de la péninsule sont des alluvions quaternaires que l'on trouve sur les zones littorales, en particulier à l'ouest et au nord, ainsi que dans les plaines fluviatiles du Centre-Est de la péninsule, notamment dans les bassins versant des fleuves Hondo et Belize.

Au sud, les Hautes Terres mayas se développent sur une ceinture Crétacé-Paléogène, formée par la *Sierra Madre* du Chiapas, l'*Altiplano* du Guatemala et les Montagnes Mayas (Marshall, 2007). Les Hautes Terres du Guatemala se composent de massifs volcaniques, qui culminent à 4220 m d'altitude sur le volcan Tajumulco, et d'une section sédimentaire, la *Sierra de las Cuchumatanes* (< 3800 m), située à l'ouest du pays. Vers l'est, les Montagnes Mayas (< 1200 m) consistent en un bloc de roches métamorphiques et sédimentaires datant du Secondaire, qui surplombe les basses terres du Petén et de la côte bélizienne.

Le climat tropical humide à semi-humide se caractérise par des températures moyennes annuelles supérieures à 22°C et une saison sèche d'hiver plus ou moins marquée d'octobre à avril-mai. Selon la classification de Koeppen (1948), le climat est de type A*m* (climat de mousson) dans le Sud et le Centre de la péninsule, avec des précipitations moyennes de 800 à 1600 mm/an et jusqu'à 3200 mm/an dans le piémont des Hautes Terres. Les précipitations diminuent du Sud vers le Nord et atteignent des minima de 400 à 800 mm/an dans le Nord-Ouest du Yucatán, caractérisant ainsi un climat de savane de type A*w*. D'importantes variations inter- et intra-annuelles dans les précipitations posent des

problèmes de disponibilité en eau en période de sécheresse, mais également des problèmes d'inondation en période de trop fortes précipitations en saison des pluies.

Figure 1.1 « El Desierto », affleurement localisé de gypses et de marnes dans le Parc de Río Azul, Nord-est du Petén, Guatemala.

En effet, si dans le Sud-est des Basses Terres, l'apport de sédiments récents issus de l'érosion des massifs montagneux a permis le développement d'un système fluviatile et lagunaire, le Centre et le Nord de la péninsule sont presque complètement dépourvus de ressources en eau superficielles. Depuis l'émersion de la péninsule à l'Éocène, le phénomène karstique, qui correspond à la dissolution du sous-sol calcaire par infiltration des eaux de pluie, a développé un important réseau souterrain de cavités noyées, empêchant ainsi la formation des cours d'eau en surface. Le caractère temporaire du réseau hydrographique superficiel constitue ainsi l'une des principales contraintes environnementales dans les Basses Terres, qui a rendu les sociétés humaines dépendantes des précipitations annuelles. En saison sèche, la plupart des *aguadas* s'assèchent mais certaines restent en eau, permettant un approvisionnement permanent qui ne disparaît qu'en cas de sécheresse prolongée. Dans les Basses Terres septentrionales, toutefois, l'approvisionnement en eau se fait grâce aux cenotes, des puits naturels issus de l'effondrement du karst qui donnent accès à la nappe phréatique. Les cenotes sont particulièrement nombreux et accessibles dans le Nord de la péninsule, car le karst y est plus épais et la nappe phréatique beaucoup moins profonde que dans les terres centrales. C'est précisément l'exploitation des cenotes et l'aménagement des marais par les Mayas qui a rendu la région durablement habitable (Beach et al., 2009; Dunning et al., 2002).

1.1.2. Histoire des forêts yucatèques

Actuellement, la végétation dominante dans les Basses Terres consiste en une forêt tropicale humide à semi-humide. Seul le Nord de la péninsule, où le climat est semi-aride, présente une végétation xérophytique basse.

Histoire ancienne de la végétation et paléoclimat

L'histoire ancienne de la végétation dans l'aire maya, étroitement liée à celle du climat, est essentiellement connue grâce aux données palynologiques. On sait aujourd'hui, grâce aux enregistrements polliniques issus des lacs du Petén, que la mise en place des principales caractéristiques de la forêt tropicale moderne remonte aux débuts de l'Holocène, vers 11 000-10 000 BP (Brenner et al., 2002; Leyden, 1984). En basses terres, la fin de la dernière période glaciaire, à la fin du Pléistocène, se caractérise par une végétation ouverte et xérique de savanes, de marécages et de bosquets de genévrier. L'émergence d'une forêt tempérée dominée par le pin, le chêne et l'orme a précédé la forêt tropicale dense, dont le développement est marqué par l'apparition des pollens de Moracées. Ce modèle a remis en question l'hypothèse selon laquelle le Petén aurait été une zone refuge pour les espèces tropicales durant la dernière période glaciaire (Toledo, 1982), puisque les pollens de Moracées sont complètement absents avant l'Holocène. À l'inverse, la transition rapide entre la fin du Glaciaire aride et les débuts de l'Holocène humide semble avoir été pantropicale, ce qui a laissé non résolue la question de l'origine de la forêt tropicale et de celle de l'agriculture dans les basses terres néotropicales (Leyden, 1984; Piperno, 2006).

Durant la seconde moitié de l'Holocène, les phénomènes successifs d'emprise-déprise de la forêt observés à travers le signal incendie et les différents spectres polliniques des Basses Terres centrales font encore débat au sein de la communauté scientifique (e.g. Curtis et al., 1998; Islebe et al., 1996; Mueller et al., 2009; Wahl et al., 2013, 2006). Alors que l'expansion de la forêt tropicale aux débuts de l'Holocène coïncidait avec un climat nettement plus chaud et humide que le climat actuel, le déclin de la forêt à partir de 5700-5600 BP (3750-3650 av. J.-C.) est concomitant de l'apparition des premiers établissements humains dans les Basses Terres mais également de conditions climatiques plus sèches. Le déclin de la forêt s'accélère ensuite à partir de 3500-3000 BP (1550-1050 av. J.-C.) et nombreuses sont les indications de perturbations anthropiques et d'ouverture du milieu jusqu'à la fin du premier millénaire, période qui correspond à la plus forte pression démographique dans les Basses Terres centrales. Mais l'Holocène récent a également connu d'importantes fluctuations climatiques, démontrées notamment par l'étude des isotopes stables de l'oxygène, de l'azote et du carbone, ainsi que des éléments géochimiques. Plusieurs chercheurs ont ainsi souligné la difficulté à établir avec certitude l'origine climatique – assèchement et/ou refroidissement du climat – ou anthropique – défrichements et agriculture – d'au moins certains épisodes de variations dans l'étendue du couvert forestier par rapport aux savanes (Brenner et al., 2002; Douglas et al., 2016; Hodell et al., 1995).

À la fin du premier millénaire, la reprise de la forêt et la chute des pollens de maïs (*Zea sp.*) dans les enregistrements polliniques des Basses Terres centrales ont été interprétées comme la conséquence de l'abandon généralisé de la région par les Mayas. Pourtant, plusieurs études ont mis en évidence des incohérences entre les datations au radiocarbone, les données archéologiques et les données paléoclimatiques (voir la synthèse de Brenner et al., 2002, pp. 147–148). Certains chercheurs ont

proposé que la reforestation post-collapse aurait été plus tardive que ce qui avait été envisagé jusque-là – voire post-contact européen d'après Brenner et al. (1990) – et surtout, qu'elle aurait été liée à des conditions climatiques plus humides à partir de 1000-1200 apr. J.-C. (Mueller et al., 2010) et non à la cessation des activités humaines. Ces données paléoenvironnementales suggèrent, d'une part, que des populations humaines ont persisté dans la région après l'effondrement des cités mayas à la fin du premier millénaire et au début du deuxième, une hypothèse par ailleurs appuyée par de nombreuses données strictement archéologiques (Rice et Rice, 2004), et d'autre part, que l'histoire des forêts aurait été fortement liée à celle du climat, et pas uniquement dépendante du développement des sociétés mayas. Il s'agit d'une question archéo-environnementale fondamentale dans l'histoire des Basses Terres car elle renvoie à d'autres controverses de l'archéologie maya, concernant notamment la définition et la réalité même du « collapse » du Classique terminal (800-900/1000 apr. J.-C.) (Demarest et al., 2004; Rice, 2013; Turner et Sabloff, 2012).

Une préoccupation récente

L'isolement ancien de l'Amérique tropicale a contribué au développement d'écosystèmes forestiers parmi les plus diversifiés de la planète, avec de très forts taux d'endémismes (Puig, 2001, p. 31). Mais malgré une littérature botanique et écologique luxuriante, on ne dispose pas, à l'heure actuelle, de synthèse globale sur les forêts mayas, en termes de biodiversité et d'écologie. Cette lacune vient probablement en partie du fait que les Basses Terres mayas sont partagées entre le Mexique, le Guatemala et le Belize, trois pays dont les différentes politiques de recherche, de conservation et de développement ont été conditionnées par des traditions culturelles et économiques distinctes (Chayax Huex et al., 1998; Rodstrom et al., 1998). Les inventaires et études floristiques régionaux, bien que très nombreux, se sont donc toujours limités aux frontières nationales. Symptomatique de ce phénomène de fragmentation de l'information, même les tentatives de synthèse relativement récentes continuent de présenter les données par état et non par zone biogéographique (Conservation International, 2004). Il reste donc difficile d'évaluer avec précision le nombre d'espèces végétales existantes ainsi que leur distribution réelle dans les forêts des Basses Terres. Mais avant de dresser un portrait synthétique de ce vaste et complexe ensemble que l'on appelle les forêts mayas, il est important de revenir brièvement sur la façon dont ces forêts ont été étudiées depuis près d'un siècle.

L'étude des forêts des Basses Terres a été intrinsèquement liée à leur histoire humaine. Si des collectes de plantes furent effectuées dès la fin du XVIII^{e} puis au XIX^{e} siècle dans le Campeche et le Yucatán (Fernández Carnevali et al., 2012), les premiers inventaires floristiques systématiques dans les Basses Terres centrales sont dus à Cyrus L. Lundell (1933, 1937). Dans les années 1930, Lundell dirigea plusieurs missions botaniques dans le Nord du Petén, dans la région centrale des lacs et dans l'actuel Belize (Bartlett, 1932; Lundell, 1933). Ces expéditions, qui furent réalisées dans le cadre des explorations archéologiques de l'Institution Carnegie de Washington et de l'université du Michigan, avaient pour objectif de collecter et de décrire un maximum de spécimens de plantes, pour la plupart encore inconnues, mais également de découvrir et d'inventorier d'éventuels vestiges des cités mayas. Lundell a d'ailleurs été le premier à faire le lien entre la composition floristique moderne de la forêt, la localisation des ruines et les possibles stratégies d'exploitation forestière des anciens Mayas. Remarquant que certains arbres utiles comme le *chicozapote* (*Manilkara zapota*) étaient particulièrement abondants autours des sites archéologiques, Lundell suggéra que ces arbres devaient

être « les reliques d'anciennes pratiques agricoles » (Lundell, 1938, p. 38). Ces collectes successives ont conduit à la publication de la première flore du Petén (Lundell, 1937). En parallèle, plusieurs expéditions botaniques dans les régions adjacentes ont permis la compilation de flores régionales : flore du Tabasco (Lundell, 1942), flore du Yucatán (Standley, 1930), flore du Belize (Lundell, 1940; Standley et Record, 1936), ainsi que la très vaste et inégalée *Flora of Guatemala*, publiée par Paul C. Standley, Julian A. Steyermark et Louis O. Williams (1946-1977) pour le muséum Field d'histoire naturelle.

Par la suite, l'enregistrement de ces flores initiales a été complété par des programmes d'inventaire floristique nationaux. Le projet *Etnoflora yucatanense* fut lancé en 1980 par l'Institut National de Recherches en Ressources Biotiques du Mexique (INIREB) puis repris par l'université autonome du Yucatán (Sosa et al., 1985). L'Institut de Biologie de l'université nationale autonome du Mexique (UNAM) entreprit également la publication de la série *Listados florísticos de México* à partir de 1983, qui recense les espèces végétales par État (e.g. Breedlove, 1986; Cowan, 1983; Martínez et al., 2001; Sousa Sánchez et Cabrera C., 1983). Au Belize, c'est à l'initiative du jardin botanique de New York, en collaboration avec plusieurs institutions nationales dont le Ministère des Ressources Naturelles du Belize, que fut lancé en 1987 le vaste projet *Ethnobotany and Floristics of Belize*. Plus qu'un simple inventaire floristique, ce projet visait à recenser l'ensemble des usages et savoirs traditionnels concernant la flore bélizienne (Balick et al., 2000; Balick et Arvigo, 2015). À une échelle supra-régionale, le projet *Flora Mesoamericana* (Davidse et al., 1994-2018) a été lancé en 1972 à l'initiative du jardin botanique du Missouri, de l'université nationale autonome du Mexique et du muséum d'histoire naturelle de Londres. L'objectif de ce projet colossal, dont les publications sont prévues jusqu'en 2018, est d'inventorier l'ensemble des plantes vasculaires connues pour l'Amérique centrale et la zone tropicale du Sud du Mexique, en intégrant des descriptions complètes ainsi que la liste exhaustive et cartographiée de tous les spécimens collectés depuis le début du XIX^{e} siècle.

Parallèlement à cette approche purement botanique et taxonomique, s'est développée une approche structurelle et écologique des forêts, dans une perspective d'exploitation forestière durable. La classification des grands types de végétation à échelle régionale (Flores et Espejel, 1994; Miranda, 1958; Miranda et Hernández-X, 1963; Pennington et Sarukhán, 2005; Rzedowski, 1978) puis la recherche et la caractérisation des associations végétales à échelle locale (Aguilar et Aguilar, 1992; Martínez et Galindo Leal, 2002; Schulze et Whitacre, 1999; White et Darwin, 1995) ont permis de mieux comprendre le fonctionnement de ces forêts tropicales et de mieux évaluer l'état des ressources forestières, afin d'améliorer les politiques de développement économique et de conservation.

Miranda et Hernández (1963) ont ainsi défini les types de végétation en tant qu'unités floristico-structurelles développées en réponse aux conditions édaphiques, physiographiques et climatiques locales. D'après la classification de Pennington et Sarukhán (2005), adaptée de celle de Miranda (1958), quatre types de végétation principaux sont présents dans les Basses Terres centrales : les forêts hautes pérennes, les forêts hautes et moyennes sub-pérennes, les forêts basses sub-pérennes et les forêts moyennes et basses sub-caducifoliées, à quoi s'ajoutent, pour les Basses Terres septentrionales, les forêts basses caducifoliées (Figure 1.2). Martínez et Galindo Leal (2002, p. 8) considèrent également les forêts secondaires comme un type de végétation à part entière. Au sein de ces grands types de végétation, plusieurs associations végétales ont été décrites (voir plus avant). La

phytosociologie définit une association végétale comme « une communauté de plantes de composition floristique déterminée présentant une physionomie uniforme et qui se développe dans des conditions uniformes » (Weber et al., 2000, p. 743). Elle se caractérise par des espèces dominantes associées à des espèces mineures, dites compagnes. D'après Schulze et Whitacre (1999, p. 183), les associations végétales peuvent être étendues ou très localisées, mais elles sont toujours étroitement corrélées à la microtopographie et aux conditions édaphiques, ces dernières pouvant être induites par des perturbations locales d'origine anthropique directe ou indirecte (Martínez et Galindo Leal, 2002; Pennington et Sarukhán, 2005, p. 63).

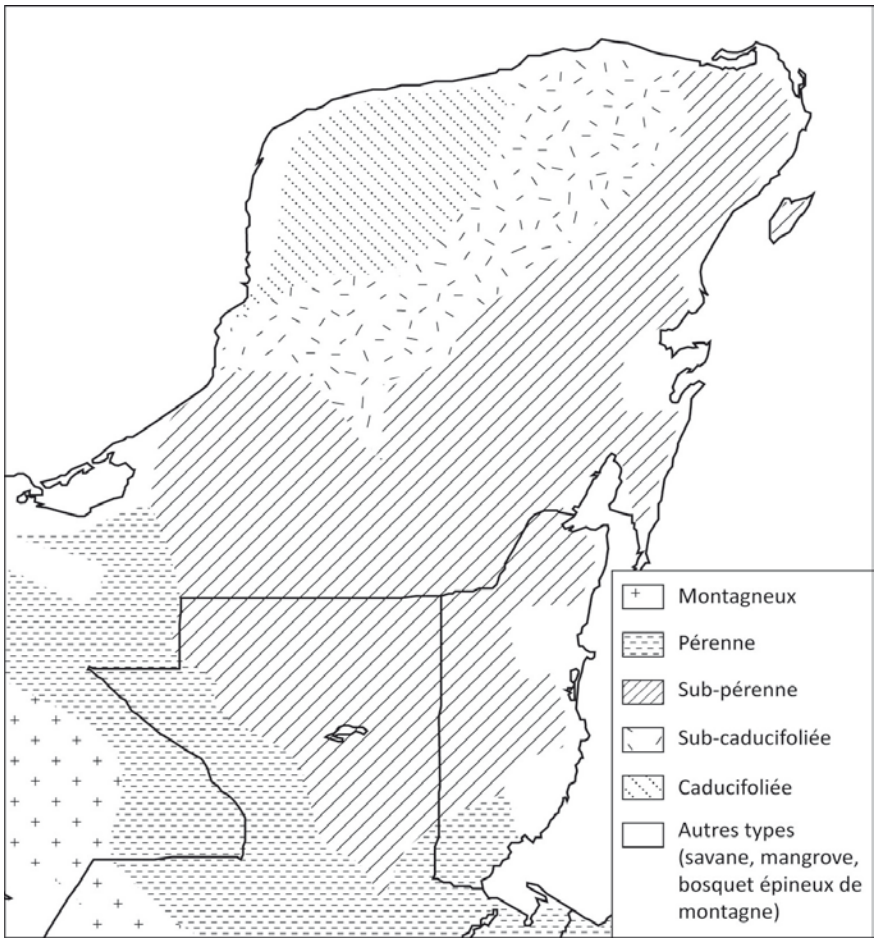


Figure 1.2 Principaux types de végétation dans les Basses Terres mayas. Carte dessinée d'après Pennington et Sarukhán (2005), Islebe et al. (2015), Penn et al. (2004) et CONAP (2012).

Précisons qu'en écologie tropicale, la pertinence de l'approche phytosociologique a été remise en question, plusieurs chercheurs ayant mis en doute l'existence d'associations végétales stables dans un milieu donné (voir la synthèse de Pélissier, 2010, p. 33). Certains écologues préfèrent ainsi parler de « mosaïque forestière » (Aubréville, 1938; Weterings et al., 2008) pour rendre compte des dynamiques spatiales et temporelles de la végétation dans les forêts tropicales (Puig, 2001, pp. 269–271). Oldeman (1983) définit la mosaïque forestière comme la juxtaposition « d'éco-unités » en constant renouvellement, une éco-unité étant une « unité de végétation qui a commencé son développement à un moment et sur une surface donnés, et se caractérise par une organisation identique de l'architecture,

de l'écophysiologie et de la composition floristique » (Puig, 2001, p.270). Cette approche a notamment été appliquée à l'étude des interactions entre des éco-unités végétales de différents stades de maturité et la faune aviaire dans la Réserve de Biosphère de Calakmul (Weterings et al., 2008).

Des enjeux majeurs

Si les grands types de végétation correspondent à une classification biogéographique régionale dont la définition varie selon les auteurs, la distinction des associations végétales est, quant à elle, étroitement liée aux savoirs traditionnels. En témoigne leur nomenclature ethnobotanique qui s'est maintenue depuis les premières observations de Lundell jusqu'à nos jours. Les *ramonales*, *zapotales*, *carrizales*, *tintales* et autres *corozales* décrits par les écologistes (voir plus avant) sont une réalité tangible pour les communautés locales qui en tirent profit depuis des décennies. D'ailleurs, les études floristiques et écologiques ont de plus en plus souvent intégré les connaissances ethnographiques dans les problématiques liées à la préservation de la biodiversité (Anderson, 2003; Atran et al., 2004; Balick et al., 2000; FAO, 2004; Gómez-Pompa et al., 2003; Gretzinger, 1998; Jiménez-Osornio, 2003). La nécessité d'une approche intégrée entre développement socio-économique et conservation écologique dans la zone maya est devenue un enjeu primordial (Gómez-Pompa et al., 1972) qui s'est cristallisé avec la création des réserves de biosphère.

Au cours du XX^{e} siècle, les forêts des Basses Terres ont souffert de considérables perturbations d'origine anthropique qui ont nécessité la mise en place de stratégies de conservation de grande ampleur par les gouvernements mexicain, guatémaltèque et bélizien. L'extraction massive de bois, en particulier les bois précieux de l'acajou d'Amérique, localement appelé *caoba* (*Swietenia macrophylla*), du cèdre espagnol ou *cedro* (*Cedrela odorata*) et du bois de rose (*Dalbergia stevensonii*), l'exploitation du *chicle*, la déforestation pour l'agriculture ainsi que la chasse intensive ont profondément modifié l'équilibre écologique des forêts des Basses Terres. Dus en grande partie à la pauvreté des habitants, ces phénomènes se sont intensifiés dans le Petén à partir de 1944, date de la fondation de la première colonie agricole à Poptún, puis à partir des années 1960, avec l'immigration massive des Mayas Q'eqchi venus des Hautes Terres (Ponciano, 1998; Schwartz, 1990). Dans le Campeche, c'est surtout l'expansion des pâturages et l'agriculture industrielle, fortement encouragées par le gouvernement mexicain à partir des années 1970, qui ont très largement contribué à la dégradation des forêts (Acopa et Boege, 1998, p. 82). La déforestation est rapidement devenue un enjeu majeur pour les États de la Péninsule du Yucatán.

Contrairement aux parcs nationaux qui excluent pratiquement toute exploitation autre que scientifique, les réserves de biosphère ont été créées pour lutter contre la déforestation et l'extraction illégale des ressources forestières, tout en permettant un développement scientifique, économique et éco-touristique durable des forêts et du patrimoine archéologique qu'elles recèlent (Gretzinger, 1998; Nations et al., 1998). Dans la zone maya, cinq réserves de biosphère ont été créées (Figure 1.3) : Montes Azules (1978) dans le Chiapas, Calakmul (1989) dans le Campeche, Sian Ka'an (1987) sur le littoral du Quintana Roo, Maya (1990) qui englobe tout le Nord du Petén, dont le Parc National de Tikal qui avait été créé en 1955 et le Parc Mirador-Río Azul, et enfin les réserves Chiquibul (1995) partagées entre le Guatemala et le Belize. Leur fonctionnement se fonde sur la connaissance de l'écologie des associations végétales et des usages traditionnels des plantes, sur l'intégration des

communautés locales et sur la recherche d'alternatives économiques durables dans l'exploitation des ressources forestières.

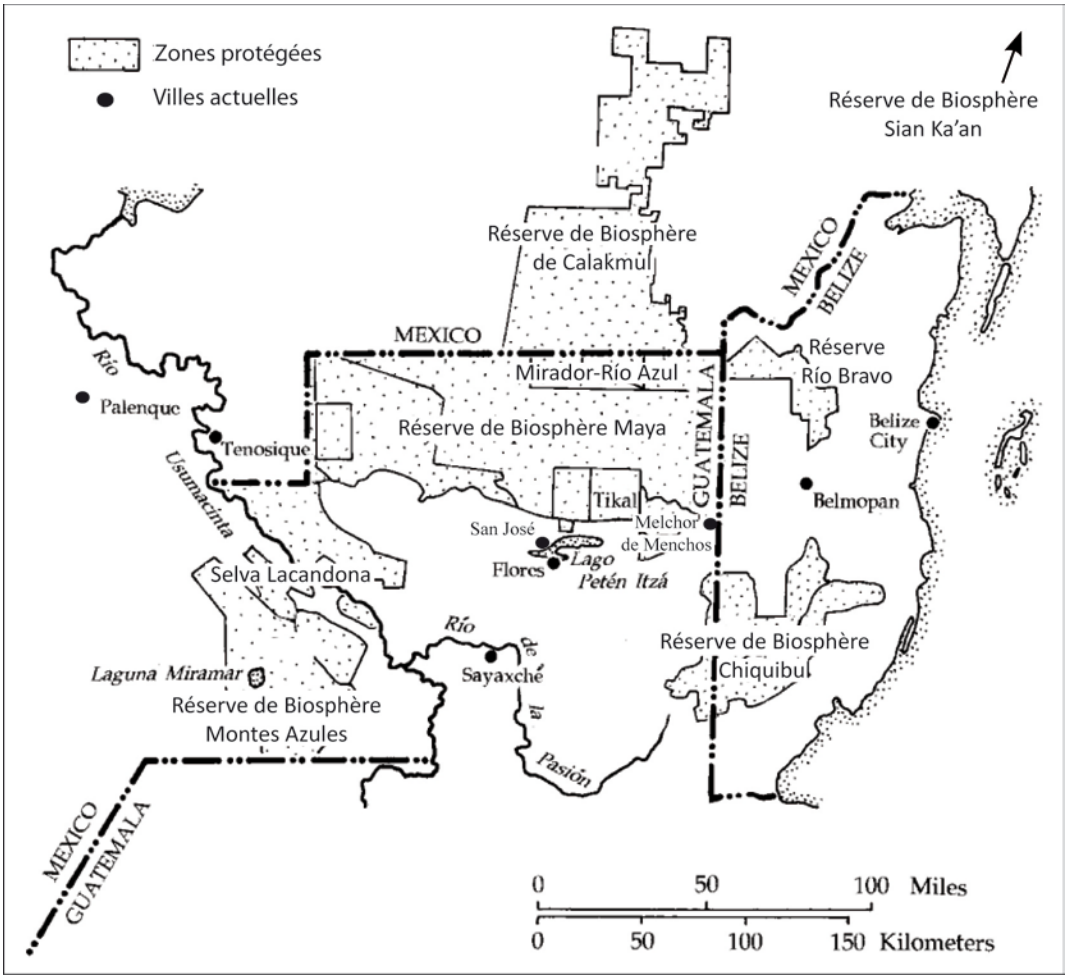


Figure 1.3 Réserves de biosphères et parcs nationaux dans les Basses Terres centrales. D'après Nations 2006.

Ainsi, malgré l'hétérogénéité des politiques forestières dans la zone maya, les programmes de recherche biologique et écologique évoqués précédemment ont été très largement conditionnés par un contexte socio-économique général et des enjeux écologiques communs. Depuis les années 2000, la recherche en écologie porte essentiellement sur la végétation secondaire et les zones perturbées (e.g. Castro-Luna et al., 2011; Dickson, 2009; Read et Lawrence, 2003; Roy Chowdhury, 2007; Weterings et al., 2008), dans une perspective de reforestation de zones anciennement cultivées et d'agroforesterie durable (e.g. Carabias Lillo et al., 1999; Chazdon et al., 2011; Martínez-Ramos et García-Orth, 2007; Rafael Hernández et al., 2009).

1.1.3. Les formations végétales dans les Basses Terres

Cet exposé des différents types forestiers et de la flore des Basses Terres se veut synthétique, la très grande biodiversité qui caractérise les forêts tropicales centre-américaines ne permettant pas d'en faire ici une présentation détaillée. On présente une liste plus complète, bien que non exhaustive, des espèces ligneuses dans les Basses Terres centrales en annexe A. Dans cet inventaire, compilé dans le cadre de ce travail doctoral à partir de différentes sources (voir Chapitre 3.1.1), les taxons sont listés par famille et par genre, les noms vernaculaires en espagnol et en maya étant indiqués dans la mesure du possible.

Formations végétales principales

Forêts hautes pérennes

Dans le Nord du Chiapas, le Tabasco et le Sud-ouest du Petén, les forêts sont hautes, pérennes et très humides (Figure 1.4). Elles se développent sur des sols plus ou moins profonds de type rendzines et vertisols, bien drainés, riches en argiles et en matière organique. La canopée peut atteindre 60 m de hauteur (Pennington et Sarukhán, 2005, p. 20) et se compose de grands arbres comme *Swietenia macrophylla* (acajou), *Guatteria anomala*, *Terminalia amazonia* (*canxan*), *Dialium guianense*, *Calophyllum brasiliense* (*santamaria*), *Pouteria campechiana* (*kaniste*) ou *Licania platypus* (*tzocotz*). Bien qu'il soit difficile d'associer des familles à un type de forêt en raison de la très grande diversité floristique et de la distribution large de la plupart des espèces, il semble que d'une manière générale, des familles telles que les Annonacées, les Combrétacées, les Lauracées, les Cannabacées et les Fabacées-Papilionoidées connaissent un développement particulier dans les forêts très humides. Ce type de forêt se caractérise aussi par la grande diversité des formes végétatives : lianes et plantes épiphytes telles que les Broméliacées, Aracées et Orchidacées dans les strates supérieures et intermédiaires, plantes herbacées ombrophiles et diverses espèces d'Arecacées (palmiers) dans la strate inférieure (Pennington et Sarukhán, 2005, p. 22).

Forêts hautes et moyennes sub-pérennes

À mesure que l'on avance vers le nord, les forêts diminuent en hauteur et changent progressivement de composition floristique et de comportement phénologique. Elles oscillent entre 20 et 40 m de hauteur dans les zones centrales du Nord du Petén et du Sud du Campeche (Martínez et Galindo Leal, 2002; Schulze et Whitacre, 1999) et entre 10 et 15 m de hauteur dans la réserve El Eden située dans le Nord du Quintana Roo (Schultz, 2003, p. 95). Dans ces régions où la saison sèche est marquée, bien que relativement courte, et les sols bien drainés en raison du sous-sol karstique, 25 à 50 % des espèces arborées perdent leur feuillage pendant la saison défavorable : on parle de forêts hautes et moyennes sub-pérennes ou semi-sempervirentes (Figure 1.5). Il s'agit du type de forêt qui connaît la plus grande extension dans les Basses Terres car il couvre la majeure partie du Petén, le Belize, le Quintana Roo et la moitié sud du Campeche. Les lithosols et les rendzines minces, la roche affleurant et le relief pentu empêchent le développement des très grands arbres qui nécessitent un enracinement profond. La strate arborée supérieure ne dépasse généralement pas les 30 à 40 m de hauteur, la strate arborée intermédiaire est comprise entre 10 et 22 m et la strate arbustive inférieure se situe entre 4 et 12 m. Par rapport à la forêt haute pérenne, les forêts hautes et moyennes sub-pérennes présentent plus de

palmiers dans la strate inférieure, moins de lianes et d'épiphytes dans les strates arborées. D'après Pennington et Sarukhán (2005, p. 29), c'est probablement la faible capacité des sols à retenir l'eau en surface qui est responsable du fait que la végétation soit semi-sempervirente, malgré le climat de forêt pérenne. Les espèces décidues des strates arborées supérieures et intermédiaires sont par exemple *Spondias purpurea* (*jocote*), *Bursera simarouba* (*chakah*), *Zuelania Guidonia* (*tamay*), *Tabebuia rosea* (*maculíz*), *Aspidosperma megalocarpon* et *A. cruentum* (*malerio blanco* et *malerio colorado*), *Swartzia cubensis* (*sangre de toro*), *Thouinia paucidentata* (*canchunup*), *Vitex Gaumeri* (*yaxnic*) et *Alseis yucatanensis* (*son*).

Forêts basses sub-pérennes

Associées aux forêts hautes et moyennes, les forêts basses sub-pérennes (Figure 1.6) se développent sur des vertisols et gleysols profonds en périphérie des marais et aux abords des savanes. Elles se retrouvent donc dans l'ensemble des Basses Terres centrales, sans distribution propre. Dans ces zones basses, le drainage est souvent déficient en raison des sols composés d'argiles extrêmement compactes, provoquant des inondations qui peuvent durer entre deux et six mois par an lors de la saison des pluies. Au fil de la saison sèche, ces zones s'assèchent progressivement, les sols se fissurent en profondeur et la végétation subit alors une sécheresse édaphique extrême. C'est la raison pour laquelle les forêts des zones basses sont si particulières. Elles se composent d'arbustes épineux et de petits arbres de 5 à 11 m de hauteur qui forment des bosquets denses présentant de nombreuses espèces de graminées (Poacées). Leur densité diminue et leur hauteur augmente du centre inondé presque en permanence (appelé *cival*) vers la périphérie inondée temporairement. Parmi les espèces arborées les plus représentatives de ces forêts basses, *Haematoxylum campechianum* (*tinto*), *Cameraria lateriflora* (*chechen blanco*), *Byrsonima bucidifolia* (*nance agrio*), *Bucida buceras* (*pukté*), *Croton reflexifolius* (*cascarillo*) et *Lonchocarpus guatemalensis* (*palo gusano*) leur sont presque complètement inféodées.

Forêts moyennes et basses sub-caducifoliées et caducifoliées

Bien que les forêts sub-pérennes soient les plus largement répandues dans les Basses Terres centrales et jusque dans le Nord du Quintana Roo, la composition floristique des boisements, leur structure et leur phénologie, dépendent, en fait, des types de sols et des précipitations annuelles. Dans toute la partie nord-occidentale du plateau de Zoh-Laguna, soit en bordure des Basses Terres centrales, la saison sèche plus marquée et les sols généralement pauvres – lithosols et rendzines, très sommaires et acides, ou bien profonds, sableux et très rocailleux – sont responsables du développement, dans certains secteurs, de formations dites « forêts moyennes et basses sub-caducifoliées » (Miranda, 1958; Martínez et Galindo Leal, 2002) (Figure 1.7). Ce type de forêt caractérise le Nord de la péninsule. La hauteur des arbres varie entre 5 et 15-20 m, la majorité des espèces (50 à 75%) perdant leur feuillage durant la saison sèche qui peut durer 7 à 8 mois par an. Dépendamment des précipitations annuelles qui peuvent atteindre des minima à l'extrême Nord-ouest de la péninsule dans le Yucatán, certaines zones forestières peuvent perdre plus de 75 % de leur feuillage et sont qualifiées de « forêts basses caducifoliées ».

Figure 1.4 Forêt haute pérenne. Site de Palenque, Chiapas, Mexique.

Figure 1.5 Forêt moyenne sub-pérenne durant la saison sèche. Site de Río Azul, Nord du Petén, Guatemala.

Figure 1.6 Forêt basse sub-pérenne en zone inondable durant la saison sèche. Route de Río Azul, Nord du Petén, Guatemala.

Figure 1.7 Forêt basse caducifoliée durant la saison des pluies. Site de Dzibilchaltún, Yucatán, Mexique.

Dans ces forêts sèches, les légumineuses (Fabacées) sont les essences les plus représentées : *Caesalpinia gaumeri* (*jabali*), *Haematoxylum campechianum* et *H. brasiletto* (*tinto de montaña*), *Lysiloma latisiliquum* (*tsalam*), *Piscidia piscipula* (*habín*), *Chloroleucon mangense* (*guayacán*), *Lonchocarpus yucatanensis* (*yaxul*), *Diphysa carthagenensis* (*guachipilin*) et *Acacia gaumeri* (*katsin*). Les autres espèces parmi les plus répandues sont *Bursera simarouba*, *Thouinia paucidentata*, *Bunchosia swartziana* (*cucaracha*), *Spondias mombin*, *Gymnopodium floribundum* (*dzidzilche*), *Semialarium mexicanum* (*guaracho*), *Exostema caribaeum* (*carey de costa*) et *Eugenia axillaris* (*guayabillo*) (White et Darwin, 1995, pp. 10–11). Pennington et Sarukhán (2005, p. 40) mentionnent également une association identifiée par Miranda (1958), dominée par *Vitex Gaumeri* (*yaxnic*), *Brosimum alicastrum* (*ramón*), *Piscidia piscipula*, *Enterolobium cyclocarpum* (*guanacaste*), *Ceiba pentandra* (*yaxche*), *Sideroxylon foetidissimum* (*zapote*), *Caesalpinia gaumeri* et *Cedrela odorata* (*cedro*).

À ces types principaux sont associés des types de végétation mineurs tels que les palmeraies, les savanes et les mangroves, dont le développement dépend avant tout de facteurs édaphiques.

Palmeraie

Les palmeraies sont généralement associées aux forêts hautes et moyennes (Figure 1.8). D'après Pennington et Sarukhán (2005, p. 59), ce type de végétation se développe principalement en réponse à des perturbations anthropiques telles que la taille sélective ou les feux de forêts naturels ou anthropiques, qui favorisent certaines espèces de palmier comme *Acrocomia aculeata* (*cocoyol*) et *Sabal mexicana* (*guano*). Mais le facteur déterminant est avant tout édaphique. Les palmeraies se rencontrent dans des zones très humides mais relativement bien drainées, telles que les plaines alluviales ou les dépressions aux sols argileux et organiques qui retiennent l'humidité, sans pour autant atteindre les extrêmes édaphiques que connaissent les sols des marais (Schulze et Whitacre, 1999, p. 194). La végétation des palmeraies est très proche de celle des forêts hautes et moyennes pérennes et sub-pérennes, la principale différence étant l'abondance des palmiers dans la strate arborée supérieure.

Figure 1.8 Palmeraie au nord du Parc National de Tikal, Nord du Petén, Guatemala.

Savane

Considérées comme un groupe phytogéographique unique parmi les savanes néotropicales (Lenthall et al., 1999), les savanes des Basses Terres (Figure 1.9) sont largement répandues dans le Centre-sud du Petén, au Belize et dans la zone frontière entre le Campeche et le Tabasco. Ces vastes étendues herbeuses se caractérisent par la faible densité des espèces arbustives et arborées, parmi lesquelles *Pinus caribaea* (pin caribéen), *Quercus oleoides* (chêne), *Byrsonima crassifolia* (*nance*), *Curatella americana* (*vacabuey*), *Crescentia alata* (calebassier) et le palmier *Acoelorraphe wrightii* sont les plus fréquentes. Diverses espèces de graminées et de cypéracées recouvrent le sol, notamment *Paspalum spp.* et *Scleria bracteata* (*navajuela*). Martínez et Galindo Leal (2002, p. 18) distinguent encore les savanes humides, ou *carrizales*. Celles-ci sont dominées par des *carrizos*, espèces de bambous herbacés comme *Rhipidocladum bartlettii* et *Chusquea sp.* ou de roseaux telles que *Phragmites australis*.

Stuart et al. (2006) ont étudié plusieurs formations de savane dans le Nord du Belize. Ils expliquent que la spécificité des savanes centraméricaines se manifeste à travers leur hyper-saisonnalité (alternance entre inondation et sécheresse) et leur flore particulière, qui résultent des conditions édaphiques, topographiques et géologiques. Les savanes se forment sur les sols argilo-sableux des plaines alluviales inondables, identiques à ceux des marais saisonniers. Leur altitude intermédiaire entre les zones humides les plus basses et les zones hautes où se développent les forêts hautes, réduit la durée des inondations saisonnières, ce qui permet le développement d'une flore spécifique (Stuart et al., 2006). Les variations floristiques entre les différents types de savanes sont en fait fonction de leur position topographique et des variations du microrelief qui conditionnent la rapidité du drainage et la durée des inondations saisonnières (Figure 1.10). Dans les zones les plus basses, les *carrizales* peuvent être inondées six à huit mois par an. À l'opposé, les savanes de pins et de chênes se développent sur les zones les plus hautes où le drainage est le plus important, en marge des forêts hautes qui se développent sur les sols minces calcaires.

Toutefois, Pennington et Sarukhán (2005, p. 63) soutiennent que les facteurs édaphiques dont dépend l'extension des savanes ont été principalement induits par les activités agricoles. Les sols acidifiés déficients en azote auraient empêché la recolonisation par les forêts de zones anciennement défrichées, et aurait contribué, à l'inverse, au développement d'espèces végétales carnivores telles que *Drosera* sp.

Mangrove

Bien que ce type de végétation ne se trouve pas dans l'intérieur des terres, mentionnons tout de même l'existence des mangroves, qui se développent dans les zones immergées en permanence des lagunes et marais salins côtiers. La strate arborée peut atteindre 25 à 30 m de hauteur et est presque exclusivement composée de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* ou *Conocarpus erectus* (palétuviers), alors que la strate herbacée est quasiment inexistante. Les caractéristiques les plus remarquables de ce type de végétation sont la présence d'un important système racinaire adventif permettant l'oxygénation de ces espèces arborées, ainsi que leur mode de germination vivipare, tout à fait exceptionnel dans le monde végétal.

Figure 1.9 Savane inondable sur la route de Melchor de Menchos, Est du Petén, Guatemala.

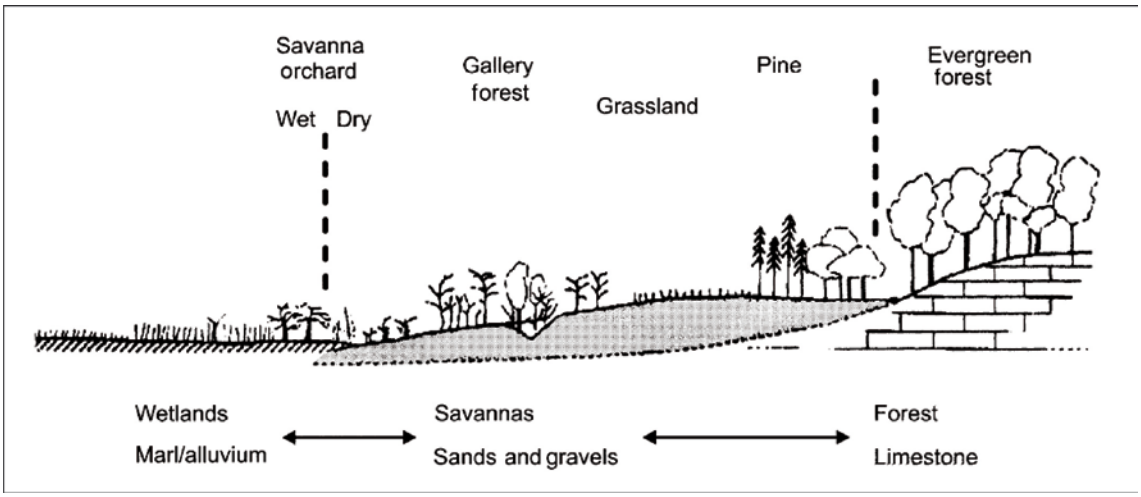


Figure 1.10 Représentation schématique de la position des savanes et pinèdes de basse terre en fonction de la topographie et du substrat géologique. D'après Stuart et al. 2006.

Associations végétales et variations écologiques dans les Basses Terres centrales

Dans les forêts sub-pérennes des Basses Terres centrales, plusieurs associations végétales ont été décrites, initialement par Lundell (1937) dans le Nord du Petén, puis de façon systématique par Schulze et Whitacre (1999) dans le Parc National de Tikal, par Miranda (1958) et par Martínez et Galindo Leal (2002) dans la Réserve de Biosphère de Calakmul (Figure 1.3). Le tableau 1.1 inventorie ces associations végétales, les équivalences de nomenclature entre les différents auteurs ainsi que les

espèces dominantes de chacune d'entre elles. Les tableaux 1.2 et 1.3 présentent les compositions spécifiques dominantes des principales associations identifiées dans les forêts de Tikal et de Calakmul.

L'intérêt de la comparaison de ces deux zones d'études, séparées de quelque 60 km, est avant tout géographique, dans la mesure où le site de Naachtun se situe précisément à leur interface. Or, en l'absence d'étude écologique récente et systématique dans la région même de Naachtun, il est nécessaire de prendre en compte toute la variabilité régionale possible dans la composition floristique des forêts. D'une part, le gradient sud-nord des précipitations implique certaines variations dans le couvert forestier de ces deux zones ; d'autre part, leur histoire divergente est responsable d'un développement forestier différentiel. Alors que la région de Tikal a été relativement bien protégée depuis les années 1950, permettant le développement des forêts jusqu'à leur stade climax, ou au moins pré-climax[2], le Sud du Campeche a subi des perturbations intensives et continues au cours du XX^{e} siècle, ce qui a maintenu la majorité des espaces forestiers à des stades successionnels secondaires. Ces deux facteurs réunis – gradient climatique et perturbations différentielles – ont donc contribué à produire des associations végétales parfois très différentes et en constante évolution. Par ailleurs, ces deux études sont réellement complémentaires : dans la région de Tikal, Schulze et Whitacre (1999) se sont attachés à décrire précisément, en fonction de la microtopographie, les associations de forêt haute, les palmeraies et les associations des marais inondables ; dans la région de Calakmul, Martínez et Galindo Leal (2002) ont également décrit les savanes et les associations d'origine secondaire. Mises en regard, ces études permettent donc d'obtenir une image complète et précise des potentialités de cette zone intermédiaire qu'est la région de Naachtun en termes de variabilité floristique et de cycles de régénération.

Microtopographie et édaphologie

La figure 1.11 est une représentation schématique des profils de végétation dans les régions de Tikal et de Calakmul, reconstitués d'après les données des auteurs précédemment cités. Les principales associations végétales, représentées par leurs espèces dominantes, sont localisées en fonction de la microtopographie et des grands types de sol (sols minces essentiellement calcaires sur les zones hautes / sols profonds argileux et inondables dans les zones basses).

Les associations *ramonal* et *zapotal*, respectivement dominées par *Brosimum alicastrum* (*ramón*) et par les Sapotacées, ont été distinguées par Lundell (1937) comme étant les associations végétales dominantes des forêts du Nord du Petén. La dominance de ces deux principales associations semble généralisée au moins aux Basses Terres centrales (Alcorn, 1994 cité par Dugelby 1998, p.158; Miranda, 1958; Pennington et Sarukhán, 2005). Les *ramonales*, ou forêts sèches de zone haute dans la classification de Schulze et Whitacre (1999), sont des associations calcicoles relativement sèches qui se développent sur les rendzines et lithosols excessivement drainés des versants rocheux et aux alentours des sites archéologiques. Cette distribution spécifique du *ramón* a fait l'objet d'une controverse entre ceux qui y ont vu les vestiges d'anciennes pratiques sylvicoles mayas (e.g. Folan et al., 1979; Lundell, 1938; Puleston, 1982, 1968) et les partisans d'une explication purement écologique

[2] L'état climax est le stade ultime de développement d'un écosystème dans des conditions édaphiques et climatiques données. Il s'agit d'un stade théorique et plusieurs auteurs ont fait remarquer le fait que, même dans les zones protégées, les perturbations naturelles successives et les variations climatiques maintiennent les forêts dans un état « pré-climax ».

à ce phénomène (e.g. Lambert et Arnason, 1982; Peters, 1983; White et Darwin, 1995; Wiseman, 1983). Ce point sera développé au Chapitre 2 (voir 2.2.6), mais mentionnons d'ores et déjà que le r*amón* est généralement associé à *Melicoccus oliviformis* (syn. *Talisia oliviformis*, *guayo*) et que cette association *ramón-guayo* se retrouve dans les zones rocheuses des zones hautes et pas uniquement autour des ruines (Schulze et Whitacre, 1999, p. 192). Une autre caractéristique de cette association est la dominance de *Piper psilorrachis* dans le sous-bois, qui s'y substitue à *Cryosophila stauracantha* (palmier *escoba*), généralement dominant dans le sous-bois des forêts des Basses Terres. Les *zapotales* se développent quant à eux sur des sols légèrement plus profonds que les *ramonales*, où le drainage est rapide sans être excessif. Ils correspondent à la forêt de *chicle* décrite par Martínez et Galindo Leal (2002). Dans la région de Tikal, plus humide, Schulze et Whitacre (1999) ont décomposé en trois associations – commune de zone haute, mésique de zone haute, forêt de piémont – cette association presque générique pour les zones hautes des Basses Terres centrales. Cette différenciation est essentiellement topographique, la composition floristique générale ne variant que légèrement d'une micro-zone à l'autre. Dans les trois associations, les espèces dominantes sont *Pouteria reticulata* dans la strate arborée et *Cryosophila stauracantha* dans le sous-bois. Les variations sont en fait plus perceptibles dans les espèces mineures (Tableau 1.3).

En dehors de ces associations végétales à large distribution, Martínez et Galindo Leal (2002) distinguent plusieurs associations végétales mineures comme l'association d'*Aspidosperma cruentum* et *A. megalocarpon* (*bayo*) ou l'association de *Lonchocarpus castilloi* (*machiche*), de distribution restreinte. L'association de *Bucida buceras* (*pukté*) se rencontre le long des cours d'eau temporaires ainsi que dans les plaines inondables. Associée à ces forêts de zone haute, Schulze et Whitacre (1999) mentionnent une association très restreinte dominée par *Attalea cohune* (palmier *corozo* ou *cohune*) et pouvant atteindre 30 à 35 m de hauteur à la canopée, qui se développe sur des rendzines relativement profondes et au drainage déficient dans des zones localisées. D'après Martínez et Galindo Leal (2002, p. 18), ces *corozales* ont été intensivement perturbés dans le Campeche et ne se trouvent plus actuellement que dans la zone sud-orientale de l'État.

À mesure que l'altitude diminue, les sols s'épaississent, s'enrichissent en argile issue de l'érosion des zones plus élevées et retiennent plus l'humidité, sans que le drainage y soit pour autant déficient. D'après Schulze et Whitacre (1999), la végétation de ces zones intermédiaires est plus basse que celle des zones hautes, souvent plus riche en palmiers (notamment dans les forêts de *sabal* ou association de *guano – Sabal mauritiiformis*) et composée d'un mélange d'espèces de zone haute (par exemple *Pouteria reticulata*, *P. durlandii*, *Trophis racemosa*) et d'espèces de marais (*Coccoloba acapulcensis*, *Croton billbergianus*, *Metopium brownei*), d'où l'appellation de « forêts transitionnelles ».

Aux abords des zones humides, et notamment dans les marais inondables, deux associations végétales ont été décrites. L'association mixte, ou *tintal*, est une forêt basse dominée par *Haematoxylum campechianum* (*tinto*) qui se rencontre dans les marais xériques des zones élevées à l'intérieur du plateau de Zoh-Laguna. L'association de *pukté*, dominée par *Bucida buceras*, correspond à la végétation de *bajo* mésique et ripisylve décrite par Schulze et Whitacre (1999). Elle se rencontre dans les plaines plus basses du Centre-est de la péninsule, à proximité des plans d'eau quasi-permanents (*aguadas*) ou dans les zones associées aux systèmes de drainage.

Tableau 1.1 Principales associations végétales mentionnées et décrites par Lundell (1937, Nord du Petén), Schulze et Whitacre (1999, Parc National de Tikal) et Martínez et Galindo Leal (2002, Réserve de Biosphère de Calakmul) dans le Nord du Petén et le Sud du Campeche, équivalences de nomenclature et espèces dominantes. Modifié d'après Martínez et Galindo Leal, 2002, p. 8.

Type	Nord Petén Lundell 1937	Calakmul Martinez et Galindo-Leal 2002*	Tikal Schulze et Whitacre 1999	Espèces dominantes
1. Forêt haute et moyenne sub-pérenne				
1a	*Ramonal*	Forêt de *ramón*	Forêt de zone haute sèche	*Brosimum alicastrum*
1b	*Zapotal*	Forêt de *chicle*	Forêt de zone haute commune	*Manilkara zapota* *Pouteria reticulata*
1c			Forêt de zone haute mésique	
1d			Forêt de piémont	
1e		Forêt de *pukté*		*Bucida buceras*
1f		Forêt de *bayo* (restreinte)		*Aspidosperma cruentum,* *A. megalocarpon*
1g		Forêt de *machiche* (restreinte)		*Lonchocarpus castilloi*
2. Palmeraie				
2a	*Corozal*	*Corozal*	Palmeraie de *cohune* de zone haute	*Attalea cohune*
2b	*Botanal*		Palmeraie de *sabal*	*Sabal mauritiiformis*
2c	*Escobal*		Forêt transitionnelle	*Cryosophila stauracantha*
3. Forêt basse sub-pérenne				
3a	*Tintal*	*Bajo* mixte	Forêt de marais haute et basse	*Haematoxylon campechianum*
3b		*Bajo* de *pukté*	Marais mésique et ripisylve Marais	*Bucida buceras*
4. Savane				
4a	*Carrizal*	Savane humide		*Cyperus spp.* *Chusquea spp.*
4b	Savane	Savane sèche		*Byrsonima crassifolia*
5. Forêt secondaire				
5a	*Chechenal*	Bajo de chechen negro		*Metopium brownei,* *Gymnopodium floribundum*
5b	*Acahual*	*Acahual*		
5c		Forêt de *chakah*		*Bursera simaruba*
5d		Forêt de *tsalam*		*Lysiloma latisiliquum*
5e		Forêt de *xuul*		*Lonchocarpus guatemalensis*

*Sont indiquées uniquement les associations qui caractérisent un type de végétation présent dans les Basses Terres centrales. N'ont pas été prises en compte les associations caractérisant les forêts moyennes et basses sub-caducifoliées, présentes dans le Nord de la Réserve de Biosphère de Calakmul.

Formations secondaires

Les forêts du Campeche ont été très largement perturbées pour l'industrie forestière au cours du XX^{e} siècle et certaines associations végétales d'origine secondaire se sont particulièrement étendues. C'est le cas des associations sub-caducifoliées de *Piscidia piscipula* (*habín*), dont l'expansion est vraisemblablement due à l'extraction massive de l'acajou (*Swietenia macrophylla*) et du cèdre espagnol (*Cedrela odorata*) dans certains secteurs (Martínez et Galindo Leal, 2002, p. 14). Les associations de *Bursera simarouba* (*chakah*) et de *Lysiloma latisiliquum* (*tsalam*) apparaissent, quant à elles, dans des

zones anciennement incendiées. Dans les marais, deux associations peuvent se développer suite à des perturbations (extraction sélective de bois et feux de forêt) : l'association de *Metopium brownei* (*chechen negro*) sur les gleysols et l'association de *Gymnopodium floribundum* (*dzidzilche*) sur les sols plus rocailleux. Enfin, les *acahuales* se définissent comme des communautés d'ancienneté variable, développées dans des zones ayant été fortement affectées par l'agriculture, l'extraction de bois ou les incendies. Les espèces pionnières précédemment citées y sont abondantes, avec en plus, de façon tout à fait caractéristique, *Cecropia peltata* et *C. obtusifolia* (*guarumo*), *Acacia gaumeri* (*kastim*) et *Mimosa bahamensis* (*sak-katsim*).

Variations floristiques notables entre les régions de Tikal et de Calakmul

Malgré d'évidentes similitudes dans les formations végétales principales, il existe des différences subtiles entre la flore du Parc National de Tikal et celle de la Réserve de Biosphère de Calakmul. Ces différences s'expliquent en grande partie par le gradient de précipitations sud-nord (1300 à 1500 mm/an à Tikal, 1000 mm/an en moyenne à Calakmul, d'après Martínez et Galindo Leal 2002) et par la qualité des sols, plus minces et rocailleux à mesure que l'on avance vers le nord. Ces deux facteurs impliquent que la région de Tikal se trouve être plus humide que celle de Calakmul. Les légumineuses sont clairement plus représentées dans la région de Calakmul (13 espèces fréquentes, 23 espèces mentionnées au total) que dans la région de Tikal (7 espèces fréquentes, 17 espèces mentionnées). À l'inverse, les Méliacées sont beaucoup plus importantes dans les zones plus humides de Tikal (7 espèces) que dans la région de Calakmul, où seule *Swietenia macrophylla* a été recensée. Certaines espèces dominantes dans les associations de forêt haute à Tikal sont très rares à Calakmul, voire n'ont été enregistrées que dans l'extrême Sud de la réserve, qui correspond à la région la plus humide du Campeche. C'est le cas de *Pouteria durlandii*, *Ampelocera hottlei* (*luín*) et *Pseudolmedia glabrata*. D'autres, comme *Exothea paniculata* (*yaicuaje*) et *Vatairea lundellii* (*palo de danto*), abondantes dans les forêts mésiques de zone haute (Schulze et Whitacre, 1999), n'ont jamais été enregistrées dans la région de Calakmul. Parmi les espèces abondantes à Calakmul et par ailleurs complètement absentes à Tikal, mentionnons *Gymnopodium floribundum* et *Mimosa bahamensis*.

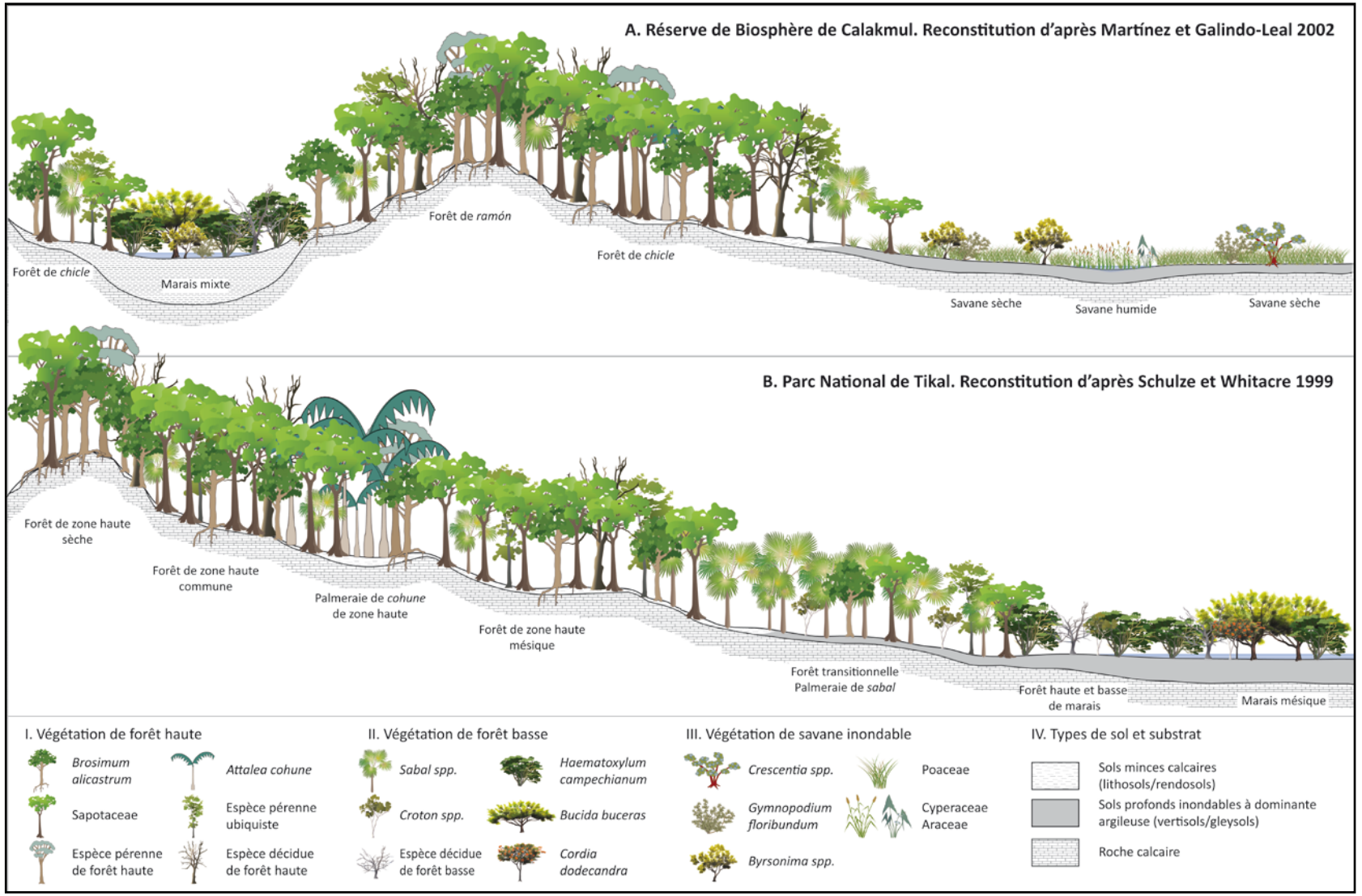


Figure 1.11 Profils de végétation schématique (échelles non respectées) dans les principales associations végétales du Nord du Petén et du Sud du Campeche.

Commentaire sur la distribution des Sapotacées dans les forêts des Basses Terres centrales

Si tous les auteurs s'accordent sur le fait que, dans les Basses Terres centrales, les forêts des zones hautes sont dominées par les arbres de la famille des Sapotacées (Pennington, 1990), l'importance relative[3] des espèces varie, en fait, considérablement d'une zone à l'autre (voir par exemple les études de Martínez et Galindo Leal, 2002; Schultz, 2003; Schulze et Whitacre, 1999; Thompson et al., 2015b; Weterings et al., 2008; Zamora-Crescencio et al., 2012). Pour ne donner que quelques exemples, dans les forêts actuelles de Tikal, *Pouteria reticulata* est l'espèce la plus abondante (en nombre d'individus), quatre à cinq fois plus fréquente que *Manilkara zapota* (Schulze et Whitacre, 1999, Annexe 2; Thompson et al., 2015b, p. 136), alors qu'en 1937, Lundell mentionnait cette dernière comme étant l'espèce arborée dominante dans les *zapotales* du Nord du Petén. Il est vrai que cette observation ancienne ne s'appuie pas sur un relevé floristique quantitatif et systématique au sens moderne et que l'auteur ne précise pas ce que recouvre ici la notion de dominance[4]. Son caractère informatif est donc limité, mais on ne peut s'empêcher de constater qu'elle semble en désaccord avec les données actuelles existantes pour le Nord du Petén. Des variations existent aussi dans la partie mexicaine de la péninsule. Martínez et Galindo Leal (2002) présentent les espèces *Manilkara chicle* et *M. zapota* comme co-dominantes (sans précision) dans les forêts actuelles de Calakmul. D'après ces auteurs, et par comparaison avec l'étude antérieure de Miranda (1958), les espèces *Pouteria reticulata*, *P. amygdalina* et dans une moindre mesure *P. campechiana*, ont vu leur population augmenter considérablement dans la région au cours des cinquante dernières années (Martínez et Galindo Leal, 2002, pp. 25–26). À l'inverse, dans la région d'Oxpemul, *M. zapota* n'est que 29^{e} dans l'ordre de dominance d'après les valeurs d'importance relative, et *P. reticulata* n'y est même pas mentionnée parmi les 50 espèces les plus abondantes localement (Zamora-Crescencio et al., 2012).

Il est possible que ces variations spatiales et probablement aussi temporelles soient dues en partie à la diminution des populations de *chicozapote* dans certaines régions, conséquence de l'exploitation intensive de l'espèce pour l'industrie du latex au cours du XX^{e} siècle (Martínez et Galindo Leal, 2002, p. 24). Le second facteur qui pourrait déterminer la distribution différentielle du *chicozapote* dans les Basses Terres est la déforestation elle-même, dans la mesure où l'espèce est caractéristique des forêts anciennes (Weterings et al., 2008) et est donc généralement absente dans les parcelles en cours de régénération. Pour ne parler que de l'actuel, l'importance de *M. zapota* n'est donc ni générale pas plus qu'elle n'est homogène, contrairement à ce qui transparaît souvent dans les publications relatives aux forêts des Basses Terres. Ce qui est vrai, en revanche, c'est le caractère ubiquiste de l'espèce, dû à sa grande résistance à la sécheresse. Elle se retrouve donc aussi bien dans les forêts des zones hautes que dans les forêts transitionnelles des zones basses, depuis les Basses Terres méridionales jusqu'au Nord du Quintana Roo (Aguirre de Riojas et Pöll, 2007, p. 95; Schultz, 2003; White et Darwin, 1995, p. 9).

[3] En écologie, l'importance relative d'une espèce se définit comme la somme de trois valeurs : densité relative (nombre d'individus de l'espèce par rapport au nombre total d'individus), fréquence relative (nombre d'unités de surface dans lesquelles apparaît l'espèce par rapport au nombre total d'unités considérées) et dominance relative ou biomasse (aire basale de l'espèce par rapport à l'aire basale totale). Certaines études peuvent porter à confusion lorsqu'une espèce est déclarée « dominante », sans que l'auteur ne précise si ce terme renvoie à son importance relative dans la végétation, ou bien s'il se réfère effectivement à la biomasse de l'espèce.

[4] La question se pose réellement puisque de ces deux espèces, *P. reticulata* est un petit arbre des strates forestières intermédiaires, alors que *M. zapota* est un grand arbre de canopée parmi les espèces à plus forte biomasse dans les forêts des Basses Terres centrales (Weterings et al., 2008).

Tableau 1.2. Composition floristique des associations végétales de la Réserve de Biosphère de Calakmul. Parmi les espèces caractéristiques de chaque association : O = dominante; X = forte emprise ; x = faible emprise. (données disponibles pour 10 des 15 associations mentionnées, d'après Martínez et Galindo Leal, 2002, p. 12).

A) Réserve de Biosphère de Calakmul		Forêt haute et moyenne					Forêt basse		Savane	Forêt secondaire	
Espèce	Nom commun	1a	1b	1e	1f	1g	3a	3b	4	5a	5b
Brosimum alicastrum	*Ramón*	O	X	X	X						
Manilkara chicle	*Chikib'ul*	X	O								
Pouteria reticulata	*Zapote*	X	X	X	X						
Manilkara zapota	*Chicozapote*	X	X	X	x		X		X		
Pimenta dioica	*Pimienta gorda*	X		X	X	X					
Melicoccus oliviformis	*Guayo*	X		X			x	X			
Licaria campechiana	*Aguacatillo*	X		X							
Pseudolmedia spuria	*Manax*	X			X						
Swietenia macrophylla	*Caoba*		X	X	X						
Pouteria amygdalina	*Silillon*		X		X						
Pouteria campechiana	*Zapote*		X								
Pouteria sapota	*Zapote mamey*		X								
Vitex gaumeri	*Yaxnic*		X								
Exostema mexicana	*Palo de quina*		x								
Bucida buceras	*Pukté*			O			X	O			
Sabal mauritiiformis	*Guano*			X	X						
Lonchocarpus castilloi	*Machiche*			X		O					
Platymiscium yucatanum	*Palo marimba*			X			x	X		x	
Astronium graveolens	*Jobillo*			X							
Ficus obtusifolia	*Amate*			X							
Enterolobium cyclocarpum	*Guanacaste*			x							
Gaussia maya				x							
Haematoxylum brasiletto	*Palo tinto*			x							
Tabebuia rosea	*Maculiz*			x							
Aspidosperma cruentum	*Malerio colorado*				O						
Aspidosperma megalocarpon	*Malerio blanco*				O						
Guettarda combsi	*Testap*				X						
Protium copal	*Copal*				X						
Calophyllum brasiliense	*Santamaria*				x						
Gymnanthes lucida	*Pij*				x						
Piscidia piscipula	*Habín*					X					X
Chrysophyllum venezuelanense						x					
Hirtella americana	*Aceituno*					x					
Haematoxylon campechianum	*Palo tinto*						O	X		x	
Cameraria latifolia	*Chechen blanco*						O				
Byrsonima bucidifolia	*Nance agrio*						X	X	X	x	
Diospyros bumelioides	*Siliil*						X	X		x	X
Lonchocarpus guatemalensis	*Palo gusano*						X	X		x	X
Cordia dodecandra	*Siricote*						X	X		x	
Metopium brownei	*Chechen negro*						X		X	O	X
Coccoloba cozumelensis	*Boochi che'*						X		X		
Croton icche	*P'ere'es k'uuch*						X				x

A) Réserve de Biosphère de Calakmul		Forêt haute et moyenne					Forêt basse		Savane	Forêt secondaire	
Espèce	Nom commun	1a	1b	1e	1f	1g	3a	3b	4	5a	5b
Ateleia gummifera	*Guamacillo*						X				
Bravaisia berlandierania	*Julubal*						X				
Erythroxylum rotundifolium	*Iik'il che'*						X				
Eugenia winzerlingii	*Ich juuj*						X				
Cascabela gaumeri	*Chicla*						x	X		x	
Gliricidia sepium	*Madre cacao*						x	X		x	
Hyperbaena winzerlingii	*Tripa de cochino*						x	X		x	
Malpighia lundellii	*Wayakte'*						x	X		x	
Clusia flava	*Matapalo*						x			x	
Exothea diphylla	*Wayam cox*						x			x	
Jatropha gaumeri	*Piñoncillo*						x			x	
Caesalpinia gaumeri	*Jabali*						x				
Eugenia sp.	*Guayabillo*						x				
Sabal yapa	*Guano yucateco*							X			
Byrsonima crassifolia	*Nance*								O		
Acoelorrhaphe wrightii	*Palma tasiste'*								X		
Eugenia ibarrae	*Guayabillo*								X		
Terminalia amazonia	*Canxan*								x		
Gymnopodium floribundum	*Dzidzilche*									O	X
Touhinia paucidentata	*Canchunup*									x	
Acacia gaumeri	*Katsin*										X
Bursera simarouba	*Chakah*										X
Cecropia peltata	*Guarumo*										X
Hampea trilobata	*Balsa*										X
Lysiloma latisiliquum	*Tsalam*										X
Mimosa bahamensis	*Sak-katsim*										X

Tableau 1.3. Composition floristique des associations végétales du Parc National de Tikal. Parmi les espèces caractéristiques de chaque association : O = dominante; X = forte emprise ; x = faible emprise. D'après les données de Schulze et Whitacre, 1999, pp. 191–203, Annexe 2.

B) Parc National de Tikal		Forêt haute et moyenne					Palmeraie		Forêt basse	
Espèce	Nom commun	1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	3a	3b
Brosimum alicastrum	*Ramón*	O	X	x	x		x			
Piper psilorrachis		O	x		x					
Cryosophila stauracantha	*Escoba*	X	O	O	O		X	O		x
Pouteria reticulata	*Zapote*	X	O	O	O		X	x	x	
Manilkara zapota	*Chicozapote*	X	X	x	x				x	
Trichilia minutiflora	*Cedrillo*	X	X		x					
Pouteria campechiana	*Zapote*	X	X							
Trichilia moscata		X			X					
Coccoloba acapulcensis	*Boochi che'*	X						x	X	
Amyris elemifera	*Palo de gas*	X							X	X
Gymnanthes lucida	*Pij*	X							x	
Drypetes lateriflora	*Hueso blanco*	X								
Gaussia maya		X								
Mosannona depressa	*Elemuy*	X								
Melicoccus oliviformis	*Guayo*	X								
Nectandra coriacea	*Laurel*	X								
Talisia floresii	*Coloc*	X								
Thouinia paucidentata	*Canchunup*	X								
Trichilia pallida		X								
Bernoullia flammea	*Amapola*	x								
Ceiba aesculifolia	*Algodon de monte*	x								
Diospyros campechiana		x								
Protium copal	*Copal*		X	x	X					
Simira salvadorensis	*Saltemuch*		X	x				x		
Pouteria amygdalina	*Sililón*		X	x						
Aspidosperma cruentum	*Malerio colorado*		X					x		
Acacia dolicostachya	*Jesmo*		X							
Blomia prisca	*Sol*		X							
Sideroxylon foetidissimum	*Zapote*		X							
Wimmeria concolor	*Chintok*		x	X						
Sabal mauritiiformis	*Guano*		x		O		O	X		
Spondias mombin	*Jocote*		x		X	X	X			
Lonchocarpus castilloi	*Machiche*		x						x	
Cedrela odorata	*Cedro*		x							
Pseudolmedia glabrata	*Manax*			X				x		
Casearia barlettii				X						
Cordia gerascanthus	*Baria*			X						
Pleradenophora longicuspis	*Chechen blanco*			X						
Pouteria durlandii	*Zapote*			x	X	X	X	x	x	
Ampelocera hottlei	*Laurel blanco*			x	X	X	x			
Matayba oppositifolia	*Guayo*			x				X	x	
Ouratea lucens	*Canlol*			x				x		
Annona cherimola	*Anona*			x						

B) Parc National de Tikal		Forêt haute et moyenne					Palmeraie		Forêt basse	
Espèce	Nom commun	1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	3a	3b
Cymbopetalum penduliflorum				x						
Exothea paniculata	*Yaicuaje*			x						
Hirtella americana	*Aceituno*			x						
Tabernaemontana donnell-smithii	*Cojón*			x						
Zanthoxylum juniperinum	*Lagarto*			x						
Trophis racemosa	*Ramon colorado*				X	X	X	x		
Guarea glabra	*Cedrillo*				X	X	X			
Licaria peckii	*Laurelillo*				X	X				
Vatairea lundellii	*Palo de danto*				X		X	x		
Swietenia macrophylla	*Caoba*				X					
Tabebuia rosea	*Maculíz*				X					
Nectandra sp.					x					
Trichilia havanensis	*Limoncillo*				x					
Attalea cohune	*Palma corozo*					O				
Alibertia edulis							X			
Calyptranthes chytraculia							X			
Psychotria sp.							X			
Quararibea funebris	*Molinillo*						x			
Bursera simaruba	*Chakah*							X	x	
Terminalia amazonia	*Canxan*							X	x	
Croton billbergianus								x	X	X
Coccoloba reflexiflora	*Carretillo*							x	X	
Metopium brownei	*Chechen negro*							x	X	
Haematoxylon campechianum	*Palo tinto*								O	O
Bucida buceras	*Pukté*								X	O
Coccoloba cozumelensis	*Boochi che'*								X	
Croton reflexifolius	*Cascarillo*								X	
Gliricidia sepium	*Madre cacao*								X	
Cameraria latifolia	*Chechen blanco*								x	
Erythroxylum guatemalense	*Iik'il che'*								x	
Guettarda combsi	*Testap*								x	
Myrsine guianensis	*Camaguilla*								x	
Plumeria obtusa	*Flor de mayo*								x	
Vitex gaumeri	*Yaxnic*								x	
Lonchocarpus guatemalensis	*Palo gusano*									X
Margaritaria nobilis										X
Zygia peckii										X

1.2. Exploitation agroforestière traditionnelle et usages des bois dans les sociétés mayas contemporaines des Basses Terres

De nos jours, 7 millions de Mayas vivent au Mexique, au Guatemala, au Belize et au Honduras, parmi lesquels 4 millions ont pour langue maternelle l'une des 30 langues mayas modernes (Nations, 2006, p. 45). L'économie de subsistance de ces sociétés mayas contemporaines est fondée sur un équilibre étroit entre les espaces cultivés et non cultivés. De ces espaces non cultivés dépend l'approvisionnement en ressources non agricoles, bois et gibier en particulier, mais également résines et latex végétaux, fruits et plantes sauvages. Leur entretien est donc crucial dans la subsistance. Ces systèmes agroforestiers traditionnels ont été principalement étudiés dans les communautés lacandon du Chiapas (Hellmuth, 1977; McGee, 1990; Nations et Nigh, 1980; Nigh, 2008; Nigh et Diemont, 2013), yucatèques dans le Nord de la péninsule (Gómez-Pompa et al., 1987; Remmers et Koeijer, 1992; Sanabria, 1986), q'eqchi et yucatèques au Belize (Amiguet et al., 2005; Ford, 2008; Ford et al., 2012; Ford et Nigh, 2010) et itzas dans le Nord du Petén (Atran et al., 2004, 1993; Atran et Ucan Ek', 1999; Hellmuth, 1977; Reina, 1967). Les Mayas Itzas sont la dernière communauté native du Nord du Petén, établis principalement dans le village de San José sur la berge nord du lac Petén Itza. Atran (1993) a démontré leur lien culturel direct avec les habitants de la région à l'époque du Contact, mais leur origine demeure incertaine. Certains situent leurs ancêtres dans la région de la Laguna de los Terminos, dans l'actuel Tabasco (Nations, 2006, p. 178). Mais pour d'autres, leurs traits culturels associés au Yucatán postclassique attestent de leur origine nordique. Sur une stèle du site de Motul de San José au nord du lac Petén Itza, une inscription classique mentionne toutefois l'existence d'un dirigeant itza dans le secteur (Tokovinine et Zender, 2012). Les Itzas auraient ainsi migré vers le Nord du Yucatán aux IX-X^{e} siècles et seraient revenus ensuite dans le Petén. Dans les écosystèmes des Basses Terres centrales qui nous intéressent, ou du moins, proche de ceux-ci, les pratiques agroforestières des Itzas ont été particulièrement bien documentées. S'agissant, de plus, de la seule communauté native dans le Nord du Petén, on se basera principalement sur les travaux de S. Atran pour présenter ces pratiques de façon synthétique. On les confrontera notamment à celles décrites dans les communautés yucatèques de la moitié nord de la péninsule, dans laquelle la gestion des ressources ligneuses est mieux documentée que dans d'autres communautés.

1.2.1. Les espaces agroforestiers

Le cycle de la milpa et la favorisation des arbres utiles

Atran (1993, p. 634) définit l'agroforesterie traditionnelle des Itzas comme un « régime multi-habitat qui entretient indéfiniment la biodiversité de la forêt au bénéfice de ses gardiens ». Le cycle agro-sylvicole de la milpa est une combinaison entre *kol*, la milpa ou espace de polyculture (Figure 1.12), *päk'-al*, la jachère ou espace en régénération (dite aussi *acahual*, terme dérivé du nahualt), et *ka'ax*, la forêt ou espace non cultivé. Dans ces trois types d'espace qui alternent de façon rotative au fil des années, la culture de nombreux cultigènes (maïs, haricots, courges, coton, plantain, bananes, tomates, piments, tubercules, etc.) combinée à l'arboriculture d'espèces fruitières et à la régénération forestière, permet d'assurer la disponibilité durable d'une grande variété de ressources végétales et animales. La milpa est une parcelle souvent assez petite préparée par abattis-brûlis pouvant produire jusqu'à trois

récoltes par an. Elle est cultivée généralement durant deux années consécutives puis laissée en jachère, quatre à sept ans chez les Itzas, 15 ans au minimum dans certaines communautés yucatèques (Sanabria, 1986). C'est le cycle de la milpa qui détermine l'organisation familiale du travail, les périodes de vente et d'achat des produits agricoles, le calendrier des cérémonies religieuses et l'alimentation de l'unité familiale.

Lors du défrichement de la future milpa, certains arbres considérés comme les plus utiles sont épargnés. Les espèces protégées en priorité par les Itzas sont la *pimienta* (*Pimenta dioica*), le *sunsapote* (*Licania platypus*), le *chicozapote* (*Manilkara zapota*), le *cuajilote* (*Parmentiera edulis*), le *ramón* (*Brosimum alicastrum*), les arbres à résines comme le *copal* (*Protium copal*) et le *naba'* (*Myroxylon balsamum*), ainsi que le *yaxche* (*Ceiba pentandra*) qui revêt un caractère sacré. Le *ramón* est considéré par les Itzas comme une source de nourriture de substitution en cas de mauvaise récolte de maïs (Atran et al., 1993, p. 684). Mais son intérêt principal réside en ce qu'il attire les animaux sauvages qui se nourrissent de ses fruits et de ses feuilles, et qui peuvent ensuite être chassés pour l'alimentation humaine (Atran et al., 1993, p. 684; Roys, 1931, p. 272; Sanabria, 1986; Standley et Steyermark, 1946a, p. 14). Le feuillage du *ramón* est également récolté pour servir de fourrage aux animaux domestiques, en particulier lors de la saison sèche où les autres sources d'alimentation animale deviennent rares. D'après Puleston (1968, p. 86), le *ramón* a été un élément essentiel, bien qu'indirect, de l'industrie du *chicle* dans le Nord du Petén car il servait à nourrir les chevaux et les mulets. D'autres arbres sont entretenus pour la coupe sélective de bois d'œuvre. En dehors du cèdre espagnol et de l'acajou déjà mentionnés plus haut, c'est le cas de l'*amapola* (*Pseudobombax ellipticum*), du *guanacaste* (*Enterolobium cyclocarpum*) et du *santamaria* (*Calophyllum brasiliense*). Des bois denses sont également prisés et entretenus comme le *tinto* (*Haematoxylum campechianum*), le *chaltecoc* (*Caesalpinia velutina*), le *yaxnic* (*Vitex gaumeri*), le *manax* (*Pseudolmedia spp.*), le *guapinol* (*Hymenaea courbaril*), le *toxoc* (*Caesalpinia vesicaria*), le *madre cacao* (*Gliricidia sepium*), le *machiche* (*Lonchocarpus castilloi*), le *habín* (*Pisicidia piscipula*) et le *jobillo* (*Astronium graveolens*). Diverses espèces de palmier, comme le *cocoyol* (*Acrocomia aculeata*), le *corozo* (*Attalea cohune*), le *guano* (*Sabal spp.*) ou l'*escoba* (*Cryosophila stauracantha*), ont également de nombreuses utilisations : le cœur, les fruits, l'huile et les fleurs de plusieurs espèces sont comestibles, le stipe est employé comme poteau dans la construction, les feuilles servent à la confection des toitures et les fibres sont utilisées dans l'artisanat et la vannerie (McKillop, 1994). Par ailleurs, le maintien des légumineuses (Fabacées) telles que le *toxoc* ou le *madre cacao* à proximité des arbres fruitiers aide à fixer l'azote dans les sols et permet leur culture plus intensive dans les jardins forestiers. Une des pratiques de conservation de ressources végétales consiste à utiliser des ressources de substitution afin d'éviter le recours intensif à certaines espèces pour des usages simultanés et donc concurrents. Par exemple, le *madre cacao*, le *toxoc* et le *ramón* sont alternativement utilisés pour leur feuillage (fourrage animaux) et pour leur bois (Atran et al., 1993, p. 686). Dans la milpa en régénération, les agriculteurs itzas plantent également des arbres fruitiers ou ornementaux comme l'avocatier (*Persea americana*), le *nance* (*Byrsonima crassifolia*), le *capulín* (*Prunus capuli*), le *siricote* (*Cordia dodecandra*), les anones (*Annona reticulata, A. squamosa*), les agrumes (*Citrus spp.*), le *caimito* (*Chrysophylum mexicanum*), le goyavier (*Psidium guavaya*) et l'*achiote* (*Bixa orellana*). Ces zones en régénération sont particulièrement propices à la chasse puisque l'abondance des jeunes arbres, jeunes pousses et arbres fruitiers attirent les animaux

sauvages. Elles sont également mises à profit pour la collecte des matériaux de construction, des combustibles et du fourrage pour les animaux domestiques.

Figure 1.12 Milpa active à gauche et jachère récente à droite. Sud du village de Uaxactún (Petén, Guatemala).

Le rôle économique et écologique des zones boisées

Dans le système maya traditionnel, des espaces de forêt sont maintenus à proximité immédiate des milpas. Dans les communautés yucatèques des Basses Terres septentrionales, les *t'olche'* (Figure 1.13), littéralement des « bandes visibles d'arbres », ont un rôle économique et écologique fondamental. Il s'agit de ceintures forestières de 10 à 20 m de large enclavant les milpas, indiquant une frontière et ayant un statut protégé. Elles se caractérisent par une gestion globale de la végétation, et non individuelle (contrairement à la favorisation de certaines espèces particulières dans les jachères), dans l'optique de créer des zones multi-usages (Remmers et Koeijer, 1992, p. 156). L'utilité du *t'olche'* est multiple. Il a un rôle social en tant que marqueur des limites des milpas. Il sert de chemin ombragé. Il constitue la base pour l'aménagement des clôtures naturelles (*cerca viva*), nécessaires pour empêcher le bétail de s'aventurer à l'intérieur des cultures. Il agit comme coupe-feu entre les milpas, ce qui permet aux agriculteurs de procéder au brûlis indépendamment les uns des autres. Il participe au maintien d'une hygrométrie élevée de l'air ambiant en réduisant l'évapotranspiration des sols (ce rôle est attribué à l'ensemble de la forêt). Il prévient l'érosion due au vent et maintient les cendres du brûlis qui fertilisent la terre. Il protège les cultures des ouragans. Les *t'olche'* sont perçus comme des zones sauvages, c'est pourquoi ils ne font généralement l'objet d'aucune manipulation autre que l'entretien du chemin central.

Figure 1.13 Schéma du *t'olche'* en coupe. Modifié d'après Remmers et Koeijer, 1992.

D'un point de vue écologique, ces zones boisées sont un facteur primordial de la régénération de la jachère après les deux ou trois années de culture de la milpa. Dans un milieu ouvert, la végétation se régénère selon trois potentiels floristiques : à partir de la banque de graines latentes qui se trouve dans les sols (potentiel séminal édaphique), à partir des diaspores venant de l'extérieur (potentiel séminal advectif) et à partir des individus ayant survécu dans la milpa (arbres sur pied ou souches) ou du développement des espèces issues des zones boisées adjacentes (potentiel végétatif) (Puig, 2001, pp. 261–262). Ce dernier potentiel de régénération est très largement encouragé par la proximité des *t'olche'*. De plus, les *t'olche'* n'étant jamais défrichés, ils permettent le maintien d'espèces végétales à maturation lente, contrairement aux zones de jachère, dans lesquelles seules les espèces à croissance rapide se régénèrent. Par exemple, la croissance du *ramón* et du *chicozapote* est d'une cinquantaine d'années en moyenne pour atteindre la canopée, alors que l'acajou et le cèdre espagnol nécessitent plus de 50 ans de maturation pour atteindre un diamètre de 70 cm, minimum autorisé dans le Petén pour la coupe et l'usage de leur bois comme matériau de construction. Le réseau forestier formé par les *t'olche'* permet aussi la circulation des animaux en évitant leur enclavement. Ces espaces constituent donc de véritables niches écologiques pour de nombreuses espèces végétales et animales. C'est également dans ces espaces forestiers que l'on trouve de nombreuses espèces d'arbres, d'arbustes, de lianes, de tubercules et d'herbes non cultivés mais régulièrement collectés pour l'alimentation et la médecine traditionnelle.

Les solares : source de plantes alimentaires et médicinales

Les *solares* (*päk'al-jol-naj* en Itza), ou *huerta* (Figure 1.14), sont des jardins domestiques entretenus en général à proximité immédiate des habitations, dans lesquels la production végétale intensive est destinée à la consommation familiale. La préparation du *solar* se fait par abattis-brûlis. Les arbres utiles comme le *ramón* sont épargnés, une ceinture de végétation étant parfois maintenue à leur entour pour les protéger du feu. D'autres arbres sont ensuite plantés, particulièrement des fruitiers comme les anones, le *nance*, le *siricote*, le papayer (*Jacartia mexicana*), le bananier (*Musa sp.*), le goyavier, le *jocote*, le *ciruelo*, le *guaya* (*Melicoccus oliviformis*) et le tamarinier (*Tamarindus indica*), ainsi que des arbres ornementaux tels que le *cojón* (*Tabernaemontana donell-smithii*) et la *flor de mayo* (*Plumeria spp.*). C'est également dans les *solares* que sont cultivées les tubercules comme le taro (*Xanthosoma spp.*), la patate douce (*Ipomoea batatas*) et le manioc (*Manihot esculenta*), et d'autres plantes alimentaires et médicinales telles que l'aloe (*Aloe vera*), la moutarde (*Brassica campestris*), le *nopal* (*Nopalea sp.*), l'*apazote* (*Chenopodium ambrosioides*) et le *chipilín* (*Crotalaria longirostrata*).

1.2.2. Collecte et usages des bois

Combustible

Le bois est encore utilisé de nos jours par les Mayas comme principal combustible pour la cuisson des aliments, la préparation des tortillas, l'éclairage, la fabrication traditionnelle de la chaux (même si celle-ci est devenue marginale face à la production industrielle), ainsi que pour le chauffage dans les Hautes Terres. Chaque maison dispose d'un foyer situé soit dans la pièce principale, soit dans une cuisine séparée. Il est le centre des activités domestiques, constamment ravitaillé et presque jamais éteint durant la journée. C'est pourquoi on trouve toujours à proximité du foyer une réserve de bois prête à être utilisée. Le foyer maya est habituellement formé de trois grandes pierres d'environ 30 cm de diamètre disposées directement sur le sol en formant un triangle. Au Guatemala, il peut aussi se trouver en hauteur : il est alors aménagé sur un socle de gravats et de chaux, celui-ci reposant sur une table en bois dont les pieds sont encastrés dans le sol. Ce type de foyer surélevé, aujourd'hui répandu dans le Petén, est probablement une importation récente puisqu'en 1938, Wauchope ne mentionnait leur existence que dans les Hautes Terres, dans le département d'Izamal (Est du Guatemala) et dans le Tabasco (Wauchope, 1938, p. 117).

L'étude ethnographique de Sanabria (1986) dans la communauté de Xul (Yucatán) procure d'intéressantes informations sur les modes de collecte et de stockage du bois qui dépendent du cycle de la milpa. L'extraction du bois de feu se fait lors de l'abattage de la végétation dans la future milpa, puis de nouveau à la suite du brûlis après que le feu a séché le bois coupé. La parcelle brûlée constitue ainsi une véritable réserve de bois sec, sur pied ou à terre, pendant plusieurs semaines entre le brûlis et la mise en culture (Figure 1.15). Les combustibles sont également collectés dans les parcelles en régénération. Certaines parcelles très anciennes (20 à 100 ans) sont maintenues à proximité du village pour faciliter le transport du bois sec, dont elles sont les plus riches. Dans tous les cas, seules des parties de végétation déjà mortes sont collectées pour servir de combustible, qu'il s'agisse d'arbres morts sur pied ou de bois sec tombé à terre.

Figure 1.14 Différents cultigènes dans une huerta au sud du village de Uaxactún (Petén, Guatemala).

Figure 1.15 Bois mort à terre et sur pied dans un brûlis récent au nord du village de San José (Petén, Guatemala).

Certains bois considérés comme les meilleurs combustibles sont sélectionnés en priorité. Il s'agit surtout des bois les plus denses, tels que ceux des Fabacées, des Polygonacées, des Rubiacées et des Myrtacées. Mais curieusement, on trouve aussi, parmi les combustibles préférés dans cette communauté, des bois extrêmement légers comme ceux des Malvacées. Tous les bois de feu sont collectés secs, à l'exception des *katsim* (*Acacia gaumeri*, *Mimosa bahamensis*) et du *chimay* (*Acacia pennatula*) qui sèchent très rapidement et peuvent donc être collectés verts. Pour la production du charbon, bien que peu fréquente, est surtout utilisé le bois du *dzidzilche* (*Gymnopodium floribundum*), mais également ceux du *palo gusano* (*Lonchocarpus guatemalensis*), du *sak-katsim* (*Mimosa bahamensis*), du *habín* (*Piscidia piscipula*), du goyavier (*Psidium sartorianum*), du *boochi che'* (*Coccoloba barbadensis*) et de plusieurs espèces de *Caesalpinia*. Certaines essences sont peu appréciées pour la combustion (pour des raisons parfois obscures), comme le *chakah* (*Bursera simarouba*), le *chuun* (*Cochlospermum vitifolium*) et le *guaje* (*Leucaena leucocephala*). D'autres sont complètement interdites de coupe, comme le *ramón*, l'acajou, le cèdre espagnol et le *guanacaste*, en raison de l'intérêt qu'elles représentent pour d'autres usages.

Parmi les espèces employées comme combustible par les Itzas d'après Atran et ses collègues (2004; 1999), on compte de nombreuses espèces de Fabacées, de Moracées et de Sapindacées. Certains combustibles sont spécialisés pour certains types de feu. Par exemple, les bois du *pasaak* (*Simarouba amara*), du *ix-jub'u'* (*Clusia lundellii*) et du *jesmo* (*Acacia angustissima*, *A. dolicostachya*) sont utilisés pour la fabrication de la chaux, les bois du *nance agrio* (*Byrsonima bucidifolia*) et du *pixoy* (*Guazuma ulmifolia*) servent à la production du charbon, le pin *ocote* (*Pinus caribaea*) et le *sak-katsim* (*Mimosa bahamensis*) sont brûlés sous forme de torche, enfin, le bois léger du *guarumo* (*Cecropia peltata*, *C. obtusifolia*) s'utilise traditionnellement pour la cuisson de la céramique.

L'usage du bois de pin (*Pinus* spp.) comme combustible est également très répandu dans l'ensemble de la zone maya, en Amérique centrale et au Mexique (Aguirre de Riojas et Pöll, 2007, p. 23; Standley et Steyermark, 1958, pp. 41–42). Récolté essentiellement dans les pinèdes des Hautes Terres, il est ensuite distribué sur les marchés des Basses Terres sous forme de fines baguettes de bois appelées *ocotes*. Sa forte teneur en résine en fait un combustible privilégié pour les départs de feu. Le pin est une essence de la plus haute importance économique au Guatemala, pour son bois utilisé comme combustible et comme matériau de construction dans les Hautes Terres et au Belize, mais également pour sa résine utilisée pour la fabrication des encens. Les encens mayas, composantes indispensables des rituels traditionnels, sont élaborés à partir des résines de trois essences principales, *Pinus spp.*, *Protium copal* et *Bursera spp.* (Standley et Steyermark, 1958, p. 41, 1946b, pp. 434–441; Tobias, 2011, p. 107), l'emploi de telle ou telle espèce variant d'une région à l'autre en fonction de la végétation locale. Par exemple, on utilise les résines de *Protium copal* et *Bursera simaruba* (*chakah*) dans les Basses Terres du Guatemala, ainsi que celle de *Myroxylon balsamum* (*naba*) chez les Itzas (Atran et al., 2004 Table 2.2). En revanche, dans les Hautes Terres guatémaltèques et mexicaines, principales régions de l'artisanat des encens traditionnels, la première espèce exploitée pour sa résine est *Bursera bipinnata* (localement appelée *copal pom* ou *copal santo*) (Montúfar López, 2007; Standley et Steyermark, 1946b, pp. 435–437).

S'agissant de la production de la chaux, les techniques traditionnelles ont été décrites dans différentes communautés des Basses Terres et parfois reproduites expérimentalement (e.g. Hansen, 2000; Russell et Dahlin, 2007; Schreiner, 2002). Le processus commun consiste à empiler des bûches de différents calibres de façon à former une large pile de bois appelée *calera*, de forme et de dimensions variables. Dans la communauté yucatèque de Telchaquillo, situé à proximité du site de Mayapán dans le Yucatán, Russel et Dahlin (2007) mentionnent, par exemple, des *calera*s quadrangulaires de 4 x 4 x 1,5 m. Les pierres calcaires (ou d'autres matériaux calcaires comme des coquilles ou des coraux) sont ensuite entassées sur ce bûcher à l'air libre, dont la combustion peut parfois durer deux à trois jours.

La combustion lente des pierres calcaires nécessite des combustibles pouvant résister à de hautes températures et se consumer lentement. Pour cette raison, on utilise essentiellement du bois vert, en particulier celui d'essences à résine, comme le bois de pin (*Pinus spp.*) dans le Chiapas et le *chakah* (*Bursera simaruba*) et le *chucum* (*Havardia albicans*) dans les Basses Terres (Russell et Dahlin, 2007, pp. 410–411). Des résines végétales sont même parfois ajoutées à la chaux de façon à obtenir des mortiers plus durs (Straulino Mainou et al., 2016, p. 21). Le bois vert du *chakah* est souvent privilégié car il brûle facilement et ne laisse que de la cendre, ce qui réduit le risque de contamination de la chaux par les charbons résiduels. Au contraire, l'ajout de cendres à la chaux améliore ses propriétés. Par ailleurs, le *chakah* est une essence à croissance rapide, ce qui représente un avantage pour cette industrie qui nécessite de grandes quantités de bois. D'autres ont également reporté l'emploi d'un mélange de bois vert et de bois sec, comme dans la Mixteca (Pike, 1980, cité par Wernecke, 2008, p. 204), ou encore le recours à d'autres types de combustible, notamment le fumier (Russell et Dahlin, 2007). Dans le Yucatán, en dehors du *chakah* brûlé vert, les bois très denses du *habín* (*Piscidia piscipula*), du *chucum* (*Havardia albicans*), du *tsalam* (*Lysiloma latisiliquum*), du *katsin* (*Acacia gaumeri*) et du *dzidzilche* (*Gymnopodium floribundum*) sont utilisés (Russell et Dahlin, 2007). La chaux produite à partir de coquille d'escargots est essentiellement destinée à la cuisson du maïs. Pour cette production spécifique, on utilise principalement le bois sec du *ramón* (*Brosimum alicastrum*) et du *chechen negro* (*Metopium brownei*). Le bois est collecté dans des parcelles de forêts suffisamment anciennes (de l'ordre de 25-30 ans) pour procurer des bois de calibre suffisant (Russell et Dahlin, 2007, p. 412). La combustion des pierres calcaires se fait à proximité immédiate des sources de matière première, près des forêts ou dans les jachères, afin d'éviter le transport du bois sur de trop longues distances.

Sélection des combustibles

D'après Sanabria (1986), les principaux critères d'évaluation des combustibles chez les Yucatèques sont l'inflammabilité et la durabilité de la combustion. On peut donc logiquement s'attendre à ce que les bois les plus denses, qui se consument plus lentement, soient sélectionnés en priorité comme combustibles (et en effet, la grande majorité des combustibles préférés chez les Itzas et les Yucatèques sont des bois denses). Mais il existe manifestement des exceptions qui montrent que la présence d'un caractère physique ne suffit pas à catégoriser un bois de façon invariable (Metzger et Williams, 1966, p. 398). Par exemple, les Mayas de la communauté de Xul n'utilisent jamais le bois du *guaje* (*Leucaena leucocephala*) comme combustible, alors que ce bois dense de Fabacées présente *a priori* des caractéristiques physiques appropriées à la combustion lente et qu'il est, d'ailleurs, considéré comme un bon combustible commun par les Itzas. À l'inverse, les bois très tendres des Malvacées

comme l'*algodón de monte* (*Ceiba aesculifolia*) ou le *pixoy* (*Guazuma ulmifolia*) qui, *a priori*, se consument rapidement, appartiennent à la catégorie des bons combustibles communs, tant chez les Itzas que chez les Yucatèques. Autre curiosité, le fait que les bois des Moracées tels que les ficus (*Ficus spp.*) ou le *ramón* soient considérés comme de bons combustibles communs par les Itzas (Atran et al. 2004) alors que ces bois, qui se dégradent extrêmement vite, en particulier en saison des pluies, sont généralement impropres à une combustion durable (Chayax Huex, com. pers.). Dans le même ordre d'idée, si les Mayas Lacandon du Chiapas hiérarchisent les bois de feu selon la présence ou l'absence de certaines caractéristiques physiques de combustion telles que la densité initiale, la durabilité de la combustion, la rapidité de séchage et le pouvoir calorifique (Metzger et Williams, 1966, p. 397), le fait de ne pas utiliser certains bois se justifie, en revanche, par des constructions mentales relatives aux conséquences de leur usage : si l'on brûle tel bois, tel malheur arrivera (« nos propres os seront brûlés », « nous n'aurons pas d'enfant », « nos enfants seront atteints d'épilepsie », etc.) (Metzger et Williams, 1966, p. 398). Comme le note Théry-Parisot (2001, p. 15), la sélection ou l'exclusion des bois ne dépend donc pas toujours de paramètres objectifs de combustion. Par ailleurs, Metzger et Williams (1966) démontrent que chez les Lacandon, l'évaluation des combustibles peut aussi dépendre des préférences personnelles, même au sein d'une même communauté. Ainsi l'ensemble des informateurs Lacandon mentionnent le chêne (*Quercus spp.*) comme premier combustible, mais l'ordre de préférence dans les combustibles secondaires varie d'une personne à l'autre. Le statut du bois de pin *ocote* est le plus variable en ce qu'il peut être considéré comme un bon ou un mauvais combustible selon les informateurs et suivant que l'on considère le bois de feu (*si'*) ou le bois d'allumage (*stilib'*). Cette ambivalence du statut du pin se retrouve ailleurs dans la zone maya, puisque, bien que l'utilisation de l'*ocote* soit généralisée pour les démarrages des feux chez les Mayas comme chez les Ladinos (population métissée), le pin est pourtant considéré comme un mauvais combustible commun, utilisé uniquement en cas de pénurie de meilleur bois (Standley et Steyermark, 1958, p. 41).

Ressources ligneuses pour la construction

Les maisons mayas traditionnelles sont construites à partir de divers matériaux d'origine minérale (pierre calcaire, terre et chaux) et végétale (bois, feuilles de palmier, paille, écorces et lianes) (Wauchope, 1938). Dans le Yucatán, le Campeche et le Quintana Roo, les bois utilisés pour la construction sont principalement les bois des Fabacées. Chez les Itzas, les légumineuses (Fabacées) sont également très employées, mais les bois les plus utilisés en construction pour leur caractère polyvalent sont l'acajou (*Swietenia macrophylla*), le cèdre espagnol (*Cedrela odorata*), le *guanacaste* (*Enterolobium cyclocarpum*), le *yaxnic* (*Vitex gaumeri*), le *naranjillo* (*Zanthoxylum caribeum*) et les bois des Lauracées comme l'*aguacatillo* (*Licaria campechiana*), le *laurelillo* (*Licaria peckii*), le *laurel* (*Nectandra coriacea*) et le *sakalante* (*Nectandra globosa*) (Atran et al. 2004).

Les poteaux et la charpente en bois constituent la structure initiale de la maison, qui peut être construite à même le sol ou bien reposer sur une plateforme faite de pierres et de terre. Leur fonction porteuse implique que les bois les plus denses et les plus durables sont employés pour cet usage, notamment ceux dont le duramen est le plus développé comme le *chucum* (*Havardia albicans*) et le *chaltecoc* (*Caesalpinia violacea*). Chez les Itzas, les bois des Moracées qui ne résistent pas à l'humidité sont soigneusement évités pour la fabrication des poteaux, à l'exception du *mora* (*Maclura tinctoria*)

dont le duramen est généralement bien développé (Atran et al., 2004). La toiture est ensuite construite à partir de bois plus fins, plus légers et plus flexibles, comme le bois de l'*elemuy* (*Mosannona depressa*), de plantes grimpantes comme le *zutup* (*Ipomoea alba*) ou de mangrove dans les zones côtières. Cette toiture est ensuite recouverte de paille ou de feuilles de palmier. Les couvertures en feuilles de *cocoyol* (*Acrocomia aculeata*) et de *guano* (*Sabal spp.*) sont les plus courantes dans le Campeche, le Yucatán, le Quintana Roo et le Petén. Les murs en bois surmontent généralement une base en pierre. Ils peuvent être réalisés selon la technique du clayonnage vertical ou horizontal et enduit de torchis, ou bien être constitués de piquets formant une palissade. En principe, n'importe quel bois dont le fil est suffisamment droit peut être utilisé pour la fabrication des murs et cloisons, le *madre cacao* et le *jabali* (*Caesalpinia gaumeri*) étant tout de même préférés dans le Yucatán. Dans le Petén, on utilise souvent les stipes du palmier *escoba* (*Cryosophila stauracantha*). Les différents éléments architecturaux en bois sont attachés entre eux avec des lianes ou de fines lanières d'écorce qui servent de cordage. Dans le Petén, les arbres avec lesquels on fabrique les cordages sont appelés de façon générique les *majaguas* et sont presque tous de la famille des Malvacées (*Hampea tomentosa*, *H. trilobata*, *Mortoniodendron guatemalense*, *Trichospermum mexicanum*), à l'exception de la Fabacée *Dalbergia glabra*. L'intérieur de la maison est ensuite aménagé avec de légères cloisons de bois et le mobilier ainsi que divers accessoires et objets en bois et en vannerie. D'autres structures aménagées dans le *solar* nécessitent également du bois pour leur construction, telles que les clôtures, le four, la grange ou les sanctuaires familiaux.

Rares sont les informations disponibles sur les modes de collecte des bois de construction. Il a été mentionné précédemment que les espèces les plus appréciées pour la construction comme l'acajou, le cèdre espagnol et le *guanacaste* sont particulièrement protégées dans les différents espaces agro-sylvicoles, jusqu'à ce qu'elles atteignent une maturité suffisante pour être coupées et utilisées. Sanabria (1986) indique que ces bois de construction sont extraits durant le défrichage de la future milpa, puis stockés dans les *solares* pour être utilisés postérieurement. Par ailleurs, aussi bien Wauchope (1938, p.140) qu'Atran et al. (1993, p. 679) mentionnent le fait que les Mayas coupent le bois destiné à la construction lors de la pleine lune, car le bois coupé hors de cette période est de mauvaise qualité, plus fragile et moins résistant aux insectes.

Autres usages traditionnels des bois

Chez les Itzas, la sélection des bois d'œuvre dépend de leurs propriétés physiques. Certains bois denses et durables sont polyvalents et s'utilisent dans l'ébénisterie, l'artisanat, l'outillage ou la fabrication des canoës, comme le *guanacaste*, le cèdre espagnol, l'acajou, le *canxan* (*Terminalia amazonia*), le *maculíz* (*Tabebuia rosea*) et les *zapotes* (*Pouteria amygdalina*, *Sideroxylon salicifolium*). Les bois légers des Malvacées (*Bernoullia flammea*, *Mortoniodendron guatemalense*, *Pseudobombax ellipticum*) et du *chakah* (*Bursera simarouba*) s'utilisent dans la fabrication du mobilier, des canoës et les constructions légères. Le *chaltecoc* et le *palo marimba* (*Platymiscium yucatanum*) s'emploient pour la confection des marimbas. Pour l'outillage, sont utilisés les bois extrêmement denses des *quiebrahachas* (*Wimmeria concolor*, *Krugiodendron ferreum*), du *chicozapote* et de la *manzanita* (*Malpighia glabra*), ainsi que le bois du *chechem negro* (*Metopium brownei*) et le bois de racine du *jobillo* (*Astronium graveolens*). Certains bois dont le duramen est particulièrement coloré sont réservés

à l'artisanat comme le *jobillo* et le *siricote* (*Cordia dodecandra*). Quant au bois odorant du cèdre espagnol, il est typiquement utilisé dans l'artisanat religieux. Certains bois sont également exploités pour l'extraction de pigments qui servent ensuite dans la fabrication des colorants. C'est le cas du *mora* (*Maclura tinctoria*), du *sacna-ché* (*Colubrina elliptica*), du *saltemuche* (*Simira salvadorensis*) et du *tinto* (*Haematoxylum campechianum*), dont on extrait l'hématoxyline. Le bois de *tinto* fut d'ailleurs intensivement exploité dans le Campeche et le Quintana Roo au XIX^{e} et au début du XX^{e} siècle, puisqu'il était exporté vers l'Europe pour l'industrie textile (Aguirre de Riojas et Pöll, 2007).

1.3. Contexte historique régional

1.3.1. Brève histoire des dynamiques socio-environnementales dans les Basses Terres centrales

L'histoire précolombienne de l'aire maya (Figure 1), intégrée au cadre chrono-culturel général de la Mésoamérique, se divise en cinq grandes périodes à partir du début de l'Holocène (Tableau 1) : le Paléo-Indien, la période archaïque, le Préclassique, le Classique et le Postclassique, elles-mêmes subdivisées en plusieurs phases.

L'Archaïque (7000-2000 av. J.-C.)

Ce fut d'abord au cours du Paléo-Indien (11000-7000 av. J.-C.), correspondant à la transition entre la fin du Pléistocène glaciaire et les débuts de l'Holocène, qu'eut lieu l'expansion initiale des populations de chasseurs-cueilleurs en Mésoamérique. Au début de la période archaïque, ou pré-céramique (7000-2000 av. J.-C.), le climat plus chaud et humide entraîne le développement de forêts tropicales comparables aux forêts actuelles. C'est au cours de cette période que des communautés passent progressivement de chasseurs-cueilleurs nomades à un mode de vie semi-sédentaire sur la côte pacifique et dans les Hautes Terres du Chiapas et du Guatemala. Dans les Basses Terres mayas, l'Archaïque est principalement identifié dans la partie nord du Belize, où l'occupation humaine semble avoir été essentiellement semi-nomade, localisée à proximité des zones humides et en grande partie dépendante des ressources aquatiques (MacNeish, 1986; MacNeish et Nelken-Terner, 1983). Cette période correspond au développement de l'industrie lithique et au début de la domestication végétale via l'horticulture (Lohse, 2010). La domestication du maïs depuis le teosinte (*Zea mays* subsp. *parviglumis*), sa forme sauvage, se produit dans l'Occident du Mexique (Guerrero) aux alentours de 6700 av. J.-C. (Ranere et al., 2009). Dans les Basses Terres mayas, les premiers pollens de *Zea sp.* apparaissent vers 3400 av. J.-C. dans le Nord du Belize (Pohl et al., 1996) puis vers 2600 av. J.-C. dans le Nord du Petén (Wahl et al., 2014, 2006), coïncidant avec les premières évidences de recul de la forêt tropicale. Dans les sites pré-céramiques du Nord du Belize, des restes d'amidon de maïs ainsi que d'autres plantes domestiquées comme le manioc, le piment, les courges (Cucurbitacées) et les légumineuses (Fabacées) ont été identifiées sur des outils lithiques, manifestant un développement de l'horticulture antérieur à l'apparition de la céramique et des établissements permanents au Préclassique Ancien (2000-1100 av. J.-C.) (Rosenswig et al., 2014).

Le Préclassique (2000 av. J.-C.-150 apr. J.-C.)

Le Préclassique ancien (2000-1100 av. J.-C.) est considéré comme le début de la civilisation maya. Durant cette période de transition, les communautés agraires se sédentarisent à proximité des zones humides ou le long des cours d'eau et s'étendent rapidement à l'ensemble des Basses Terres. Elles deviennent plus complexes, développant une architecture et une culture matérielle qui indiquent une diversification des activités et des statuts sociaux à la fin de la période (Sharer et Traxler, 2006). Pour cette période reculée, les évidences d'établissements permanents et les vestiges céramiques n'ont été identifiés que dans les Hautes Terres et sur la côte pacifique. Mais plusieurs carottes sédimentaires provenant des Basses Terres centrales montrent que l'agriculture se développe et s'intensifie dès le

Préclassique ancien, indiquant que des communautés y sont déjà bien établies. Le recul du couvert forestier et l'érosion des sols s'accélèrent. Néanmoins, le faible taux de micro-charbons dans ces niveaux montre que la technique du brûlis était encore probablement marginale dans la région, suggérant l'existence de pratiques agraires intensives (Anderson et Wahl, 2016; Pohl et al., 1996; Wahl et al., 2013).

Ces premières communautés agraires constituent les bases des centres urbains qui se développent au Préclassique moyen (1100-400 av. J.-C.) dans la région de Mirador et le Nord du Belize. Les plus anciennes céramiques sont datées de 1100-850 av. J.-C. et semblent marquer les débuts d'une hiérarchisation de la société (Estrada-Belli, 2011, p. 37). L'apparition d'une architecture à caractère civique et des pratiques funéraires plus élaborées manifeste l'émergence des sociétés mayas complexes, dès 900 av. J.-C. à Cuello (Hammond, 1991). Ce phénomène culmine avec la formation des premières cités étatiques qui connaissent leur apogée aux alentours de 600 av. J.-C.-100 apr. J.-C. (Estrada-Belli, 2011; Hansen et al., 2002). Au cours de cette période, une architecture monumentale civique et cérémonielle se développe, accompagnée de monuments dédicatoires (stèles et autels sculptés), traduisant une organisation centralisée du travail et l'émergence de la royauté. L'expansion culturelle et économique se manifeste à travers l'élaboration d'un système d'écriture hiéroglyphique et le développement de réseaux d'échanges à longue distance (Sharer et Traxler, 2006). Après l'expansion précoce de Nakbe au Préclassique moyen, le Préclassique récent (400 av. J.-C.-150 apr. J.-C.) est marqué par l'hégémonie politique d'El Mirador sur les cités de la région éponyme telles que Wakna, Tintal et Xulnal. Leur essor démographique a probablement été permis par une agriculture intensive, sous forme de terrasses agricoles en marge des zones humides et de champs cultivés sur les zones hautes via l'apport de sédiments lacustres (Anderson et Wahl, 2016; Hansen et al., 2002; Wahl et al., 2014).

La fin du Préclassique (150-250 apr. J.-C.) correspond à une première période de déclin politique et démographique dans les Basses Terres mayas. La plupart des centres majeurs de la région de Mirador et du Nord du Belize sont abandonnés, alors que les cités de la région des Trois Rivières, comme Río Azul, Río Bravo et Booth's River, perdent 70 % de leur population. L'hypothèse d'une cause environnementale expliquant ce déclin fait suite à de nombreuses évidences de transformation des paysages à cette période (Aimers et Iannone, 2014). Dès le Préclassique moyen, l'érosion des sols et les dépôts d'argile dans les zones humides sont vraisemblablement la conséquence de l'augmentation de la déforestation sur les zones hautes. Mais ce phénomène s'accélère au Préclassique récent (Beach et al., 2006; Wahl et al., 2013). Des études montrent que des lacs permanents peu profonds autour de plusieurs sites, notamment Yaxhá, la Milpa, El Mirador et Nakbe, se remplissent de ces argiles mayas et deviennent les marais saisonniers actuels (Beach et al., 2009; Dunning et al., 2002). La diminution des ressources en eau a ainsi entraîné une dépendance vis-à-vis des pluies annuelles, rendant les cités vulnérables lors de la saison sèche. En se fondant sur des données ethnographiques (Schreiner, 2002), Hansen et al. (2002) ont proposé que l'augmentation de la déforestation dans la région de Mirador à cette période devait être la conséquence d'une production massive de chaux. Indispensable à la fabrication du mortier utilisé dans l'architecture, la production de la chaux aurait, en effet, nécessité une grande quantité de combustible (Schreiner, 2002). Mais une récente étude du signal incendie menée dans deux zones humides proches d'El Mirador a toutefois démontré que le pic d'activité architecturale de la cité à la fin du Préclassique n'était pas corrélé à des

événements de feu intense dans la région (Anderson et Wahl, 2016). Les auteurs ont ainsi suggéré que les techniques de production de la chaux à cette période devaient être moins consommatrices de bois que les méthodes actuelles.

Au-delà de cette possible surexploitation environnementale, d'autres chercheurs ont mis en avant l'importance du facteur climatique dans le déclin socio-politique de la période (Gill, 2000; Gill et al., 2007). Plusieurs épisodes intenses de sécheresse se produisent entre 150 et 250 apr. J.-C. dans la Péninsule du Yucatán (e.g. Hodell, 2001; Medina-Elizalde et al., 2016; Torrescano-Valle et Islebe, 2015). Ces variations climatiques auraient exacerbé le déficit hydrique des cités mayas, en particulier dans les grands centres urbains moins résilients face aux changements environnementaux (Aimers et Iannone, 2014). Toutefois, ces perturbations environnementales n'ont clairement pas eu le même impact dans l'ensemble des Basses Terres puisque de nombreuses cités comme Tikal ou Uaxactún entrent dans une phase de développement précisément à partir de la fin du Préclassique.

Le Classique ancien et récent (250-800 apr. J.-C.)

Après le déclin politique des grands centres du Préclassique, plusieurs états indépendants émergent ou prennent leur essor au Classique ancien (250-600 apr. J.-C.). Chacun est dominé par une famille royale avec à sa tête un roi, le *k'uhul ajaw*. Le roi est investi d'une autorité sacrée et d'un pouvoir politique, économique et religieux qui s'appuie sur une administration plus ou moins complexe et hiérarchisée. Les nouvelles élites dirigeantes assoient leur autorité via le contrôle de l'eau, entre autres (Scarborough, 1998). Les réservoirs et autres aménagements hydrauliques deviennent dès lors des éléments essentiels du paysage urbain dans les Basses Terres. Les deux super-puissances rivales de la période classique, Tikal et Calakmul, prospèrent aussi grâce au contrôle de réseaux d'échange à longue distance. Tikal entretient des liens avec Teotihuacan, qui se consolident à partir de l'intronisation d'un nouveau roi issu de Teotihuacan en 378 apr. J.-C. Ce changement de régime politique contribue à renforcer l'importance économique et politique de Tikal au niveau régional, qui étend son hégémonie sur d'autres cités des Basses Terres telles que Río Azul, Uaxactún, Naachtun et Copán. Calakmul, dominé par la dynastie Kan, s'allie à Caracol et Naranjo pour finalement triompher de Tikal à la fin du VI^{e} siècle. Il s'ensuit une période d'instabilité socio-politique qui aurait impacté plusieurs cités des Basses Terres, notamment Uaxactún, Naachtun, Xultun, Río Azul, Altar de Sacrificios et Piedras Negras. Mais Calakmul échoue à affermir son hégémonie politique au niveau régional. La fin du VII^{e} siècle est marquée par la résurgence de Tikal et par la défaite de Calakmul et de ses alliés. Cette phase d'instabilité au cours du Classique récent (600-800 apr. J.-C.) contribue à la fragmentation politique qui caractérise le VIII^{e} siècle. Celle-ci se manifeste par la prolifération de nouveaux titres de noblesse et l'apparition de nouveaux glyphes-Emblèmes sur des sites mineurs, traduisant une décentralisation du pouvoir politique (Sharer et Traxler, 2006). Les cités sont alors à leur apogée démographique et la compétition pour les terres et les ressources se renforce. La pression anthropique sur le milieu est à son maximum, comme l'indiquent les taux très élevés de sédimentation et le faible taux de pollens arborés, combinés à un signal incendie important dans plusieurs zones humides des Basses Terres centrales (Mueller et al., 2009; Rushton et al., 2012; Wahl et al., 2013).

Le Classique terminal (800-900/1000 apr. J.-C.) et le Postclassique ancien (900/1000-1200 apr. J.-C.)

Le Classique terminal (800-900/1000 apr. J.-C.) correspond à une période majeure de crise politique et de déclin démographique suivis d'une importante réorganisation sociale dans l'ensemble des Basses Terres. La fin des cités étatiques de la période classique se manifeste par la disparition des marqueurs de la royauté. Les constructions monumentales, les monuments dédicatoires sculptés, les tombes royales et les aménagements hydrauliques de grande ampleur cessent, et la production et la distribution des biens de prestiges chutent (Sharer et Traxler, 2006). Ce phénomène se produit dès le VIII^{e} siècle et de façon violente dans le Petexbatún, où Dos Pilas et Aguateca sont détruites suite à des conflits armés (Demarest, 2013; Demarest et al., 1997). D'autres centres urbains sont ensuite rapidement abandonnés et la population se disperse dans des zones périphériques plus distantes. Mais des groupes de populations qui disposent probablement de terres agraires et ont accès à des sources d'eau se maintiennent dans plusieurs cités au Postclassique ancien (900/1000-1200 apr. J.-C.), notamment à Tikal, El Zotz, Caracol ou encore dans des communautés agraires telles que Minanha (Aimers et Iannone, 2014; Beach et al., 2015b; Lamoureux-St-Hilaire et al., 2015). Des études paléoenvironnementales montrent, en effet, que les activités humaines persistent dans le Nord du Petén au cours du Postclassique (Brenner et al., 1990; Wahl et al., 2016). L'essentiel des populations migre cependant vers les zones côtières et le Nord de la péninsule, entraînant l'expansion des cités des Basses Terres septentrionales au IX^{e} siècle. Dans la région Puuc, Uxmal atteint son apogée entre 800 et 900 apr. J.-C., avant d'être elle-même abandonnée au début du X^{e} siècle. Dans la région Nord-est, Chichén Itzá est florissante jusqu'au XII^{e} siècle (Braswell, 2012, p. 19), alors que Lamanai, dans le Nord du Belize, est occupée jusqu'à l'arrivée des Espagnols (Pendergast, 1986).

Ce phénomène régional, qui s'étend sur près de trois siècles, est vraisemblablement la conséquence d'une combinaison de facteurs sociétaux et environnementaux (Aimers et Iannone, 2014; Demarest et al., 2004) : instabilité politique, facteur de pression économique et environnementale supplémentaire, pression démographique maximale, dégradation environnementale d'origine anthropique et notamment la déforestation qui entraîne l'érosion des sols, changements dans les réseaux économiques avec, peut-être, l'émergence d'une classe marchande, abandon de l'idéologie selon laquelle la royauté est responsable de la prospérité et de la fertilité du territoire. À l'instar du déclin de la fin du Préclassique, cette situation socio-politique, économique et environnementale déjà critique a pu être aggravée par d'importantes perturbations climatiques. En effet, plusieurs études ont mis en évidence des épisodes de sécheresse sans précédent à la fin du Classique et au début du Postclassique (e.g. Douglas et al., 2015; Hodell, 2001; Kennett et al., 2012; Medina-Elizalde et al., 2016). Mais la variabilité spatio-temporelle qui existe dans le déclin ou au contraire la continuité de l'occupation des cités, de même que l'incohérence entre les enregistrements paléoclimatiques et certaines données archéologiques (Douglas et al., 2016; Fleury et al., 2015), mettent aussi en lumière l'importance du facteur humain dans la compréhension de ce phénomène complexe. Les réponses sociétales aux perturbations environnementales dépendent très clairement de la résilience de chaque état, elle-même conditionnée par un ensemble de facteurs démographiques, socio-culturels, économiques et politiques (Aimers et Iannone, 2014; Aimers, 2007; Fedick, 2010; Turner et Sabloff, 2012).

1.3.2. Occupation du territoire et subsistance

Malgré une certaine variabilité, les cités mayas présentent une organisation spatiale assez récurrente. Les habitats sont semi-dispersés sur des territoires parfois très étendus autour du centre politique de la cité. Ce centre est constitué de plusieurs groupes monumentaux à caractère civico-cérémoniel et de complexes résidentiels qui concentrent essentiellement les élites urbaines. Un réseau de chaussées monumentales appelées *sacbeob* relie ces groupes entre eux et avec le cœur de la cité, ainsi que les cités entres elles au niveau régional. Le groupe d'habitat constitue l'unité résidentielle de base. Il se compose de plusieurs structures rectangulaires maçonnées ou en matériaux périssables, réparties autour d'une cour centrale et reposant sur des plate-formes plus ou moins surélevées. D'après Scarborough et Burnside (2010), ce mode d'occupation dispersé de l'espace correspond à une stratégie d'adaptation qui répond à la diversité environnementale et écologique des milieux tropicaux. Mais selon d'autres auteurs, il renvoie avant tout à la fonction fondamentalement agraire des centres urbains mayas (Barthel et Isendahl, 2013; Drennan, 1988). Les paysages mayas préhispaniques ont ainsi été décrits comme un « urbanisme agraire de faible densité » (*low-density agrarian-based urbanism*) (Arnauld et Michelet, 2004; Fletcher, 2009).

La subsistance des anciens Mayas était en effet largement fondée sur l'agriculture. La production agraire, incluant des cultures annuelles (maïs, haricots, courges, etc.), la culture des tubercules et l'arboriculture (Lentz, 1999; Lentz et al., 2015; McKillop, 1994), était complétée par la chasse et la collecte de ressources aquatiques. On sait également que les Mayas élevaient et consommaient le chien (*Canis lupus familiaris*), ainsi que le dindon (*Meleagris sp.*) au Postclassique, même si ces pratiques étaient manifestement occasionnelles (Götz et al., 2016; White et al., 2004). L'absence de bêtes de trait impliquait que tous les échanges se faisaient à dos d'homme. Des denrées alimentaires comme le cacao, le sel et les ressources marines étaient distribuées via le réseau de chaussées qui connectaient les cités entre elles, mais également via la navigation côtière et fluviale (McKillop, 2005).

Les chercheurs ont longtemps pensé que l'agriculture maya préhispanique reposait majoritairement sur la technique extensive d'abattis-brûlis pour la culture des milpas, comme c'est le cas aujourd'hui. Employée principalement par les agriculteurs ladinos, cette technique nécessite de grands espaces, et donc d'autant plus de forêt défrichée et de sols érodés, pour une production relativement limitée. Le « paradoxe écologique » de la civilisation maya (Gómez-Pompa, 1987a) venait donc du fait qu'elle se soit épanouie dans un milieu tropical fragile et particulièrement sensible à la déforestation, en se fondant sur une stratégie agraire extensive et peu durable qui ne pouvait pas subvenir aux besoins d'une population dense. Ce modèle a été remis en question. En tout premier lieu, les travaux d'A. Ford et de R. Nigh chez les Q'eqchi et les Lacandon (Ford, 2008; Ford et al., 2012; Ford et Nigh, 2015, 2010, 2009; Nations et Nigh, 1980; Nigh, 2008), ainsi que ceux de S. Atran chez les Itzas (Atran et al., 2004, 1993) ont largement démontré le caractère pérenne et hautement productif des systèmes agroforestiers traditionnels mayas, contredisant ainsi l'image d'une agriculture traditionnelle extensive et dévastatrice. Ensuite, des études paléoenvironnementales, en particulier l'étude du signal incendie, ont montré que l'agriculture extensive sur brûlis n'a probablement pas été aussi répandue dans les Basses Terres centrales que ce que l'on imaginait, pas plus qu'elle n'a été continue au cours de l'occupation préhispanique. Alors que Wahl et ses collègues (2013) montrent une forte augmentation du signal incendie dans la région d'Holmul à partir de la période classique, l'étude

d'Anderson et Wahl (2016) dans la région d'El Mirador indique que, malgré d'importants marqueurs d'activités anthropiques, les incendies y sont restés très limités durant toute l'occupation préhispanique. On sait par ailleurs que les Mayas recouraient à un ensemble d'autres stratégies agraires et sylvicoles intensives et complémentaires. Fedick (1996) a ainsi parlé de « *managed mosaic* » pour qualifier la diversité, la complexité et la performance de ces systèmes d'exploitation. Les terrasses agricoles (Chase et al., 2011; Lemonnier et Vannière, 2013; Turner, 1983), les champs surélevés dans les zones humides (Beach et al., 2009; Bloom et al., 1983; Pohl, 1990), les jardins domestiques (Hansen et al., 2002) et l'arboriculture (Lentz, 1999; McKillop, 1994) sont autant de stratégies d'exploitation adaptées aux conditions environnementales régionales et micro-régionales. D'après Barthel et Isendahl (2013), l'agriculture intensive dans les jardins urbains est un système hautement productif, qui devait être géré au niveau de l'unité domestique et destiné à l'approvisionnement des élites ainsi que des diverses classes sociales de la cité se consacrant à d'autres activités que l'agriculture. Des aménagements hydrauliques de grande ampleur – canaux de drainage et d'irrigation – permettaient également d'améliorer la productivité agraire (Luzzadder-Beach et al., 2012). Malgré ces manipulations intensives des paysages, d'importants espaces de forêt ont vraisemblablement persisté tout au long de l'occupation préhispanique. Lentz et al. (2015) ont notamment estimé que 40% du territoire contrôlé par Tikal était encore couvert de forêt au Classique récent. L'impact durable de ces stratégies d'exploitation sur les paysages de la Péninsule du Yucatán et probablement aussi sur les conditions climatiques régionales, a conduit Beach et ses collègues (2015a) à qualifier la période préhispanique de « mayacène », désignant un microcosme spécifique des débuts de l'anthropocène actuelle.

1.3.3. Naachtun

Présentation du site

Le site de Naachtun est situé à l'extrême nord du Petén au Guatemala, au cœur du plateau de Zoh-Laguna (Figure 1.16). Hormis des activités illégales d'extraction de bois au cours du siècle dernier dues à sa proximité avec la frontière mexicaine, cette région protégée du Nord du Petén n'a vraisemblablement plus connu d'activité humaine depuis l'abandon des cités à la fin du Classique ou au début du Postclassique. Centre urbain de la période classique, le site fut redécouvert en 1922 par Sylvanus Morley, puis exploré lors de plusieurs expéditions conduites par Lundell (1933), Morley (1937) puis Ruppert et Denison (1943) sous l'égide de l'Institution Carnegie de Washington. Ces missions de reconnaissance permirent l'élaboration de la première carte du centre monumental de la cité ainsi que l'enregistrement de 56 monuments sculptés, attestant de son importance politique à la période classique.

À la suite d'un premier projet de fouilles lancé en 2004 par l'université de Calgary (Rangel et Reese-Taylor, 2005, 2013), des recherches ont été entreprises à partir de 2010 par l'université de Paris 1, dans le cadre du projet franco-guatémaltèque Petén-Norte Naachtun (2010-2018, UMR 8096 CNRS, dirigé par P. Nondédéo et L. Garrido) (Michelet et al., 2013; Nondédéo et al., 2012, 2014a, 2014b, 2016c, 2016d; Nondédéo et Michelet, 2011). Les objectifs du projet sont multiples et organisés selon plusieurs axes de recherche complémentaires :

- comprendre l'organisation générale du site et retracer son histoire socio-politique locale et régionale, en particulier les mécanismes de sa fondation et de son développement au Classique ancien en lien avec l'établissement d'une dynastie royale locale, cela à travers des opérations de prospections, de sondages systématiques et de fouilles intensives, complétées par l'étude épigraphique et iconographique des stèles sculptées ;

- les fondements économiques et culturels de la prospérité de la cité au Classique récent et terminal grâce à des fouilles intensives dans les complexes résidentiels d'élite ;

- l'idéologie sociale et les pratiques funéraires locales via l'étude systématique des sépultures ;

- les dynamiques socio-environnementales dans la cité et ses environs en lien avec les changements climatiques, à travers un programme de recherche paléo- et archéo-environnemental pluridisciplinaire initié en 2013 (Castanet et al., 2015; Castanet et Purdue, 2013; Nondédéo et al., 2016a). Les questions de recherche portent sur l'impact des variations climatiques et des activités anthropiques sur les ressources hydriques et pédologiques locales au cours des trois derniers millénaires. D'une part, une étude paléolimnologique multi-proxy (sédimentation, phytolithes, malacofaune, marqueurs géochimiques et signal incendie) menée dans les marais entourant le site, associée à des prospections géomorphologiques pédestres, vise à reconstituer les variations climatiques et environnementales locales, de façon à restituer l'évolution de la disponibilité des ressources et de l'état de la végétation sur le site (Castanet et al., 2016; Testé et Garnier, 2016). D'autre part, l'étude des aménagements hydrauliques et des systèmes agraires sur le site et en marge de celui-ci, confrontée aux dynamiques de l'occupation, cherche à mettre en lumière les stratégies d'adaptation humaines mises en place pour répondre à ces changements environnementaux (Hiquet et al., 2016; Lemonnier, 2016; Purdue et al., 2016; Purdue et Goudiaby, 2016). Ces travaux s'appuient notamment sur une étude des écosystèmes végétaux actuels du site, dont l'objectif principal est de constituer un référentiel des signatures phytolithiques et malacologiques permettant d'identifier les différentes formations végétales représentées dans les enregistrements paléoécologiques (Testé et Garnier, 2016).

Aujourd'hui recouvert par une forêt sub-pérenne d'environ 20 m de hauteur à la canopée (Figure 1.17) dominée par une association de type *ramonal* (Testé et Garnier, 2016, p. 401), le site s'étend sur environ 2,5 km² (Figure 1.18) et abritait à son apogée, à la fin du Classique récent, une population sans doute de l'ordre de 6000 personnes (Hiquet, com. pers.). Le centre civico-cérémoniel est établi sur deux élévations karstiques séparées par un canal de drainage. Il est bordé au nord par un vaste marais saisonnier qui communique avec l'immense *bajo* El Laberinto, rejoignant Calakmul dans le Sud du Campeche (Gunn et al., 2002). Dans cette dépression, les zones périphériques inondées temporairement durant la saison des pluies sont recouvertes d'une forêt basse et épineuse dominée par le *tinto* (*Haematoxylum campechianum*), alors que la zone centrale correspond à *cival*, plan d'eau quasi permanent dominé par les Cyperacées et les graminées (Poacées) (Figure 1.17).

L'épicentre couvre 33 ha et se compose de trois groupes C, A et B disposés respectivement selon un axe ouest-est. Comme on le sait aujourd'hui, ces groupes monumentaux ont tenu, l'un après l'autre, des fonctions politiques, religieuses et résidentielles au cours de la période classique, depuis la fondation du site au début du Classique ancien (150-350 apr. J.-C.) jusqu'à son abandon à la fin du

Classique terminal (950/1000 apr. J.-C.). À l'ouest, au sud et au nord-est de l'épicentre s'étend une zone périphérique plus strictement résidentielle couvrant environ 150 ha, limitée au sud par un second marais saisonnier. Dans cette zone d'habitat dispersé, 634 structures formant 119 unités de taille et de composition variées ont été identifiées, ainsi que plusieurs carrières, canaux de drainage aménagés et petits réservoirs (Hiquet et al., 2016; Lemonnier et al., 2014; Purdue et al., 2016). Plus de la moitié de l'espace consiste néanmoins en des zones vides dans lesquelles aucune structure visible n'a été identifiée, et les derniers travaux paléoenvironnementaux tendent à confirmer l'hypothèse selon laquelle certains de ces espaces pourraient avoir été dédiés à une forme d'agriculture intensive (Purdue, 2014, p. 581).

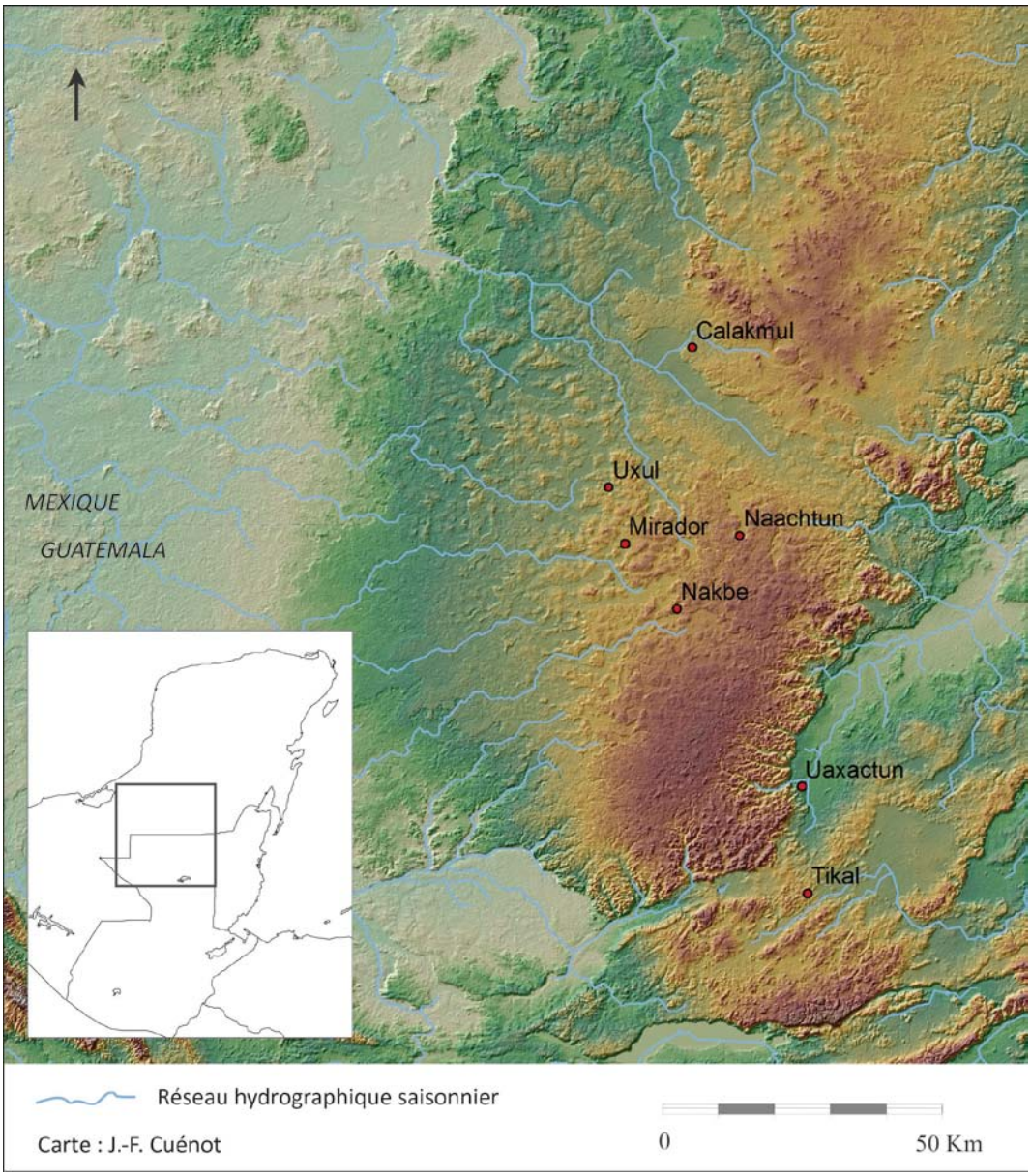


Figure 1.16 Localisation de Naachtun dans les Basses Terres centrales.

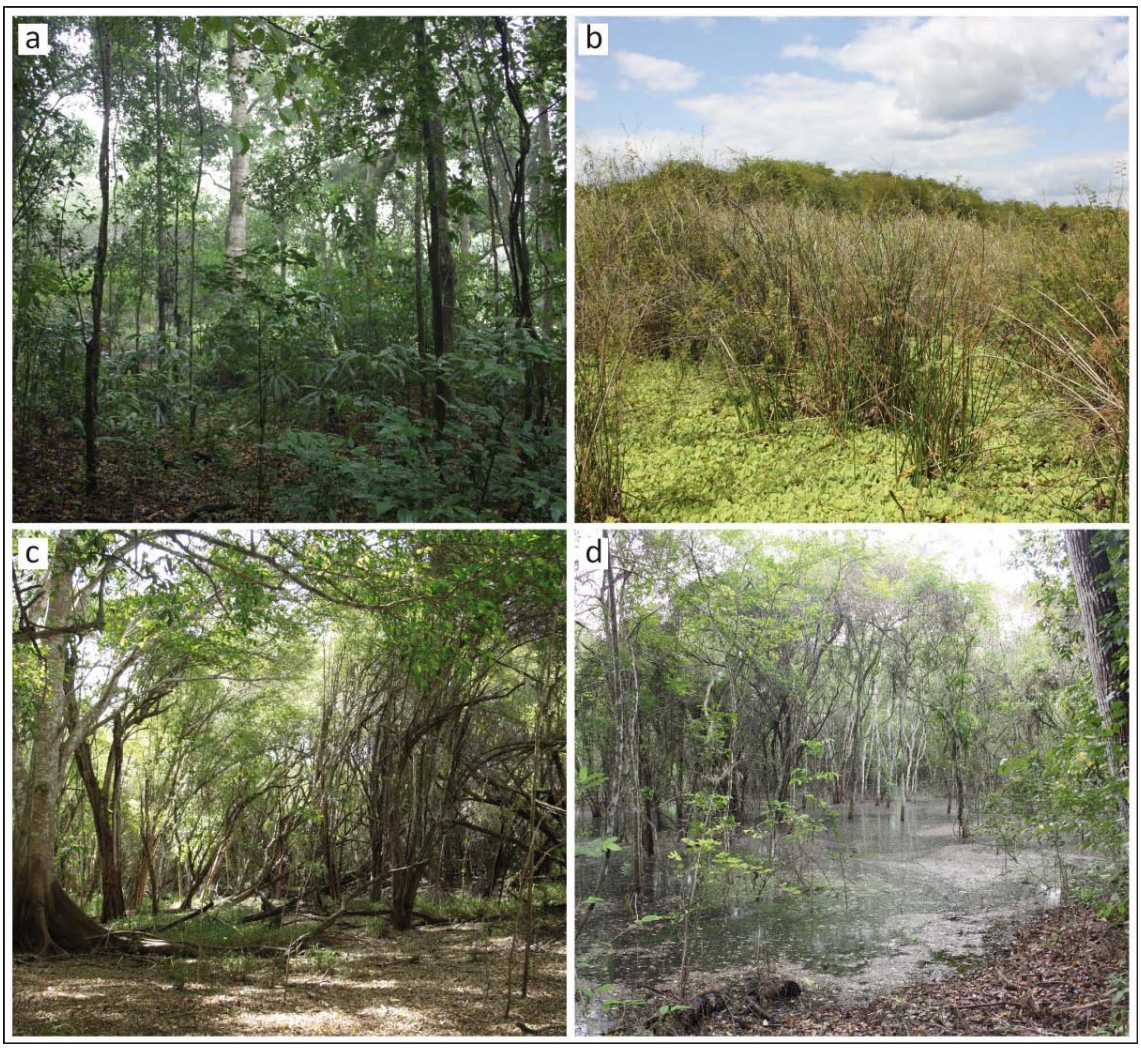


Figure 1.17 Végétation actuelle sur le site de Naachtun et ses alentours. a) sous-bois sur les zones hautes, b) végétation herbacée aquatique dans le *cival* du marais nord, c) forêt de *tinto* en bordure méridionale du marais nord lors de la saison sèche, d) marais nord inondé après la saison des pluies.

Histoire de la cité

La séquence d'occupation de Naachtun se divise en sept phases d'occupation (Tableau 1.4), établies à partir de l'analyse de la céramique et de datations au radiocarbone (Tableau 1.5). Cette séquence couvre au moins huit siècles depuis la fin du Préclassique (150-250 apr. J.-C.) jusqu'au Classique terminal (800-900/1000 apr. J.-C.) (Patiño, 2015). Au regard de l'histoire socio-politique des Basses Terres centrales, Naachtun présente deux particularités (Nondédéo et al., 2013). Situé à l'extrême nord-est de la région de Mirador, la cité prend son essor à la toute fin du Préclassique, au moment où la majorité des sites de la région sont abandonnés. Ce développement en décalé par rapport à la région de Mirador a conduit les chercheurs à envisager que l'émergence de Naachtun et l'accroissement de sa population purent s'appuyer, au moins en partie, sur des mouvements migratoires venant des cités préclassiques en crise. Ensuite, alors que nombre de cités de la période classique sont abandonnées peu après l'effondrement des royautés à la fin du Classique récent, une partie de la population de Naachtun se maintient et prospère durant le Classique terminal (Sion, 2016). Ces phénomènes font de Naachtun

un cas d'étude particulièrement intéressant pour appréhender la résilience économique, sociale et démographique des sociétés mayas anciennes dans les Basses Terres centrales.

Tableau 1.4. Séquence chronologique de Naachtun d'après Patiño (2015)

Phases chronologiques		Période
Muuch	830 – 950/1000	Classique terminal
Maax 3	750 – 830	Classique récent
Maax 1-2	600 – 750	
Balam 3	500/550 – 600	Classique ancien
Balam 2	350 – 500/550	
Balam 1	150 – 350	
Kuts'	? – 150 apr. J.-C.	Préclassique récent

Fondation de Naachtun au début du Classique ancien (150-350 apr. J.-C.)

Plusieurs épisodes d'érosion des sols, vraisemblablement liés à une exploitation agraire des marges du marais nord sous forme de terrasses, se produisent durant la période préclassique, les plus anciens remontant aux environs de 1450-1300 av. J.-C. (Castanet et al., 2016; Nondédéo et al., 2016a). Les premières traces d'occupation du site ne sont toutefois attestées qu'à partir du Préclassique récent. Des tessons de céramique préclassiques du complexe Kuts' (indéterminé-150 apr. J.-C.) indiquant une tradition commune entre Naachtun et El Mirador (Nondédéo et al., 2016b), ont été retrouvés dans plusieurs remblais des zones résidentielles sud et nord-est (Hiquet et al., 2016). Au cours de cette phase pré-urbaine, la subsistance dépendait probablement d'une agriculture extensive de type abattis-brûlis et d'une agriculture intensive dans les terrasses en marge des marais (Castanet et al., 2016; Hiquet et al., 2016; Purdue et al., 2016).

Les premières structures n'apparaissent qu'à partir de la phase Balam I (150-350 apr. J.-C.), à la transition entre la fin du Préclassique et le début du Classique ancien. Elles consistent essentiellement en des plate-formes basses surmontées de structures en matériaux périssables. C'est lors de cette phase initiale d'occupation que Naachtun semble émerger en tant que cité mineure, avec la construction de la première plate-forme monumentale sous l'actuel Groupe C (Hiquet et al., 2016; Nondédéo et al., 2016e). En parallèle, les pratiques agraires s'intensifient sur les zones hautes, à l'emplacement des futurs Groupes A et B. La mise en place de sols agraires artificiels constitués d'importants dépôts de terres noires organiques et irrigués grâce à des réservoirs (Purdue et al., 2016) rappelle les stratégies agraires intensives mises en évidence à El Mirador (Hansen et al., 2002), renforçant l'idée d'une continuité culturelle entre les deux cités. Cette phase est marquée par des taux de sédimentation très importants dans le marais nord (Castanet et al., 2016).

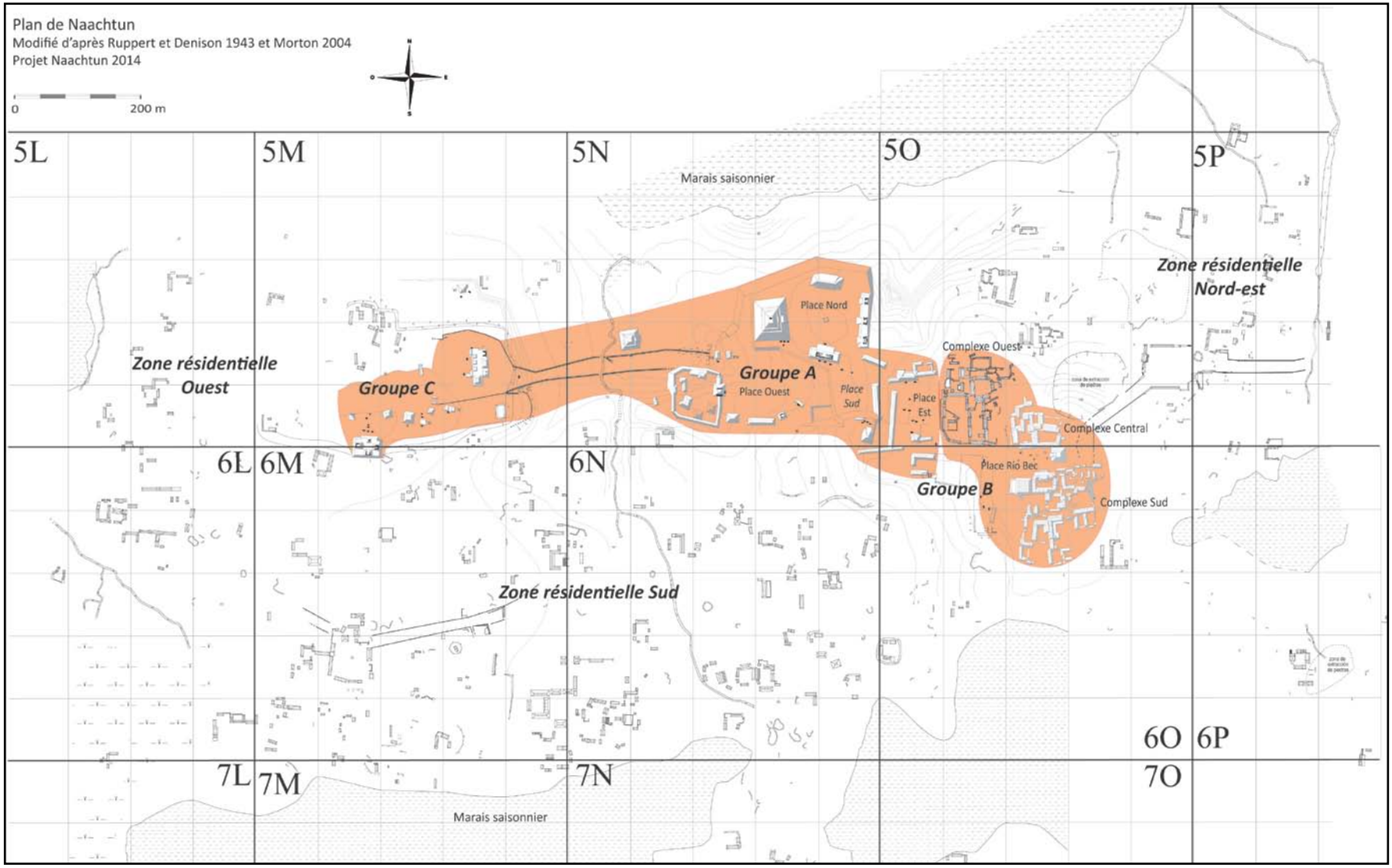


Figure 1.18 Plan de Naachtun et localisation de l'épicentre (zone orangée).

Essor architectural et premier apogée démographique (350-500/550 apr. J.-C.)

La phase Balam II (350-500/550 apr. J.-C.) correspond à l'essor de l'architecture monumentale et au premier apogée démographique de la cité, très certainement en lien avec l'installation d'une dynastie royale à Naachtun (Hiquet et al., 2016; Nondédéo et al., 2016e). Dès la fin du IV^{e} siècle, la cité entre dans une phase de planification architecturale avec la construction des édifices des Groupes C et A reliés par une chaussée monumentale, correspondant au premier centre politique et religieux. Dans la partie sud du Groupe C, un complexe Triadique (structure I) à fonction probablement symbolique et cérémonielle est édifié vraisemblablement en une seule étape au début de la phase Balam II (Nondédéo et al., 2016b). Celui-ci est constitué d'un temple-pyramide ouvrant au nord et flanqué de deux autres ouvrant à l'est et à l'ouest sur la même cour au sommet d'un soubassement monumental. Sont également édifiées à ce moment les premières plate-formes de l'acropole (structure V), édifice à vocation funéraire destiné à l'élite dirigeante (Nondédéo et al., 2016b), ainsi qu'un ensemble de structures pyramidales réparties autour d'une vaste place centrale.

L'épigraphie indique, en effet, qu'à partir d'au moins 361, date de la plus ancienne stèle mentionnant le glyphe-Emblème de la cité, Naachtun est le siège du royaume de *Murciélago*, ou royaume de la Chauve-souris (Cases et Lacadena, 2015), une entité politique mentionnée par ailleurs dans plusieurs cités des Basses Terres telles que Calakmul, Uxul et Oxpemul. On sait aujourd'hui que le royaume de *Murciélago* a joué un rôle essentiel dans la conquête de Tikal par Teotihuacan en 378 (Nondédéo et al., 2016e). Cette alliance avec la nouvelle dynastie de Tikal venant de Teotihuacan a certainement contribué à l'essor politique et économique de Naachtun au Classique ancien. Naachtun s'intègre alors à des réseaux d'échanges à longue distance, en particulier avec la sphère de Tikal et de ses alliés, mais également avec les hauts plateaux centraux mexicains (Patiño, 2016a).

L'émergence de Naachtun en tant que puissance politique des Basses Terres centrales au milieu du Classique ancien explique probablement l'expansion rapide du cœur monumental de la cité vers l'est au cours de la phase Balam II. Recouvrant les anciennes zones agraires, des édifices à caractère civique et cérémoniel sont construits autour de trois places centrales, les places Ouest, Nord et Sud du Groupe A. Parmi eux, on trouve un complexe à enceinte abritant des structures palatiales, un terrain de jeu de balle, ainsi qu'un groupe de type E. Ce dernier est constitué d'une pyramide de 33 m de hauteur – la plus grande structure du site – faisant face à une plate-forme allongée supportant trois superstructures. Ce type de groupe, que l'on suppose servir à la célébration des cycles agraires, fut initialement décrit à Uaxactun mais correspond probablement à une invention de la région de Mirador (Sharer et Traxler, 2006, p. 320).

L'expansion architecturale du Classique ancien ne se limite pas à la sphère politique. Les différentes zones résidentielles à l'ouest, au sud et au nord-est prennent aussi leur essor avec la construction des premières structures maçonnées. Au moins 47% des structures résidentielles ayant été sondées sont occupées au cours de cette phase Balam II, manifestant un accroissement considérable de la population par rapport à la phase précédente (Nondédéo et al., 2016f). Les espaces cultivés sont probablement délocalisés vers les zones résidentielles périphériques où se développent à cette période des aménagements hydrauliques. Durant cette période, les stratégies de subsistance semblent combiner diverses techniques : agriculture sur brûlis suggérée par la présence de matières organiques brûlées sur des horizons cultivés, et agriculture intensive sur des terrasses agricoles en marges du marais nord

ainsi que sur des sols artificiels via l'apport de terres noires (Castanet et al., 2016, 2015; Purdue et al., 2016). À partir de cette phase et jusqu'à la fin de l'occupation, les taux de sédimentation diminuent dans le marais nord, ce qui est interprété comme étant en partie la conséquence d'une gestion des risques érosifs par la population de Naachtun (Castanet et al., 2016).

Les liens étroits entre Naachtun et Tikal, qui persisteront jusqu'à la fin de l'occupation du site, sont probablement en partie à l'origine des bouleversements socio-politiques que connaît la cité au cours de son histoire. La phase Balam III (500/550-600 apr. J.-C.) semble correspondre, à Naachtun, à un ralentissement des activités architecturales, voire à une diminution de la population (Hiquet et al., 2016; Patiño, 2016a). En effet, le nombre d'unités résidentielles présentant une occupation lors de cette phase est moindre comparé à la phase précédente et aux phases suivantes du Classique récent. Cette phase étant encore mal définie dans la séquence céramique du site, il est possible que cette relative pauvreté des contextes, en l'état actuel des connaissances, soit en fait due à un biais de lecture. Néanmoins, Hiquet et ses collègues (2016) ont proposé que ce phénomène puisse être dû à un changement dans l'organisation de l'habitat, avec une tendance à la concentration de la population autour de certaines unités résidentielles plus étendues, qui montrent par ailleurs un fort dynamisme économique lors de cette phase. Cette situation apparemment confuse pourrait être liée au contexte géopolitique de cette période, caractérisé par la disparition de Teotihuacan, l'essor de la dynastie Kan dans la région vers 560 et la perte d'influence de Tikal, ce qui a probablement eu d'importantes répercussions sur ses cités alliées. Dans ce contexte, la construction d'un autre ensemble cérémoniel monumental au sud-est du Groupe A pourrait manifester une tentative de relocalisation du pouvoir (Nondédéo et al., 2016f).

Rupture dynastique au début du Classique récent (600-750 apr. J.-C.)

Au début du Classique récent, un nouveau déplacement du pouvoir politique s'opère avec l'édification de la Place Est du Groupe A, bordée au nord par un ensemble palatial et au sud par une structure pyramidale. Celui-ci marque une rupture avec le pouvoir antérieur. Lors de la phase Maax I (600-640 apr. J.-C.), un nouveau pouvoir politique est fondé à Naachtun comme l'atteste l'épigraphie, et ce pouvoir semble tomber sous la domination de Calakmul à partir de la phase Maax II (640-750 apr. J.-C.). Associé à ce nouveau centre politique, le Complexe Ouest du Groupe B, édifié au début du Classique récent, comprend des résidences palatiales qui ont probablement abrité la famille royale et les classes sociales d'élite durant cette période de domination de Calakmul (Nondédéo et al., 2016f). Dans ce secteur, les fouilles se sont concentrées sur le Patio 6, situé au centre du complexe (Cotom-Nimatuj, 2016; Perla, 2016, 2014a). Elles y ont mis en évidence une occupation principale durant la phase Maax II, qui se prolonge néanmoins jusqu'en phase Maax III (750-830 apr. J.-C.). Plusieurs indices semblent indiquer que l'intégration à la sphère d'influence de la dynastie Kan fut limitée et probablement mal acceptée par l'élite locale. Des destructions volontaires postérieures de monuments liés à Calakmul ont été mises en évidence, et par ailleurs, les seuls éléments de culture matérielle indiquant un lien avec Calakmul consistent en de rares fragments de céramique de style codex issus du Patio 6 (Nondédéo et al., 2016f).

Restauration politique et second apogée démographique (750-830 apr. J.-C.)

Cette période de rupture dynastique ne dure pas. Naachtun s'émancipe de Calakmul vers 730 et rétablit ses liens politiques et économiques avec Tikal. Cette nouvelle phase se traduit par la construction des édifices civico-cérémoniels de la Place Río Bec (Groupe B), ainsi que par la consécration de nouveaux monuments sculptés mentionnant le glyphe-Emblème de *Murciélago*. La Place Río Bec, nouveau siège du pouvoir politique, est bordée au nord et au sud par des complexes résidentiels d'élite, le Complexe Central et le Complexe Sud du Groupe B, le premier ayant probablement abrité la nouvelle élite royale durant cette phase de restauration dynastique (Nondédéo et al., 2016f). Cette Place Río Bec semble rester en activité au début de la phase Maax III (750-830 apr. J.-C.), comme l'attestent les stèles sculptées datées de 730-750 (Nondédéo et al., 2016f). Cette ultime résurgence dynastique marque en réalité la fin de la royauté à Naachtun et le passage progressif vers un autre système socio-politique. La désintégration du pouvoir royal s'opère vraisemblablement à partir de 761, date de la dernière stèle mentionnant le glyphe-Emblème de Murciélago, érigée sur la Place Est.

La seconde moitié du Classique récent correspond pourtant à l'apogée démographique de Naachtun, qui s'accompagne de nombreux réaménagements et constructions dans l'ensemble des zones résidentielles. Dans le Complexe Sud du Groupe B, les patios résidentiels se développent vers le sud en phase Maax III, autour du Patio 28 fondé à la toute fin de la phase Maax II (Sion, 2016). Dans les zones périphériques, toutes les structures sondées présentent une occupation au Classique récent, parmi lesquelles 60% ont une occupation attestée durant la phase Maax III (Hiquet et al., 2016). Il est possible que cet accroissement de la population s'amorce dès les phases précédentes, en phases Maax I et Maax II (600-750), mais la difficulté à discriminer les différentes faciès au sein du complexe céramique Maax ne permet pas, pour l'instant, d'approfondir la question démographique à cette période (Hiquet et al., 2016; Patiño, 2016b). Toutefois, les fouilles extensives menées dans plusieurs unités pourraient attester d'un dynamisme architectural au moins dès la phase Maax II. Il a déjà été mentionné que le Complexe Ouest avait été édifié et principalement occupé lors de cette phase. De même, la fouille extensive de l'unité 5N6, située dans la zone résidentielle sud, a montré un intense développement architectural en phase Maax II, alors que la construction de la première structure dans cette unité remonte au Classique ancien (Arredondo et al., 2014; Goudiaby et al., 2016). Malgré ce développement, de nombreux espaces restent vacants dans les zones résidentielles périphériques et en bordure des marais. On suppose qu'ils furent dédiés à une forme d'agriculture intensive, ce que tendent à confirmer les sondages pédologiques qui y ont été effectués (Lemonnier, 2016; Purdue et Goudiaby, 2016).

Réorganisation socio-économique et abandon au Classique terminal (830-950/1000)

L'essor architectural et démographique de Naachtun ralentit rapidement après cette dernière phase d'apogée et, au début du Classique terminal vers 830, une grande partie des structures résidentielles est abandonnée, comme l'attestent les nombreux dépôts d'abandon datant de cette période. Les édifices de la Place Est ainsi que le Complexe Ouest semblent définitivement abandonnés, alors que la construction des édifices civiques de la Place Río Bec s'interrompt. L'occupation reste cependant importante dans la plupart des zones résidentielles périphériques (48% des unités sondées présentent une occupation au Classique terminal), en particulier dans la zone nord-est, reliée au Groupe B par une

chaussée monumentale (Hiquet et al., 2016; Nondédéo et al., 2016f). Le Complexe Sud se développe et connaît son occupation maximale au cours de la phase Muuch (830-950/1000 apr. J.-C.), ouvrant dès lors une nouvelle période de prospérité dans une société profondément transformée.

Au Classique terminal, après la disparition de la royauté, le pouvoir semble, en effet, revenir aux mains d'une nouvelle élite dirigeante centrée sur le Patio 28 du Complexe Sud. Celle-ci rompt avec les anciens codes de la royauté, tout en jouissant d'une prospérité manifeste (Sion, 2016). De nombreux réaménagements architecturaux ainsi que la restriction progressive des accès aux patios indiquent une forte concentration de la population dans ce complexe résidentiel, doublée d'un possible accroissement du sentiment d'insécurité. Le succès de ce nouvel ordre socio-politique durant au moins un siècle a certainement été impulsé par une forte intégration dans les réseaux d'échanges interrégionaux, comme le montrent l'abondance et la diversité des biens de prestige et des matières premières retrouvés dans ces patios (Nondédéo et al., 2016f; Sion, 2016).

Le dynamisme économique et la prospérité des derniers habitants de Naachtun s'estompe ensuite à partir de 900-950. De nombreux dépôts d'abandon sur les sols des structures et dans les décombres de structures abandonnées antérieurement traduisent une désertion progressive des dernières zones occupées de la cité (Nondédéo et al., 2016f; Sion, 2016). Certains dépôts sont particulièrement tardifs, comme celui de la structure palatiale 5O-5 de la Place Est, daté par le radiocarbone des XI^{e}-XII^{e} siècles. Une datation au radiocarbone très tardive (1453-1539 apr. J.-C., âge calibré à 2 σ) a également été obtenue dans un niveau cultivé sur une terrasse agricole en bordure sud-est du marais nord (Purdue et al., 2016). Ces données suggèrent une occupation probablement résiduelle mais non moins persistante dans la région jusqu'au Postclassique.

*

Dans les Basses Terres mayas, certaines problématiques socio-environnementales semblent intemporelles. La concurrence entre l'expansion des cultures et la préservation des boisements, de même que l'érosion des sols et la gestion de l'eau, en particulier lors de périodes de sécheresses prolongées, ont, de tout temps, constitué des enjeux primordiaux dans la subsistance des sociétés mayas. La diversité des systèmes agro-sylvicoles anciens et contemporains, la variabilité environnementale régionale dans les Basses Terres et le dynamisme écologique qui caractérise les forêts tropicales, sont autant d'éléments qu'il est nécessaire de prendre en compte dans l'étude de l'économie des ressources ligneuses et, plus généralement, des interactions à long terme entre les sociétés mayas et les forêts.

Tableau 1.5 Liste des datations au radiocarbone des contextes archéologiques de Naachtun.

Groupe/Phase	N° Echant.	US. Provenance	Matériel	Âge radiocarbone BP	Intervalles calibrés 2σ
Groupe B, Post-classique ancien					
/	UBA-24869	N11-584. Dépôt exposé sur sol, str. 5O-5, Place Est	Charbon	860 ± 27	AD 1051-1082 (7,9%) AD 1129-1132 (0.6%) AD 1151-1254 (91,5%)
/	Poz-89390	N11-584. Dépôt exposé sur sol, str. 5O-5, Place Est	Charbon	910 ± 30	AD 1033-1090 (94%) AD 1198-1204 (1,4%)
Muuch	Poz-89391	N11-549. Dépôt exposé sur sol, str. 6O-5, Place Río Bec	Charbon	985 ± 30	AD 990-1056 (51,3%) AD 1077-1154 (44,1%)
Groupe B, Classique terminal					
Muuch	UBA-24874	N13-2244. Niveau cendreux sur sol, pièce b (possible cuisine), str. 5O-131, Patio 22, Complexe Central	Charbon	1141 ± 27	AD 777-792 (5,2%) AD 856-979 (84,8%) AD 802-845 (10%)
Muuch	UBA-24871	N11-1377. Dépotoir sur sol, str. 6O-9, Patio 28, Complexe Sud	Charbon - ramille	1143 ± 38	AD 776-794 (7,7%) AD 797-980 (92,3%)
Muuch	UBA-24873	N13-2408. Dépôt exposé, dans les décombres, str. 6O-16, Patio 32, Complexe Sud	Charbon	1169 ± 29	AD 772-902 (84,9%) AD 919-963 (15,1%)
Groupe B, Classique récent					
Maax II	UBA-24867	N11-105. Remblai de construction, str. 6O-18, Patio 29, Complexe Sud	Graine carbonisée	1257 ± 25	AD 672-777 (93,8%) AD 840-861 (2,9%) AD 813- 825 (1,3%) AD 791-804 (2%)
Maax II	UBA-24870	N11-1336. Remblai de construction, str. 6O-7, Patio 28, Complexe Sud	Charbon - ramille	1295 ± 25	AD 664-727 (65,8%) AD 737-768 (34,2%)
Zone Sud, Classique récent					
Maax III	Lyon-12476	N14-2759. Niveau cendreux dans la sépulture 43, str. 5N-6, Groupe 5N6	Tige carbonisée (Poaceae)	1265 ± 30	AD 666-779 (89,1%) AD 840-863 (2,8%) AD 812-826 (1,5%) AD 791-805 (1,9%)

Groupe/Phase	N° Echant.	US. Provenance	Matériel	Âge radiocarbone BP	Intervalles calibrés 2σ
Maax	UBA-24868	N11-131. Remblai de construction, str. 5N-9, Groupe 5N6	Charbon - ramille	1290 ± 28	AD 665-732 (64,6%) AD 735-769 (35,4%)
Maax II-III	Lyon-12475	N14-2783. Niveau cendreux dans la sépulture 41, str. 5N-6, Groupe 5N6	Charbon - ramille	1340 ± 30	AD 645-715 (84,1%) AD 744-765 (11,3%)
Maax II	Lyon-12476	N14-2776. Niveau cendreux dans la sépulture 45, str. 5N-6, Groupe 5N6	Charbon - ramille	1325 ± 30	AD 650-722 (75,4%) AD 740-768 (20%)
Zone Sud, Classique ancien					
Balam III	Poz-84605	N15-4596. Niveau d'occupation antérieur à la construction du premier sol, str. 6M-100, Groupe 6M100	Charbon	1550 ± 30	AD 423-574 (95,4%)
Balam III	Poz-84606	N14-3795. Sédiment dans la sépulture 48, str. 6L-21, Groupe 6L13	Charbon	1555 ± 30	AD 421-570 (95,4%)
Balam III	Lyon-12474	N14-2765. Niveau d'incendie sur sol, str. 5N-6 sub, Groupe 5N6	Charbon - ramille	1615 ± 30	AD 387-538 (95,4%)
Balam II	Poz-84602	N14-3799. Dépôt scellé, str. 6L-21, Groupe 6L13	Charbon	1685 ± 30	AD 257-297 (13,4%) AD 320-419 (82%)
Balam II	Poz-84604	N14-3757. Concentration de matériel sur sol scellé par un remblai, str. 6M-53, Groupe 6M53	Graine carbonisée	1670 ± 30	AD 258-285 (6%) AD 321-428 (89%) AD 290-295 (0,4%)
Balam II	Poz-84603	N13-2520. Dépôt scellé, str. 6M-74, Groupe 6M74	Charbon	1770 ± 30	AD 138-345 (95,4%)
Kuts'-Balam I	Poz-84600	N14-3733. Remblai sur roche mère, str. 6L-40, Groupe 6L40	Charbon	1770 ± 30	AD 138-345 (95,4%)
Zone Sud, Préclassique récent					
Kuts'	Poz-84598	N14-3704. Niveau de terrassement sur roche mère, str. 6M-64, Groupe 6M64	Charbon	2250 ± 30	395-347 BC (31,3%) 321-206 BC (64,1%)
	Poz-84599	N15-4537. Dépôt scellé dans un remblai, str. 6L-22, Groupe 6L13	Charbon	2265 ± 30	399-350 BC (44.4%) 306-209 BC (51%)

SYNTHESE HISTORIOGRAPHIQUE

Apports et limites des différentes approches dans l'étude des usages des bois et des arbres par les anciens Mayas

2 Différentes approches ont permis, jusqu'à présent, d'appréhender les usages anciens des bois et des arbres dans les Basses Terres et, plus largement, les interactions entre les sociétés Mayas préhispaniques et les forêts. Elles se sont fondées sur un ensemble de données complémentaires, des plus empiriques fournies par l'analyse des bois et charbons de bois archéologiques, aux plus spéculatives, telles que l'étude de la composition végétale des forêts actuelles. Ce chapitre vise à présenter les apports et les limites de ces différentes approches dans la reconstitution de l'économie préhispanique des ressources ligneuses. On traitera d'abord des approches directes, à savoir l'étude des vestiges ligneux issus des sites archéologiques, ce qui sera l'occasion de présenter les types de dépôt et les contextes archéologiques d'où proviennent ces vestiges dans les sites mayas. Puis on passera en revue les différents types de données ayant permis d'approcher de près ou de loin cette thématique. Cette synthèse historiographique nous amènera à dresser un bilan des connaissances actuelles et des hypothèses relatives aux usages des bois et à l'exploitation des forêts dans les Basses Terres mayas à la période préhispanique.

2.1 L'approche archéologique directe 73
2.1.1. Les charbons de bois archéologiques 73
2.1.2. Les objets en bois et éléments architecturaux 79
2.1.3. La dendrologie en zone maya : potentiel et limites 82

2.2 Les approches complémentaires 84
2.2.1. Archives paléoenvironnementales et macrorestes végétaux non ligneux 84
2.2.2. Iconographie et épigraphie 88
2.2.3. Ethnographie, ethnohistoire et ethnolinguistique 93
2.2.4. Ethnoarchéologie et expérimentation 94
2.2.5. Phytosociologie des forêts actuelles 95
2.2.6. Génétique des cultivars 96

2.3 Synthèse des connaissances actuelles sur les usages anciens des ressources ligneuses dans les Basses Terres mayas 99

2.1 L'approche archéologique directe

2.1.1. Les charbons de bois archéologiques

Les charbons de bois sont de loin le type de vestige archéobotanique le plus fréquent sur les sites archéologiques, et leur intérêt pour l'archéologie environnementale est d'autant plus grand en milieu tropical où les matériaux organiques se conservent rarement s'ils ne sont pas carbonisés. Les charbons de bois issus des contextes archéologiques sont les seules évidences irréfutables, chronologiquement fiables et quantitativement exploitables de l'usage continu des bois comme combustible par les sociétés anciennes. Irréfutables, parce que résultant de la combustion, volontaire ou accidentelle, des bois réellement utilisés ; chronologiquement fiables parce que strictement contextualisées d'un point de vue archéologique ; quantitativement exploitables car abondants sur tous les sites préindustriels où le bois de feu constitue la principale sinon la seule source d'énergie.

Origine des charbons de bois dans les sites mayas

Charbons dispersés dans les contextes généraux : synthèse des combustibles utilisés sur le long terme

Dans les sites mayas, les charbons de bois sont généralement abondants dans la plupart des contextes généraux. Issus des dépotoirs domestiques et des niveaux d'occupation dans les structures résidentielles, ils sont en grande majorité les restes des feux domestiques quotidiens nécessaires à la cuisson des aliments et à l'éclairage, régulièrement balayés et rejetés dans des zones proches des habitats. Les charbons archéologiques peuvent aussi être produits au cours d'incendies, volontaires ou accidentels, de structures en matériaux périssables. D'autres types de feu laissent aussi des charbons : ceux impliqués dans certaines activités artisanales (combustion des pierres calcaires dans la production de la chaux et cuisson des céramiques en particulier) et agraires (pratique du brûlis), ainsi que dans les pratiques rituelles où le feu tient un rôle central. Le recyclage des déchets dans les remblais de construction et plus généralement le transport de sédiments occasionné par les multiples réaménagements architecturaux, impliquent que les charbons de bois issus de nombreux feux se retrouvent mélangés dans les niveaux de remblai et de terrassement. Les charbons dispersés dans ces contextes généraux, parce qu'ils correspondent à des dépôts secondaires accumulés sur de nombreuses années, procurent une image synthétique et globale de l'usage, essentiellement domestique, des ressources ligneuses à long terme.

Certains sites spécialisés ont aussi livré des charbons de bois, qui, bien que dispersés et représentant une durée d'activité longue, peuvent être reliés à une activité particulière, non domestique. C'est le cas des ateliers salins du Parc National de Paynes Creek dans le Sud du Belize, où au cours du Classique ancien, l'on extrayait le sel par ébullition d'eau de mer dans des céramiques (Robinson et McKillop, 2014). Un autre exemple est celui d'un site de production de chaux, hypothétiquement à partir de la combustion de coquillages marins, qui fut mis au jour dans la Péninsule de Placencia sur la côte sud du Belize (MacKinnon et May, 1990). Les charbons de bois issus de tels sites « industriels » reflètent un usage spécialisés des ressources ligneuses.

Charbons concentrés : vestiges d'événements ponctuels

À l'inverse, les concentrations de charbons dans les foyers domestiques, sur les sols ou bien associés à des structures de combustion particulières (fours, autels, niches, encensoirs, etc.), lorsqu'elles s'accompagnent de traces de combustion, sont les restes *in situ* d'événements ponctuels. Ces dépôts primaires peuvent parfois être reliés avec certitude à une activité ou un usage particulier, feu rituel par exemple. Mais ils ne procurent en général qu'une image réduite de l'usage des bois dans cette activité puisqu'ils ne représentent que le ou les derniers feux effectués dans ces structures. Ainsi, les niveaux d'incendie mis au jour sur le site d'Aguateca dans le Sud du Petén, résultant d'attaques guerrières survenues au début du IX^{e} siècle et ayant mis fin à l'occupation de la cité (Inomata et Triadan, 2014), contiennent les restes *in situ* des bois employés comme matériaux de construction sur ce site à la fin du Classique récent. Dans un autre registre, plusieurs fosses intrusives sous les sols de structures civico-cérémonielles à Lamanai au Belize, contenaient de grandes quantités de charbons et autres restes végétaux carbonisés, vestiges de feux effectués sur place dans le cadre de probables rituels de consécration (Lentz et al., 2016).

Cendres et charbons dans les dépôts rituels mayas

De façon extrêmement fréquente dans les sites mayas, les dépôts de matériels résultant d'actions rituelles sont associés à des concentrations parfois conséquentes de cendres et de charbons (e.g. Clayton et al., 2005; Harrison-Buck, 2012; Pagliaro et al., 2003; Stanton et al., 2008). Celles-ci peuvent être primaires, restes *in situ* de feux ponctuels, ou bien secondaires, c'est-à-dire visiblement déposées dans un espace autre que le lieu de la combustion. Les dépôts supposés rituels sont communément divisés en trois catégories : les dépôts de fondation ou de consécration, les dépôts funéraires et les dépôts d'abandon ou de terminaison. Identifiés selon leur contenu et leur contexte archéologique, leur fonction est en grande partie interprétée par analogie ethnographique (e.g. McGee, 1998; Mock, 1998; Vogt, 1998).

Dépôts de fondation et sépultures. D'après les sources ethnographiques, les Mayas contemporains perçoivent le monde comme entièrement animé (Vogt, 1969). Les éléments du paysage, les ancêtres disparus, les édifices ou encore les objets, sont autant de sources de pouvoir et doivent être mises à profit si elles sont rendues vivantes par l'intermédiaire de rituels d'animation ou de consécration (McGee, 1998; Vogt, 1998). La consécration des maisons implique, par exemple, l'enterrement d'offrandes dans des fosses sous les sols, mises en place avant la construction ou creusées dans des sols existants qui sont ensuite réparés.

Dans les sites mayas, on retrouve fréquemment des dépôts de matériels dans des caches placées sous les sols des structures ou dans des niches aménagées dans les murs et les banquettes, généralement dans l'axe de la porte principale. De tels dépôts se retrouvent également au pied des monuments civiques et religieux comme les temples et les stèles. Souvent associés à des concentrations de cendres et de charbons, ces dépôts sont interprétés comme les vestiges de rituels de fondation, de consécration ou de transition, selon leur position au sein de la séquence architecturale (Becker, 1992; Chase et Chase, 1998; Pendergast, 1998). On peut citer comme exemple l'important dépôt de fondation associé à la construction, au début du Classique terminal, du temple de la structure 5N2 du Groupe A à Río Bec au Mexique (Michelet et al., 2013b). Situé dans une chambre sous le sol

de la structure, ce dépôt était composé d'une série de sept encensoirs disposés selon un axe est-ouest, auxquels étaient associées d'importantes concentrations de cendres répandues autour des encensoirs et déposées à l'intérieur de l'un d'entre eux (Michelet et al., 2010). La mise en place des sépultures sous les sols des maisons, à l'occasion de l'édification de celles-ci ou d'une étape de reconstruction ou de réaménagement architectural, fait manifestement partie de cette dynamique de sacralisation de l'espace (McAnany, 1998). On trouve en outre dans la littérature de nombreuses mentions de dépôts de cendres associés à des dépôts funéraires et mortuaires (e.g. Iglesias Ponce de León, 2003; Pereira, 2013). D'après Stuart (1998, p. 399), de telles évidences dans des tombes à Piedras Negras et à Copán, pourraient révéler la pratique de rituels de feu effectués directement à l'intérieur des sépultures. Bien que la fonction et la signification de ces dépôts soient encore l'objet de débats, les caches et les sépultures présentent plusieurs points communs en terme de localisation et d'assemblage d'objets, souvent retrouvés brisés ou brûlés (Becker, 1992), et plusieurs auteurs ont défendu l'idée d'un continuum entre ces différents types de dépôts, en terme de gestes et de signification symbolique et sociale (e.g. Kunen et al., 2002; Newman, 2015, pp. 310–312).

Dépôts d'abandon. À l'opposé de ces pratiques fondatrices, les rituels d'abandon, de « terminaison » ou encore de « clôture », sont connus via l'ethnographie et ont vocation à tuer symboliquement l'objet ou l'édifice lors de son abandon (Vogt, 1969). Ils impliquent généralement la destruction des structures architecturales, la purification par la combustion d'encens, des prières ainsi que des dépôts d'offrandes diverses sur les sols.

Sur le plan archéologique, nombreuses sont les évidences de destruction volontaire des structures architecturales, notamment des perforations de sols ou bien la réouverture de sépultures (Chase et Chase, 2003). Celles-ci sont généralement associées à des traces de combustion, à d'importantes concentrations de cendres et de charbons et à des dépôts d'objets brisés ou brûlés dispersés sur les sols. Ces dépôts ont souvent été considérés comme problématiques en raison de la difficulté que représente leur interprétation (Becker, 1992). En effet, ils incluent régulièrement ce qui ressemble à des déchets domestiques. D'après Stanton et al. (2008, p. 242), c'est principalement la présence d'ossements humains associées aux évidences de destructions et d'incendies qui permettent de distinguer les dépôts de terminaison dits « profanatoires », effectués suite à un conflit et destinés à désinvestir l'ennemi de son pouvoir (Pagliaro et al., 2003; Stanton et al., 2008, p. 236), des simples rejets traduisant la réoccupation d'une structure par des squatteurs après son abandon. Ces actes profanatoires se distinguent encore des rituels de terminaison « révérencieux » effectués lors de l'abandon d'un édifice par les habitants eux-mêmes et supposément destinés à apaiser les ancêtres (Lamoureux-St-Hilaire, 2011; Stanton et al., 2008, p. 236). Les dépôts issus de ces rituels de terminaison, que Lamoureux-St-Hilaire et al. (2015, p. 553) ont qualifié « d'offrandes révérencielles exposées », se caractérisent principalement, d'après les auteurs, par leur position centrale dans l'édifice et par l'absence d'ossement humain.

Quelles que soient la nature et la fonction de ces différents dépôts, il apparaît que le feu tenait une place centrale dans les pratiques rituelles à l'origine de leur formation, comme l'atteste la présence quasi systématique de traces de combustion, de cendres et de charbons. Le feu était peut-être aussi nécessaire à la combustion d'encens, comme c'est le cas dans les sociétés mayas contemporaines. Mais la complexité et la variabilité observées dans la configuration et la composition matérielle des

dépôts rituels mayas encouragent à penser que les feux qui leur étaient associés faisaient également l'objet d'une composition intentionnelle, impliquant plus étroitement le monde végétal matérialisé par les bois et les plantes.

En dehors des sites d'habitat, d'autres types de contextes livrent aussi parfois d'importantes quantités de cendres et de charbons, notamment les sites souterrains. Lieux sacrés dédiés aux cérémonies religieuses, les cavernes et les cenotes sont considérés, dans les croyances des anciens mayas et encore aujourd'hui, comme des entrées vers l'Inframonde, permettant ainsi la communication avec les entités surnaturelles (Brady et Prufer, 2005; Prufer et Brady, 2005). Les niches aménagées dans les édifices sont d'ailleurs interprétées comme des représentations des cavernes, expliquant qu'elles aient été des lieux privilégiés pour les activités rituelles. Les pratiques rituelles préhispaniques menées dans les cavernes des Montagnes Mayas au Belize ont été particulièrement bien documentées (Prufer, 2002), celles-ci livrant fréquemment divers types des restes végétaux carbonisés (Morehart, 2011, 2002; Prufer et Dunham, 2009) .

L'étude des charbons de bois dans la zone maya

Les charbons de bois recèlent donc un potentiel informatif considérable pour l'archéologie maya, qui répond à des questions fondamentales dans l'étude des sociétés anciennes relatives à la gestion des ressources énergétiques, tout autant qu'à une meilleure compréhension de certains aspects socio-culturels et idéologiques qui se manifestent à travers les pratiques rituelles. Pourtant, le potentiel des charbons de bois a été très largement sous-exploité dans la zone maya. Tout d'abord, rares sont les projets archéologiques incluant un échantillonnage archéobotanique systématique par flottation ou tamisage des sédiments, les charbons n'étant en général collectés que ponctuellement pour les datations au radiocarbone. Ensuite, l'analyse des charbons, lorsqu'elle est effectuée, se limite souvent à un rôle complémentaire par rapport à l'analyse des carporestes (fruits et graines) dans l'étude des pratiques liées à la subsistance et à la sylviculture d'arbres fruitiers. Seules de rares études ont cherché à comprendre spécifiquement l'économie des bois sur un site maya ou à clarifier l'usage et la signification des bois de feu dans les pratiques rituelles des Mayas préhispaniques.

L'étude des charbons de bois, de même que l'archéobotanique en général, a connu un développement tardif dans la zone maya (McClung de Tapia, 1985). À partir de la fin des années 1970, puis dans les années 1980 au Belize, des chercheurs ont commencé à appliquer des protocoles d'échantillonnage archéobotanique systématiques par flottation (Turner et Miksicek, 1984, p. 183), notamment sur les sites préclassiques de Cuello (Miksicek, 1991; Miksicek et al., 1981a, 1981b), Cerros (Cliff et Crane, 1989; Crane, 1996) et Pulltrouser Swamp (Miksicek, 1983). C. Miksicek fut probablement le premier à analyser systématiquement les charbons de bois issus de ces sites, et à tenter de mettre au point une méthode destinée à systématiser les identifications taxonomiques à partir d'une collection de référence personnelle des bois du Nord du Belize (Miksicek, 1991).

Les études archéobotaniques se sont ensuite développées à partir des années 1980-1990 sur des sites préclassiques et classiques au Belize, au Honduras, au Salvador (Lentz, 1989, 1991, Lentz et al., 1996a, 1997, 2016; McKillop, 1994; Miksicek, 1986, 1988; Slotten, 2015), puis, plus récemment, au Guatemala (Lentz, 1999; Lentz et al., 2014b, 2015; Thompson, 2013; Thompson et al., 2015b; Wyatt et al., 2012). Principalement focalisées sur l'usage des plantes « économiques », ces études ont produit

un vaste corpus de données démontrant que les anciens Mayas recourraient à une grande variété de cultigènes, d'arbres fruitiers et de palmiers pour leur subsistance (Lentz, 1999; McKillop, 1994). L'étude archéobotanique de Lentz (1991) à Copán, bien que centrée en tout premier lieu sur les différences sociales dans l'accès aux ressources alimentaires végétales, est l'une des premières à avoir employé les charbons de bois comme signature pour appréhender la question de la déforestation sur un site maya. Elle démontre que le bois de pin (*Pinus sp.*) était le principal combustible utilisé à Copán durant toute la durée d'occupation du site, et propose que cette préférence a dû contribuer à une plus forte pression sur les forêts locales de pins et de chêne, dans le cadre de l'hypothèse d'une déforestation à la période classique (Abrams et Rue, 1988).

Les premières études ont souvent révélé la présence de charbons de bois de pin sur les sites mayas, même dans des zones où cette essence ne pousse pas actuellement. À partir de ce constat et en se fondant sur des observations ethnographiques, Miksicek (1991, 1983) a avancé l'hypothèse que le bois de pin avait dû être une ressource suffisamment importante pour faire l'objet d'échanges à longue distance dans la zone maya. À sa suite, Lentz et ses collègues (2005) ont testé cette hypothèse sur le site classique de Xunantunich (Belize). En analysant la distribution des charbons de pin au sein de structures résidentielles de différents statuts sociaux, ils proposent que le pin était un bien de prestige, dont l'acquisition et la distribution étaient une prérogative de l'élite. Cette approche politique et sociale de l'usage des ressources végétales, ou *political ecology* (Morehart et Morell-Hart, 2013), a été reprise à Chan, une communauté agraire de la haute vallée du fleuve Belize occupée du Préclassique au Postclassique (Robin, 2012). Lentz et al. (2012) y comparent la distribution de trois types de combustibles – bois de pin, bois de feuillu et palmier – entre les contextes domestiques, administratifs et cérémoniels, pour tenter de distinguer des tendances fonctionnelles dans l'usage des bois. Ils démontrent que les charbons de pin sont plus abondants dans les contextes cérémoniels, suggérant un usage spécifique de cette essence dans la sphère rituelle. Ces résultats confortent ceux que Morehart a obtenus suite à son étude des feux rituels pratiqués dans les cavernes de cette même vallée, grâce à quoi il a démontré que le bois de pin était une composante indispensable aux rituels mayas préhispaniques (Morehart, 2011, 2002; Morehart et al., 2005). Deux autres études ont montré que l'usage du bois de pin était également impliqué dans les rituels funéraires, au moins à la période classique : celle de la sépulture de Bats'ub Cave dans les Montagnes Mayas datée du Classique ancien (Prufer et Dunham, 2009), et celle des dépôts de cendres découverts dans des sépultures de Río Bec (Campeche), datées du Classique récent et terminal (Dussol et al., 2016; Pereira, 2013). Alors que l'étude de Prufer et Dunham (2009) a montré un usage quasi exclusif du pin, probablement sous forme de torche, pour cette inhumation particulière, l'étude des dépôts funéraires de Río Bec a révélé qu'un très grand nombre d'essences avait été utilisé pour ce qui fut interprété comme des feux funéraires intentionnellement composés (Dussol et al., 2016). La comparaison entre contextes funéraires, contextes cérémoniels et contextes domestiques non rituels a également permis d'avancer que l'usage du bois de pin à Río Bec était probablement réservé aux pratiques rituelles.

Dans ce contexte scientifique, somme toute très orienté vers des problématiques anthropologiques et culturelles, deux études se distinguent par leur singularité. La première est celle de Robinson et McKillop (2014) menée à Chan B'i, un site subaquatique situé dans le Parc National de Paynes Creek dans le Sud du Belize. Occupé au Classique ancien, ce petit site côtier était un atelier de production de sel, probablement intégré dans des réseaux d'échanges à longue distance (McKillop, 2005). Malgré un

échantillon très réduit (seulement 191 charbons identifiés) et l'absence de stratigraphie due à l'origine subaquatique des charbons, cette étude est sûrement l'une des premières ayant eu pour objectif de reconstituer spécifiquement les comportements humains associés à l'économie des bois de feu sur un site un maya, spécialisé en l'occurrence. Les auteurs se fondent sur la théorie de la stratégie optimale de recherche de la nourriture, ou *optimal foraging theory* (Smith, 1983), ainsi que sur des études archéologiques et ethnoarchéologiques extra-américaines pour interpréter les assemblages de charbons en termes de sources d'approvisionnement, de stratégie d'acquisition et de critères de sélection des combustibles. Ce cadre méthodologique leur a permis de suggérer que les principaux combustibles utilisés pour cette activité spécialisée faisaient l'objet d'une sélection, et qu'ils étaient complétés par la collecte opportuniste d'autres essences, probablement sous forme de bois mort ou de déchet de taille des bois de construction. La seconde étude est celle menée par Thompson (2013; 2015b) à Tikal, qui constitue, à notre connaissance, la première étude pédo-anthracologique dans la zone maya. Dans l'optique d'étudier les anciennes pratiques sylvicoles et leur impact sur la structure et la composition de la forêt actuelle, l'auteur confronte les données anthracologiques issues de contextes archéologiques et de fosses pédologiques aux associations végétales actuelles, selon une approche statistique. Elle établit une corrélation positive entre certaines essences parmi les plus utilisées par les Mayas de Tikal et celles les plus représentées aujourd'hui dans l'environnement, telles que *Manilkara zapota*, *Pouteria reticulata*, *Brosimum alicastrum* et *Haematoxylum campechianum*, et en déduit que ces essences ont dû être activement entretenues par le biais de pratiques sylvicoles.

Limites à l'étude des charbons en zone maya

La première difficulté de l'anthracologie dans la zone maya réside, comme dans tous les milieux tropicaux, dans l'identification taxonomique des essences de bois. Compte tenu de la biodiversité végétale extrêmement élevée des forêts tropicales – 3145 espèces d'angiospermes (plantes à fleurs) actuellement recensées pour le seul territoire du Belize (Bridgewater, 2012, p. 33), même les collections de référence les plus fournies ne peuvent garantir des identifications toujours précises. Cela est d'autant plus vrai que de nombreuses familles de plantes ligneuses présentent une très grande homogénéité anatomique. Par exemple, s'il peut être difficile de discriminer les genres de Sapotacées, de Malvacées, de Rubiacées ou d'Euphorbiacées, il est parfois impossible de distinguer certains genres de Mimosoidées (sous-famille des Fabacées ou légumineuses) avec certitude (Cassens et Miller, 1981). L'identification des bois tropicaux implique donc une véritable recherche, largement tributaire des sources existantes en xylologie (corpus littéraire et bases de données en ligne). Cette difficulté a probablement constitué un frein majeur au développement de ce type d'étude dans la région, puisqu'elle implique la nécessité, pour tout archéobotaniste désireux de travailler sur un site maya, de se familiariser au préalable avec plusieurs dizaines d'essences de base, voire de constituer sa propre collection de référence à partir de bois actuels.

Malgré ce facteur limitant, C. Miksicek, D. Lentz puis C. Morehart ont largement contribué au développement et à la lisibilité de l'étude des charbons de bois et de l'archéobotanique en général, dans la zone maya. Leurs travaux ont porté essentiellement sur des problématiques économiques et socio-culturelles liées à la subsistance et à l'économie de prestige. De plus en plus d'études sont entreprises dans la zone maya (e.g. Salgado-Flores, 2016; Santini, 2016; Wyatt et al., 2017), manifestant un intérêt grandissant pour ce champ de recherche. Dans ce contexte, il est tout à fait

curieux de constater que les charbons de bois archéologiques ne font quasiment jamais l'objet d'une analyse dans la partie mexicaine de l'aire maya. On ne compte, à l'heure actuelle, que trois études publiées, une à Cobá (Quintana Roo) (Beltrán Frias, 1987), une autre à Chinikihá (Chiapas) (Trabanino et Núñez, 2014) et une dernière à Río Bec (Campeche) (Dussol et al., 2016). Cette lacune est d'autant plus étonnante que, par ailleurs, l'anthracologie et l'archéobotanique connaissent un développement grandissant dans d'autres régions du Mexique, en particulier dans le bassin de Mexico et le Centre-ouest (e.g. Adriano-Morán et McClung de Tapia, 2008; Elliott, 2012; López Luján et al., 2003; voir également la synthèse de Morehart et Morell-Hart, 2013).

Malgré la multiplication des études au Guatemala, au Belize et au Honduras, l'analyse des charbons de bois dans la zone maya a parfois souffert d'un manque de méthodologie. L'approche quantitative se limite souvent à l'inventaire des taux d'ubiquité des taxons (nombre d'occurrences par rapport au nombre total de contextes étudiés), les analyses diachroniques ou spatiales sont assez rares et les interprétations se limitent souvent à des commentaires généraux sur les usages traditionnels des essences identifiées connus d'après les données de l'ethnographie. Il est, par exemple, regrettable que les charbons de bois issus des nombreux dépôts d'abandon qui ont été mis au jour à Aguateca (Petén) n'aient pas fait l'objet d'une étude spécifique (Lentz et al., 2014b). Le site fut détruit vers 810 apr. J.-C. lors d'une attaque guerrière, et certaines unités résidentielles incendiées ont été fouillées de façon extensive (Inomata et Triadan, 2014). Une étude anthracologique approfondie des dépôts d'abandon aurait été particulièrement intéressante et pertinente pour investiguer la question des pratiques de désacralisation rituelle.

En outre, le potentiel paléoécologique et archéo-environnemental des charbons de bois n'a que rarement été exploré, à l'exception notable de l'étude de Robinson et McKillop (2014) à Chan B'i et de celle de Thompson (2013; 2015b) à Tikal. Mais, d'une façon générale, avec des contextes de provenance peu détaillés et des analyses de données parfois assez superficielles, il est difficile de reconstituer les chaînes opératoires des usages des bois, ou d'évaluer l'impact des activités humaines sur le couvert forestier aussi bien que les stratégies d'adaptation mises en place par les sociétés anciennes pour faire face aux changements environnementaux. Il n'est donc pas étonnant que même les publications les plus récentes traitant des interactions à long terme entre les sociétés mayas et les forêts ignorent complètement les données anthracologiques existantes (e.g. Ford et Nigh, 2015).

2.1.2. Les objets en bois et éléments architecturaux

Le principal intérêt de l'étude des objets et des éléments architecturaux en bois conservés en place, réside dans l'accès à une compréhension fonctionnelle et sociale directe de l'usage des bois, contrairement aux charbons de bois – objet brûlé accidentellement ou volontairement réemployé comme combustibles, ou bien simple bois de feu – dont l'origine est rarement discernable. L'étude de ces objets, le plus souvent issus de contextes élitaires (constructions monumentales) ou rituels (*cenotes* et cavernes), permet ainsi d'accéder à d'autres dimensions de l'économie des bois, touchant davantage à la sphère politique ou religieuse.

Des découvertes exceptionnelles

Malgré leur rareté extrême par rapport aux autres types de vestiges archéologiques, des collections parfois conséquentes d'objets en bois existent dans la zone maya. On pense notamment à l'ensemble de linteaux en bois sculptés de Tikal (Coe et al., 1961), à l'importante collection d'objets en bois (plus de 300 pièces) issue du Cenote des Sacrifices à Chichén Itzá (Coggins et Ladd, 1992a) et à celle, de moindre envergure (21 pièces), provenant du Cenote Xlacah à Dzibilchaltún (Yucatán) (Taschek, 1994, pp. 124–131). Lieux privilégiés des activités religieuses au moins durant les périodes classique et postclassique, les sites subaquatiques des cenotes sont en effet très favorables à la conservation des objets en bois qui proviennent vraisemblablement des offrandes successives réalisées dans le cadre des rituels. La collection du Cenote des Sacrifices inclut notamment des objets ornementaux ou symboliques tels que des éléments de parure, des effigies et des sceptres, mais également des objets utilitaires tels que des armes et des outils (Coggins et Ladd, 1992a). En dehors de ces ensembles exceptionnels, on trouve dans la littérature plusieurs mentions d'objets ou fragments d'objets en bois découverts ponctuellement sur des sites mayas, comme la pagaie de canoë en bois de *Manilkara sp.* datant du Classique récent découverte dans le site subaquatique de K'ak' Naa'b dans le Parc National de Paynes Creek (McKillop, 2005). Les sites souterrains procurent aussi assez souvent des assemblages archéologiques particulièrement bien préservés et sont donc propices à la découverte d'objets en bois. À l'instar des cenotes, les cavernes appartenant au réseau karstique yucatèque ont été intensément occupées par les Mayas au moins depuis le Préclassique pour des activités religieuses et funéraires (McNatt, 1996; Prufer, 2002). On peut citer comme exemples la figurine en bois anthropomorphe découverte à Xmuqlebal Xheton Cave dans les Montagnes Mayas (Prufer et al., 2003), le banc en bois de *Dalbergia sp.* de la sépulture de Bats'ub Cave (Prufer et Dunham, 2009, p. 306), le coffret et la lance en bois issus de la caverne d'Actun Polbilche (Belize) (Pendergast, 1974, pp. 48, 53), ainsi que le fragment de tambour découvert dans la caverne de Balankanché (Yucatán) (Andrews, 1970; cité par Vail et Hernández, 2012, p. 289).

Conditions de préservation des objets en bois

La préservation des vestiges archéologiques d'origine végétale dans les cavernes est très largement différentielle dans la zone maya, certaines d'entre elles étant présentées comme des sites exceptionnels en termes de conservation, comme Barton Creek Cave (Morehart et al., 2004) ou Actun Polbilche (Pendergast, 1974), alors que d'autres se sont révélées dépourvues de restes organiques. En milieu tropical, la saturation en eau, l'aridité et/ou l'acidité sont les conditions environnementales permettant la conservation des restes végétaux lorsqu'ils ne sont pas carbonisés (contrairement aux ossements humains et aux restes fauniques qui se préservent mieux en milieu basique) (Miksicek, 1987). Ainsi, contrairement aux sites subaquatiques dans lesquels les bois se préservent naturellement par imbibition, les sites souterrains ne présentent pas fondamentalement des conditions optimales à la conservation des vestiges végétaux. Pendergast (1974, p. 11) constate, en effet, que l'hygrométrie dans la caverne d'Actun Polbiche est identique à celle de l'extérieur, et que cet environnement est donc paradoxalement peu propice à la conservation des vestiges organiques. Il est donc vraisemblable que la conservation exceptionnelle des bois et objets en bois dans certains sites soit due à une combinaison de facteurs. L'étude de Shahack-Gross et al. (2004), menée dans des sites souterrains en Israël, a notamment démontré que le guano de chauve-souris contribue à acidifier les sédiments dans les grottes

calcaires, entraînant la préservation différentielle des vestiges archéologiques organiques en fonction des micro-environnements chimiques formés *in situ*. Un autre facteur de conservation important est la teneur en oxygène de l'air ambiant : à Bats'ub Cave (Belize), par exemple, la remarquable conservation des vestiges archéobotaniques dans la chambre funéraire a probablement été favorisée par le fait que l'alcôve fut soigneusement scellée, créant ainsi un milieu quasi anaérobie (Prufer et Dunham, 2009, p. 299). S'ajoutant aux conditions micro-environnementales, la composition chimique des restes végétaux contribue aussi certainement à leur préservation différentielle (Miksicek, 1987, p. 218). Certains bois tels que le *chicozapote* (*Manilkara zapota*) et le *tinto* (*Haematoxylum campechianum*) sont connus pour leur durabilité extrême et il est probable que cette caractéristique intrinsèque du bois soit due à un facteur chimique. Des éléments architecturaux en bois ont ainsi été préservés en place dans des constructions monumentales, comme dans le temple des Sept Poupées à Dzibilchaltún (Yucatán) et dans le temple de Nohoch Mul à Cobá (Quintana Roo) (Hellmuth, 1989, p. 4), malgré le climat tropical semi-humide du Nord de la plaine yucatèque.

Un champ de recherche lacunaire

Dans la zone maya, ces objets n'ont que rarement donné lieu à une analyse xylologique concluante et seuls quelques rares d'entre eux ont pu être identifiés avec certitude. Par exemple, sur les 300 pièces de bois que contient la collection du Cenote des Sacrifices, seuls les bois de deux idoles ont été identifiés comme du bois de pin (*Pinus sp.*), et un fragment de bois a été identifié comme une espèce proche du *balche* (*Lonchocarpus sp.*) (Coggins et Ladd, 1992a, pp. 337–338). La raison évidente de cette carence est une double contrainte de conservation de l'objet. L'analyse xylologique nécessite obligatoirement le prélèvement d'au moins un centimètre carré de bois – dans le cas idéal où celui-ci serait bien préservé, ce qui est rarement le cas – et impose donc l'altération de l'objet archéologique. S'ajoutant à cette première contrainte, les bois archéologiques conservés par imbibition ou dessication sont généralement difficiles à identifier : soit le fragment de bois prélevé est trop fragile pour supporter les traitements préalables nécessaires à l'analyse – cas du coffret en bois d'Actun Polchilche (Pendergast, 1974, pp. 48–49), soit l'état de conservation des structures cellulaires du bois est insuffisant pour proposer une identification fiable de l'essence – cas de la figurine anthropomorphe de Xmuqlebal Xheton Cave (Prufer et al., 2003, p. 226).

Dans ce contexte, deux études xylologiques font figure d'exception : celle des linteaux des édifices monumentaux de Tikal (Lentz et Hockaday, 2009), conservés par dessication, et celle des bois de construction des sites subaquatiques de Paynes Creek dans le Sud du Belize, deux ensembles datés de l'époque classique (Robinson et McKillop, 2013). À Tikal, Lentz et Hockaday (2009) ont mis en évidence un changement dans l'usage des bois de construction pour les édifices monumentaux. Le remplacement du bois du *chicozapote* (*Manilkara zapota*) par du bois de *tinto* (*Haematoxylum campechianum*) dans des constructions successives est interprété comme lié à une période de stress dans l'approvisionnement en bois. Ils proposent que l'emploi préférentiel du bois de *chicozapote*, arbre à maturation lente, dans les constructions monumentales, avait dû impliquer une gestion forestière rigoureuse de façon à éviter l'épuisement de cette ressource dans l'environnement local. L'étude des ateliers salins de Paynes Creek a également montré des changements dans la sélection des bois de construction entre le Classique ancien et le Classique récent, suggérant une surexploitation des ressources ligneuses locales. Les auteurs interprètent ce phénomène comme la conséquence de

l'augmentation de la pression économique sur l'industrie du sel, elle-même due à une plus forte pression démographique dans les Basses Terres à la période classique (Robinson et McKillop, 2013).

Ces études ont clairement démontré que l'analyse systématique des objets en bois, lorsqu'elle est possible et si elle est menée dans une perspective archéo-environnementale, peut procurer d'importantes informations sur la sélection, les usages et la gestion des bois, ainsi que sur les variations dans les sources d'approvisionnement. Malheureusement, ce type de vestige est beaucoup trop rare dans la zone maya pour permettre des comparaisons intersites et envisager des modèles socio-écologiques à échelle régionale.

2.1.3. La dendrologie en zone maya : potentiel et limites

Une autre approche potentielle dans l'étude des bois et objets en bois se situe dans le champ de la dendrologie. La dendrologie désigne l'étude des cernes de croissance du bois. Elle s'est principalement développée en zone tempérée à partir d'espèces de chêne (*Quercus spp.*) et de pin (*Pinus spp.*) dans lesquelles les cernes sont systématiquement marqués. Cette discipline a essentiellement été employée dans des études paléoécologiques et paléoclimatologiques, et comme outil de datation absolue des objets archéologiques et objets d'art via la dendrochronologie. Mais des chercheurs explorent depuis plusieurs années le potentiel de ce champ de recherche pour d'autres espèces et pour des problématiques archéo-environnementales liées à la sélection, à la gestion et aux sources d'approvisionnement des ressources ligneuses (Bridge, 2012). La dendroprovenance, bien développée en Europe et en Amérique du Nord, permet d'identifier l'origine géographique des bois retrouvés sur les sites archéologiques. Elle a principalement été appliquée pour les périodes modernes et contemporaines, notamment en archéologie navale (Bridge, 2012, p. 2830; Creasman et al., 2015). Une application récente et notable de cette méthode en archéologie précolombienne a porté sur les bois de construction des sites de Chaco Canyon au Nouveau Mexique et a mis en évidence l'existence d'un réseau d'approvisionnement en bois à longue distance (Guiterman et al., 2016). Ce type d'étude reste toutefois ponctuel car limité par les conditions potentielles de conservation des bois non carbonisés. C'est pourquoi le développement récent, en France, d'outils dendrométriques appliqués aux charbons de bois, ou dendro-anthracologie, recèle un fort potentiel pour l'archéologie en zone tropicale. Ces outils ont déjà démontré leur efficacité pour l'identification des types de bois utilisés, via l'analyse du diamètre du bois, et donc pour la reconstitution des pratiques de gestion et d'exploitation des espaces forestiers (Nocus, 2015; Paradis, 2012).

Le principal facteur limitant aux méthodes dendrologiques en zone tropicale réside de façon inhérente dans le marquage des cernes, absent chez certaines espèces, aléatoire chez d'autres. Le marquage des cernes peut être un caractère intrinsèque de l'espèce : dans ce cas, le bois marquera systématiquement les cernes, indépendamment des conditions environnementales de croissance de l'arbre. C'est le cas des bois de conifères, raison pour laquelle les études dendrologiques exploratoires portent généralement sur ces arbres. Au Mexique, par exemple, les premières études dendrologiques ont été menées sur le pin (*Pinus sp.*), le douglas (*Pseudotsuga menziesii*) et le sapin (*Abies duranguensis*) (Schulman, 1944; Scott, 1966). Parmi les feuillus néotropicaux, plusieurs espèces de Meliacées ont pour caractère intrinsèque le marquage systématique des cernes de croissance, comme l'acajou (*Swietenia macrophylla*) et le cèdre espagnol (*Cedrela odorata*). Il n'est donc pas étonnant que les

Meliacées soient parmi les principales espèces à avoir fait l'objet d'études dendrologiques en Amérique tropicale (voir la synthèse de Tomazello et al., 2009). Mais le plus souvent, le marquage des cernes dépend de facteurs écologiques et climatiques et est donc trop variable pour permettre une reconstitution fiable des séquences de croissance. Certaines espèces produisent des cernes intra-annuels (communément appelés « faux cernes ») qu'il est souvent difficile de distinguer des cernes annuels. D'autres espèces marquent les cernes annuels de façon aléatoire, certains cernes devenant alors indiscernables.

Mais la dendrologie tropicale a vocation à se développer. Plusieurs études ont cherché à évaluer le potentiel dendrologique des bois tropicaux et de nombreuses séquences dendrochronologiques d'espèces tropicales ont été établies (Rozendaal et Zuidema, 2010; Stahle, 1999; Tarelkin et al., 2016; Tomazello et al., 2009). Toutefois, ces études sont menées dans une perspective écologique et paléoclimatologique, et les applications en archéologie demeurent extrêmement rares. Dans la zone maya, ce champ de recherche est encore à l'état embryonnaire. Johnson (1980) puis Szejner (2011) ont exploré le potentiel dendrologique du pin oocarpa (*Pinus oocarpa*), mais celui-ci s'avère limité par le caractère très aléatoire des cernes intra-annuels chez cette espèce, un phénomène prévisible pour un conifère tropical. Cette limite est encore plus importante chez le pin caribéen (*Pinus caribaea*), autre conifère local, chez qui la présence de cernes intra-annuels semble être un caractère intrinsèque de l'espèce (Jacquiot et Guinier, 1955, p. 30). Les résultats de l'étude pionnière de Roig-Juñent et al. (2012, 2005) sur des bois du Yucatán suggèrent toutefois que certaines espèces de feuillus présentent un bon potentiel pour le développement de la dendrologie dans les Basses Terres mayas, notamment *Cordia dodecandra* (*siricote*), *Gymnopodium floribundum* (*dzidzilche*), *Thouinia paucidentata* (*canchunup*), *Melicoccus oliviformis* (*guayo*), *Trichilia hirta* (*limoncillo*) et *Cedrela odorata* (*cedro*). Sachant que l'usage de certains de ces bois comme combustibles par les Mayas préhispaniques est attesté par des données anthracologiques (e.g. Lentz et al., 2014b; Thompson, 2013), il serait donc scientifiquement possible et intéressant pour les problématiques archéologiques mayanistes d'envisager un développement futur de la dendro-anthracologie sur ces espèces.

2.2 Les approches complémentaires

2.2.1. Archives paléoenvironnementales et macrorestes végétaux non ligneux

Palynologie et signal incendie : l'apport de la paléolimnologie

La paléolimnologie est indissociable des reconstructions paléoenvironnementales et en ce sens, elle représente un complément indispensable aux données anthracologiques pour reconstituer l'évolution des forêts à long terme. La paléolimnologie met en regard les données palynologiques, sédimentologiques, malacologiques, géochimiques et le signal incendie afin de reconstituer l'histoire des paysages lacustres et circumlacustres en fonction des facteurs climatiques et anthropiques. Les lacs, lagunes et zones humides en général ont un double avantage : d'une part, ils constituent des zones clés dans les stratégies de subsistance des sociétés humaines, pour l'approvisionnement en eau et l'agriculture principalement ; d'autre part, ils enregistrent et conservent les traces de l'ensemble des perturbations ou changements environnementaux, tels que les défrichements qui entraînent l'érosion des sols, l'agriculture, les feux de forêt ou encore les variations dans le régime des précipitations et les sécheresses. Les pollens, en particulier, se préservent d'autant mieux en contexte lacustre et argileux. La palynologie est la seule discipline qui permet de mettre en évidence l'évolution des grands types de végétation - arborée, herbacée, lacustre - les uns par rapport aux autres et sur des séquences de temps longues. La connaissance des dynamiques de production et de dispersion des pollens de chaque essence permet également l'analyse multiscalaire des données palynologiques. C'est notamment grâce à l'analyse conjointe des pollens et du signal incendie, marqué par les variations de densité des micro-charbons, qu'il est possible d'examiner le rapport entre les variations climatiques, les changements de végétation, l'histoire des feux et les activités anthropiques à long terme.

Dans les Basses Terres mayas, les premières études paléolimnologiques ont été réalisées dans les années 1960 (Cowgill, 1966; Tsukada et Cowgill, 1966; Tsukada et Deevey, 1967). Les reconstructions paléoenvironnementales et paléoclimatiques à partir de carottes lacustres se sont ensuite multipliées à partir des années 1970-1980 (Anderson et Wahl, 2016; Beach et al., 2009; Curtis et al., 1998; Deevey et al., 1979; Fleury et al., 2015; Islebe et al., 1996; Leyden, 1984; Rice, 1996; Rushton et al., 2012; Wahl et al., 2013, pour n'en citer que quelques unes). Confrontées aux données archéologiques et paléo-démographiques, ainsi qu'à la présence de pollens de maïs (*Zea sp.*), les variations de la végétation visibles dans les enregistrements polliniques ont été interprétées comme le signal d'une forte anthropisation du milieu durant toute la période de l'occupation maya. Plusieurs chercheurs ont imputé à ces changements environnementaux l'abandon des cités à la fin du Préclassique puis au Classique récent et terminal (e.g Abrams et Rue, 1988; Hansen, 1995; Hansen et al., 2002; Jacob et Hallmark, 1996; Jones, 1994). La raréfaction des ressources, induite par le recul de la forêt, l'érosion des sols et l'envasement des marais, auraient entraîné d'importants déséquilibres dans l'économie de subsistance, qui auraient contraint les populations à migrer. Mais des études récentes tendent à remettre en question ce modèle, ou du moins son caractère généralisé. Afin de reconstituer l'histoire des forêts autour du site de Copán (Honduras) à la période classique, McNeil interprète l'enregistrement pollinique et le signal incendie issus de la lagune de Petapilla en fonction de l'histoire socio-politique de la cité (McNeil, 2012; McNeil et al., 2010). Cette étude croisée lui a

permis de démontrer que le couvert forestier était plus important au Classique récent qu'au Classique ancien, et donc de réfuter l'hypothèse d'Abrams et Rue (1988) selon laquelle une déforestation massive aurait été une cause majeure de l'abandon de la cité au IX^{e} siècle. De même, l'étude du signal incendie dans deux zones humides proches d'El Mirador par Anderson et Wahl (2016) a démontré que le pic architectural d'El Mirador à la fin du Préclassique n'est pas corrélé à des événements de feux intenses dans la région. Cette étude remet ainsi en question l'hypothèse selon laquelle l'augmentation des besoins en chaux due à l'essor architectural de la cité à cette période aurait entraîné une déforestation massive (Hansen, 1995; Hansen et al., 2002). Les résultats suggèrent, à l'inverse, que les Mayas avaient mis en place une technique très efficace de combustion des roches calcaires, nécessaire à la production de la chaux, qui aurait nécessité moins de combustibles (Anderson et Wahl, 2016).

Pourtant, la pertinence de la palynologie dans les reconstructions paléoenvironnementales et paléoclimatiques dans l'aire maya a souvent été remise en question (Bhattacharya et al., 2011). Les chercheurs ont souligné le fait que les interprétations paléoclimatiques des spectres polliniques étaient biaisées à partir de 3500 BP, lorsque les premiers établissements humains ont commencé à entraîner d'importants changements environnementaux (Brenner et al., 2002; Hodell et al., 1995; Rosenmeier et al., 2016). En effet, il est difficile de déterminer à partir des seules données palynologiques si l'expansion des savanes et la déprise des forêts sont dues à des conditions climatiques plus sèches ou bien aux défrichements anthropiques. C'est pourquoi les études paléolimnologiques à visée climatique intègrent désormais systématiquement l'étude des marqueurs géochimiques tels que les carbonates et les isotopes stables. Mais surtout, la principale limite de la palynologie dans l'aire maya, et d'une façon générale en milieu tropical, réside dans le fait que la quasi-totalité des espèces arborées– 98 % des angiospermes selon Bawa (1990) – est pollinisée par la faune et non par le vent (Turner, 2001, p. 130). Par conséquent, seul un nombre restreint de taxons se retrouve dans les enregistrements polliniques, ne procurant qu'une image très partielle de la végétation. Les modèles palynologiques se sont donc fondés sur des extrapolations faites à partir de l'évolution de ces seuls taxons, considérés comme représentatifs des grands ensembles de végétation (Douglas et al., 2016; Ford, 2008). Les marqueurs des forêts hautes sont les pollens arborés des urticales (Moracées/Cannabacées), tels que *Brosimum alicastrum* (*ramón*), *Ficus sp.*, *Trema sp.* et *Celtis sp.*, et du groupe Mélastomatacées/ Combrétacées (Bhattacharya et al., 2011; e.g Wahl et al., 2006, p. 385). Les Moracées comptent effectivement parmi les espèces dominantes des forêts actuelles des Basses Terres et représentent probablement de façon pertinente les phénomènes d'emprise-déprise des forêts. En revanche, le caractère informatif des pollens de Mélastomatacées et de Combrétacées semble plus limité, dans la mesure où il s'agit de deux familles non dominantes actuellement dans les forêts des Basses Terres, au sein desquelles les pollens ne peuvent que rarement être discriminés au niveau de la famille (Saad, com. pers.) et qui comptent des centaines d'espèces différentes aux écologies extrêmement variées (Rushton et al., 2012). Par exemple, la Mélastomatacée *Miconia laevigata* (syn. *M. ambigua*) est une espèce hygrophile des forêts hautes pérennes, de même que la Combrétacée *Bucida buceras*, que l'on trouve à proximité des zones humides. En revanche, l'espèce *Miconia albicans* est caractéristique des sols pauvres des savanes. Toutefois, l'étude des pluies polliniques actuelles dans le Nord du Belize par Bhattacharya et al. (2011) semble indiquer que le groupe Melastomatacées/Combretacées pourrait constituer une bonne signature de conditions environnementales plus humides, telles qu'on les trouve dans les forêts riveraines.

Les taxons arborés sont comparés aux espèces héliophiles telles que *Cecropia* sp. (*guarumo*) et *Mimosa* sp., espèces pionnières indicatrices des milieux perturbés ou en régénération. L'ouverture du milieu est aussi marquée par l'augmentation des pollens herbacés des graminées et des Astéracées (composées). Parmi eux, les pollens de *Zea sp.* (maïs) et *Ambrosia sp.* (armoise), plante adventice du maïs, traduisent la présence de cultures humaines dans le paysage local. Les taxons aquatiques des Cypéracées (joncs) et des Nymphéacées (nénuphars), en tant que marqueurs de l'état des lacs (eaux profondes ou marécages saisonniers), permettent de distinguer l'origine des pollens herbacés selon qu'ils leurs sont corrélés ou non (herbes annuelles dans les marais ou véritables savanes sur les zones hautes) et donc de mieux interpréter leur signification dans le spectre pollinique (Wahl et al., 2013, p. 26). Enfin, les pollens de pin (*Pinus sp.*) et de chêne (*Quercus sp.*), qui peuvent voyager sur de longues distances (jusqu'à 500 km pour les pollens de pin) sont considérés comme des indicateurs de l'ouverture du milieu à l'échelle régionale. D'après Bhattacharya et al. (2011), l'association entre les pollens de pin, de chêne et de *Byrsonima sp.* (*nance*) est un fort indicateur des savanes dans les enregistrements polliniques actuels.

Dans les spectres polliniques des Basses Terres, il semble que seuls les pollens de pin et de chêne puissent constituer un signal régional. Les autres taxons sur lesquels se fondent les reconstructions paléoenvironnementales ne procurent souvent qu'une image locale de la végétation. De façon caractéristique, les pollens de *Zea sp.* (maïs), considérés comme les marqueurs de l'anthropisation du milieu dans toute la Mésoamérique, disparaissent presque complètement à 1 km de la source (Jarosz, 2003; Rushton et al., 2012, p. 490). Une proportion importante de pollens de maïs dans une carotte sédimentaire ne traduit, en réalité, que l'état du paysage dans les collines immédiatement adjacentes à la zone humide d'où provient l'échantillon. Elle ne reflète donc pas l'état de la végétation à l'échelle régionale, contrairement à ce qui a souvent été considéré de façon trop simple.

Vestiges archéobotaniques non ligneux

Mais l'étude des pollens ne se résume pas à la paléolimnologie. Plusieurs études palynologiques en contexte archéologique ont mis en évidence des pollens d'arbres généralement absents ou très peu représentés dans les enregistrements polliniques lacustres, comme le *chicozapote* (*Manilkara sp.*), l'avocatier (*Persea sp.*), le *caimito* (*Chrysophyllum sp.*), le calebassier (*Crescentia sp.*), le papayer (*Carica sp.*) et la *pimienta* (*Pimenta dioica*) (Campbell et al., 2006; Crane, 1996). Il a été mentionné plus haut que la grande majorité des espèces arborées dans la zone maya n'est pas anémophile et ne se retrouve donc pas dans les sédiments lacustres. Par conséquent, de tels pollens découverts en contexte archéologique scellé peuvent être des évidences directes de la présence de l'arbre dans l'environnement immédiat de la structure au moment de son occupation, à moins qu'ils ne traduisent un usage spécifique de certaines plantes. Par exemple, l'analyse de pollens provenant de niveaux d'occupation dans des temples de Copán a permis à McNeil (2006 cité par McNeil 2012, p.25) de mettre en évidence l'usage de fleurs du palmier *cocoyol* (*Acrocomia aculeata*) pour l'ornementation de ces édifices religieux. Extérieur à l'aire maya, un autre exemple probant de l'application de la palynologie en contexte archéologique est l'étude menée par Morehart et ses collègues (2012) sur un sanctuaire datés de l'Épiclassique (600-900 apr. J.-C.) situé dans le bassin de Mexico. Les auteurs ont identifié de grandes quantités de pollens de *Tagetes sp.* (Astéracées) associées à des contextes

mortuaires, qu'ils interprètent comme l'évidence d'un usage de fleurs comme offrandes dans les pratiques rituelles.

La recherche d'autres microrestes tels que le phytolithes et les résidus organiques dans les sédiments archéologiques, sur des outils lithiques ou dans des contenants céramiques permet également d'obtenir des données sur les processus de façonnage et d'usage des végétaux. Les phytolithes présentent l'intérêt de se conserver dans des milieux où les autres microrestes sont généralement absents, notamment les milieux secs, calcaires ou aérobie. Une analyse récente de phytolithes, menée à Los Naranjos (Honduras) sur un ensemble de lames d'obsidienne, a mis en évidence que certaines lames avaient été employées uniquement pour la préparation des plantes alimentaires, alors que d'autres avaient servi pour la découpe de bois (Morell-Hart et al., 2014). Il s'agit d'une information intéressante puisque, les Mayas préhispaniques ne disposant pas de métal, la découpe du bois ne pouvait se faire qu'avec des outils lithiques, ce qui pose un certain nombre de questions quant aux chaînes opératoires des usages des bois. L'information émanant des phytolithes semble toutefois limitée à l'aspect technique puisque les phytolithes du bois ne peuvent pas faire l'objet d'une identification taxonomique (Morell-Hart et al., 2014, p. 76).

D'autres types de vestiges archéobotaniques issus de contextes archéologiques, graines, fruits, fibres végétales et résines, peuvent également être des indicateurs de l'exploitation des ligneux, notamment des arbres fruitiers et autres « arbres utiles ». Contrairement à l'anthracologie, la carpologie permet plus souvent des identifications taxonomiques au niveau de l'espèce. Par exemple, s'il peut s'avérer difficile de discriminer les genres au sein de la famille des Lauracées en se fondant sur la seule anatomie du bois, les carporestes d'avocat (*Persea americana*) sont plus facilement identifiables. Un autre exemple particulièrement pertinent dans l'aire maya réside dans l'identification des genres de palmiers (Arécacées). À partir des structures anatomiques du stipe, leur identification est souvent impossible au-delà de la sous-famille (Thomas, 2011), alors que l'analyse des fruits et des graines permet sans difficulté d'atteindre l'espèce (Lentz et Dickau, 2005). À Wild Cane Cay (Belize), c'est l'approche carpologique qui a permis à McKillop (1994) de proposer un modèle de subsistance fondé en grande partie sur l'arboriculture d'arbres fruitiers, en particulier sur la consommation des fruits de diverses espèces de palmiers. Nombreux sont les sites mayas où des graines ou restes de fruits de *nance* (*Byrsonima crassifolia*), sapotes (*Manilkara zapota*, *Pouteria sapota*) ou anones (*Annona spp.*), pour ne citer que les espèces les plus courantes, ont été identifiés (Campbell et al., 2006; Lentz, 1999), suggérant la culture de ces arbres dans l'environnement du site. Tout comme les charbons de bois, la fiabilité archéologique des carporestes dépend de leur contexte de provenance, mais également de leur état de conservation. En effet, les restes de plante se conservant très mal en milieu tropical humide, l'ancienneté de graines qui seraient retrouvées non carbonisées dans des contextes archéologiques doit être mise en doute, car celles-ci sont susceptibles d'être modernes et d'avoir été transportées par contamination ou bioturbation.

Dans la majorité des cas, la présence de vestiges archéobotaniques sur un site peut être considérée comme une évidence fiable de la présence de l'espèce dans l'environnement du site au moment de son occupation, et ce, d'autant plus si les résultats des différentes analyses (macrorestes, microrestes et analyse chimique) se recoupent. Il ne faut pourtant pas exclure la possibilité que certaines plantes ou parties de plantes utilisées sur un site eussent été d'origine exogène, comme cela a été proposé pour le

bois de pin dans les Basses Terres centrales (Lentz et al., 2005; Miksicek, 1991, 1983). On sait, par exemple, que les fèves de cacao (*Theobroma cacao*, *T. bicolor*) faisaient l'objet d'échanges et qu'elles étaient consommées jusque dans le Sud-ouest des États-Unis au moins depuis le VIII^{e} siècle (Washburn et al., 2013, 2011). Il est cependant difficile de mettre en évidence l'origine exogène de vestiges archéobotaniques sans une information biogéographique ou écologique déterminante, et c'est sans aucun doute la raison pour laquelle les échanges de produits végétaux dans l'aire maya préhispanique sont si peu connus.

2.2.2. Iconographie et épigraphie

Dans le registre des évidences archéologiques, les sources iconographiques et épigraphiques peuvent enrichir avantageusement notre compréhension des usages du bois et des végétaux par les anciens Mayas. Dans l'art maya, le glyphe *te'* (Figure 2.1) désigne aussi bien l'arbre que la forêt (Stone et Zender, 2011, p. 17). Lorsqu'il est associé à des représentations d'objets (récipients, armes, outils, etc.), il permet de distinguer les objets en bois de ceux faits d'autres matériaux, notamment céramique, lithique et osseux. Dans un contexte archéologique régional où seuls de très rares objets en bois nous parviennent (voir 2.1.2), identifier des objets en bois dans l'imagerie peut donc s'avérer riche d'enseignements pour des problématiques archéologiques et archéo-environnementales. C'est ainsi que l'on sait, en dépit de l'absence de vestige matériel, que les Mayas construisaient des canoës en bois (Figure 2.2), que l'on suppose avoir servi au transport de marchandises via la navigation côtière et fluviale. Cette hypothèse fut confortée par la découverte de la pagaie en bois de K'ak' Naa'b dans le Sud du Belize (McKillop, 2005). Un autre exemple est celui de la récente étude de Houston et al. (2017) qui identifient, grâce à l'analyse conjointe des textes et de l'imagerie, de possibles mentions et figurations de tiges de bambous, notamment dans des représentations d'échafaudages. Le bambou ayant une croissance extrêmement rapide, les auteurs proposent que si ce matériau avait été utilisé voire cultivé par les anciens Mayas, cela pourrait avoir d'importantes implications dans les questions économiques et environnementales liées à la gestion des ressources ligneuses et à la déforestation.

Figure 2.1 Différentes formes du glyphe *te'*/*che'*, arbre/bois. *Dictionnaire des hiéroglyphes mayas* de John Montgomery, www.famsi.org.

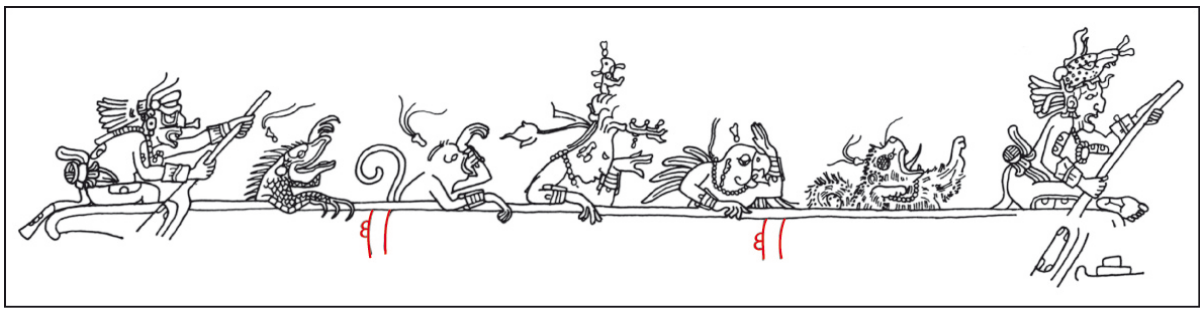


Figure 2.2 Divinités naviguant sur un canoë marqué par le motif du bois (en rouge). Os incisé, sépulture 116, Tikal, Classique récent. Collection de dessins de Linda Schele : 2014.

Mais l'étude des textes et de l'imagerie préhispaniques permet aussi d'appréhender la dimension idéologique et symbolique des arbres et du monde végétal dans les conceptions des anciens Mayas. Les arbres peuvent être des éléments de décor permettant de mettre en contexte les scènes de la vie quotidienne, comme on l'observe sur les peintures murales des temples de Chichén Itzá (Figure 2.3). Leur représentation servirait alors principalement à marquer le contraste entre l'espace naturel et l'espace habité (Stone et Zender, 2011, p. 17). Certains motifs végétaux sont des éléments récurrents des scènes mythologiques dépeintes sur les fresques et les sculptures, tels que l'arbre *ceiba* (*Ceiba pentandra*) ou le dieu du maïs parfois représenté sous la forme d'un cacaoyer (Figure 2.4) (Martin, 2006, p. 156; Taube, 2003, pp. 461–462). Dès le Préclassique moyen (1100-400 av. J.-C.), la cosmogonie maya est fondée sur un monde quadrangulaire au centre duquel se trouve l'*axis mundi*. Celui-ci est représenté par un arbre stylisé correspondant à la *ceiba*, ou *yaxche*, arbre sacré des Mayas. D'après Taube (2000, p. 303), l'association du dieu du maïs au centre du monde dans l'art Olmèque renvoie à une conception mésoaméricaine ancienne dans laquelle le monde des humains est identifié à une milpa. À ce monde humainement et socialement construit s'oppose la forêt, perçue comme un espace dangereux peuplé d'esprits et d'animaux sauvages. Selon Taube (2003, p. 470), c'est l'association des animaux et des arbres dans l'imagerie, en particulier le motif du serpent enroulé autour du tronc (visible sur la figure 2.3 à l'extrême gauche), qui symboliserait la forêt sauvage par opposition aux végétaux domestiqués et cultivés.

Parmi les épisodes mythologiques, se trouve celui de la mort du monstre-oiseau Vucub Caquix, tué par les jumeaux Hunahpú et Xbalanqué, les deux héros du Popol Vuh, alors qu'il venait de se poser sur son arbre favori. Il est intéressant de constater que dans le récit relaté dans le Popol Vuh, datant de la période coloniale, il est question de l'arbre *nance* (*Byrsonima spp.*). Pourtant, dans les figurations préclassiques et classiques, c'est un calebassier (*Crescentia spp.*) qui est représenté, comme on peut le voir sur les fameuses fresques du site de San Bartolo dans le Nord-est du Petén (Figure 2.5). Cet arbre est reconnaissable à ses feuilles fines et aux calebasses qui se développent directement sur le tronc et les grosses branches. Dans une autre représentation de cette scène, peinte sur un vase codex datant du Classique récent (Figure 2.6), la présence d'animaux sauvages (ici un scorpion) associés à l'arbre place la défaite du monstre dans un contexte forestier, ce que Taube (2003, p. 472) interprète comme une métaphore de la domestication des plantes et de l'appropriation de la forêt par l'humain.

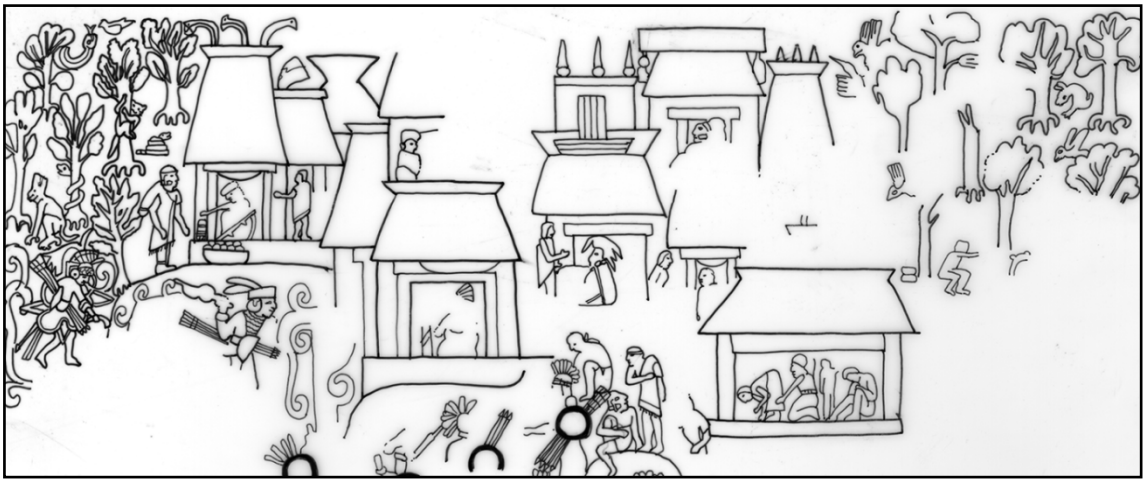


Figure 2.3. Représentation de la forêt. Peinture murale, détail du panneau sud-est du Temple des Jaguars, Classique terminal, Chichén Itzá. Collection de dessins de Linda Schele : 5069.

Figure 2.4. Représentation du dieu du maïs incarné en cacaoyer. Vase sculpté en pierre, Classique ancien. Collection Dumbarton Oaks, Washington. Dessin : Simon Martin.

Figure 2.5 Gauche : détail des peintures murales de San Bartolo (Petén, Guatemala) montrant, au centre, l'oiseau Vucub Caquix posé sur un calebassier. Dessin : Heather Hurst. Droite : fruit du calebassier (*Crescentia alata*) poussant sur le tronc. http://www.maya-ethnobotany.org.

Figure 2.6 Hunahpú chassant Vucub Caquix posé sur son arbre. Photo en déroulé, vase codex, Classique récent. Collection Justin Kerr : 1226.

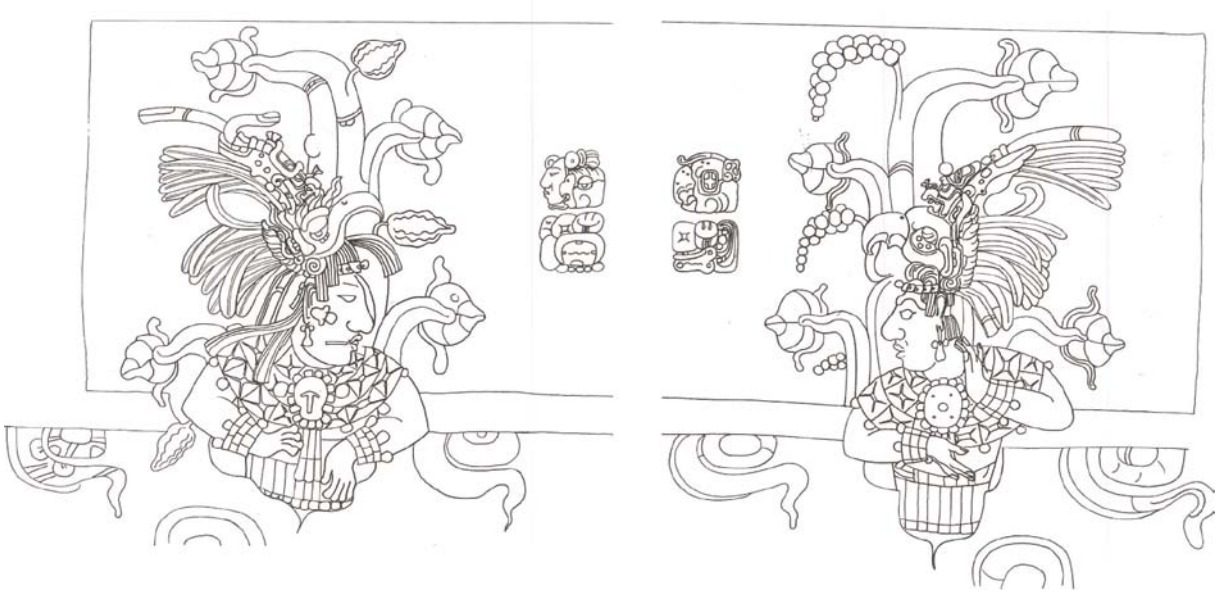


Figure 2.7. Bas-reliefs, figures 1 et 2, face nord du tombeau de Pakal, Palenque, Mexico, Classique récent. Dessin : Linda Schele. Schele et Freidel 1990, figures 179 et 181.

Figure 2.8 Motifs du foyer à trois pierres fumant dans l'iconographie maya (Taube, 1998). De gauche à droite : monument 74, Tonina ; détail de la coiffe d'un dirigeant représenté sur une stèle à Tonina ; foyer avec bois brûlant représenté sur la stèle 30 de Naranjo.

Le monde végétal, en tant que métaphore du cycle de vie, de mort et de renouveau, semble également étroitement associé dans l'iconographie aux morts et aux ancêtres (Bonnafoux, 2008, pp. 198–201). Les ancêtres divinisés sont fréquemment représentés se transformant en arbres fruitiers, comme pour souligner leur rôle nourricier (Stone et Zender, 2011, p. 17). À ce sujet, Bonnafoux (2008, p. 201) suggère que les fréquentes représentations de cacaoyers personnifiés, généralement identifiés comme des représentations du dieu du maïs, pourraient en fait représenter d'autres personnages défunts sous une forme déifiée. Une illustration des plus emblématiques de cette métaphore de « l'arbre-ancêtre » est illustrée sur les bas-reliefs du sarcophage de K'inich Janaab' Pakal à Palenque (Figure 2.7), où chaque ancêtre de la dynastie royale est associé à un arbre fruitier, parmi ceux qui étaient probablement cultivés par les Mayas dans les vergers à proximité des habitats (Schele et Freidel, 1990, p. 221).

Thème connexe à l'usage des bois, cette fois en tant que combustible, des études iconographiques et épigraphiques ont porté sur la dimension symbolique du feu et du foyer à trois pierres dans les conceptions des anciens Mayas (Stuart, 1998; Taube, 1998). Freidel et ses collègues (1993) identifient le motif du foyer à trois pierres dans les inscriptions (Figure 2.8) et proposent que ce symbole se retrouve dans l'architecture monumentale, notamment à travers les groupes triadiques, où les trois temples symboliseraient les trois pierres du foyer. D'après Taube (1998), ce motif est récurrent dans les monuments (temples et stèles) et dans les rituels. En démontrant l'assimilation du motif du foyer à celui de l'*axis mundi* dans l'imagerie (à travers le motif de l'arbre-encensoir ou l'association du foyer et du caïman, autre symbole de l'*axis mundi*) il propose que le foyer domestique, traditionnellement placé au centre de la maison, représente le centre du monde. Les encensoirs, éléments récurrents de l'équipement rituel, seraient également des représentations symboliques du foyer à trois pierres. Rice (1999) associe notamment les encensoirs à pointes, représentant les épines de la *ceiba*, à l'*axis mundi*. On ne représente ici que ce qui est caractéristique de l'arbre, c'est-à-dire ses épines, pour symboliser le centre du monde.

Cette riche imagerie permet donc d'approcher la dimension symbolique du monde végétal tel que perçu par les élites mayas préhispaniques, une dimension difficilement accessible à travers les autres types de données. Cela étant, si la représentation de certains arbres témoigne apparemment de leur valeur symbolique, elle ne garantit pas pour autant l'exploitation effective de leurs produits. La *ceiba*, par exemple, est l'un des arbres les plus représentés dans l'iconographie maya – l'une de ses représentations les plus connues étant celle du sarcophage de Pakal. Pour autant, son caractère sacré ainsi que la rareté des restes archéobotaniques de cette essence portent à croire que cet arbre n'avait peut-être pas d'autre usage que celui de symbole. De plus, l'identification des arbres représentés, si tant est qu'ils représentent bien des espèces particulières, est souvent incertaine, un problème qu'avaient déjà soulevé Turner et Miksicek (1984, p. 182). Cela est certainement dû à l'importante stylisation des représentations. On remarque, par exemple, que les dix arbres figurés sur les bas-reliefs du tombeau de Pakal, bien que portant des fruits clairement différents, sont tous représentés avec les mêmes feuilles stylisées (Figure 2.7). Tout comme les représentations de la *ceiba* figurant l'*axis mundi*, les végétaux sont stylisés pour représenter des symboles qui importent plus que leurs représentations naturalistes.

2.2.3. Ethnographie, ethnohistoire et ethnolinguistique

À défaut de textes préhispaniques à caractère économique ou traitant des aspects de la vie quotidienne des anciens Mayas, le recours à l'ethnographie, à l'ethnolinguistique et aux sources ethnohistoriques, s'est souvent avéré fort utile pour nourrir l'interprétation des données archéologiques. Par exemple, les symboles attachés à certains arbres, attestés par l'iconographie (Martin, 2006; Schele et Freidel, 1990; Taube, 2003), peuvent être éclairés grâce à la littérature cosmogonique datant des périodes coloniales. Les récits mythologiques relatés dans le Popol Vuh, rédigé en langue Quiché au XVI^{e} siècle, incluent plusieurs références à des arbres comme le *nance*, le calebassier et le cacaoyer (Tedlock, 1996). Pour reprendre un exemple cité plus haut, l'étude archéobotanique de Morehart (2011, 2002; Morehart et al., 2005) des feux rituels pratiqués dans les cavernes de la haute vallée du fleuve Belize à la période classique s'est appuyée sur un corpus de données ethnographiques, ethnohistoriques, linguistiques et iconographiques. Morehart documente l'usage préhispanique de plusieurs essences (e.g. *balche*, *siricote*, *habín*, *copal*, *chakah*), dont la fonction symbolique est suggérée par leur rôle dans les cérémonies mayas contemporaines (e.g. Alcorn, 1984; Breedlove et Laughlin, 2000; Vogt, 1976, 1969). Grâce à cette approche croisée entre différents types de sources, l'auteur propose que les charbons de pins issus de ces sites pourraient être les restes de torches brûlées au cours des rituels, et que cette pratique serait analogue à l'usage des bougies dans les cérémonies religieuses des Mayas contemporains des Hautes Terres (Morehart, 2011, pp. 107–110).

Dans un tout autre registre, la triple approche ethnographique, ethnohistorique et ethnolinguistique a constitué le socle méthodologique des recherches en anthropologie cognitive menées par S. Atran dans le Nord du Petén (Atran et al., 2004, 2002, 1993; Atran et Medin, 2008; Atran et Ucan Ek', 1999). Grâce à une analyse de la taxonomie ethnobiologique (*folk-biological taxonomy*), Atran a établi la continuité culturelle et cognitive entre les Mayas Itzas contemporains et les Mayas Cholti-Lacandon et Yucatèques qui peuplaient les Basses Terres aux XVI^{e} et XVII^{e} siècles. Par cette démonstration, il infère l'ancienneté des pratiques agroforestières traditionnelles des Itzas, qu'il suppose remonter au-delà du Contact. La validité de ce raisonnement a été questionnée par plusieurs chercheurs. Entre autres, G. Knapp a souligné les changements technologiques survenus depuis le Contact, comme l'apparition de la machette, qui ont profondément modifié les stratégies de gestion des espaces cultivés et des forêts (Atran et al., 1993, commentaire de Knapp p.691). Mais bien que fondamentalement ethnographiques et ethnohistoriques, les travaux d'Atran ont néanmoins fait émerger certaines notions qui peuvent enrichir considérablement l'interprétation des données archéologiques. Par exemple, à l'instar de l'étude de Metzger et Williams (1966) sur l'usage des bois de feu dans les communautés tzeltal du Chiapas, Atran a démontré l'impact déterminant des facteurs culturels sur les comportements humains en matière de gestion des ressources et d'exploitation de l'environnement (Atran et al., 2002; Atran et Medin, 2008).

Dans la recherche de facteurs environnementaux pouvant expliquer l'abandon des cités à la fin du Classique, les données de l'ethnographie ont également été employées dans l'élaboration de modèles prédictifs visant à évaluer la viabilité des systèmes d'exploitation agroforestière préhispaniques. Le raisonnement consiste à mesurer la capacité de charge environnementale, ou *carrying capacity*, dans le territoire contrôlé par une cité – par exemple, la surface totale de terres cultivables et la productivité d'une milpa – par rapport à la densité de population estimée et aux besoins en ressources, calculés à

partir de données ethnographiques quantitatives (e.g Atran et al., 1993; Cowgill, 1962, 1960; Ford et Nigh, 2015, pp. 114–124; Reina, 1967; Schreiner, 2002). En se fondant sur des observations ethnographiques à San Benito dans le Nord du Petén, Wiseman fut probablement l'un des premiers à tenter d'évaluer les quantités de bois nécessaires à la population du Petén estimée pour la période classique, par rapport à la biomasse forestière disponible (Wiseman, 1983, 1978). Il a ainsi mis en avant la primauté des besoins en bois de feu par rapport aux autres usages des bois, et souligné le potentiel conflit entre le déboisement des terres pour l'agriculture et le maintien des espaces forestiers pour l'approvisionnement en combustibles. À sa suite, plusieurs chercheurs ont repris et approfondi cette approche, qui fut dès lors utilisée alternativement comme argument ou contre-argument dans le vaste débat autour de l'hypothèse de la déforestation dans les Basses Terres (e.g Abrams et Rue, 1988; Atran et al., 1993; Lentz et al., 2015). Ces études se sont souvent avérées contradictoires, révélant le fait que de telles estimations dépendent lourdement des données sélectionnées pour les calculs (McNeil, 2012, p. 23). Ainsi par exemple, les estimations des besoins en bois de feu par Atran (1993, pp. 681–682) contredisent celles de Wiseman (1978, p. 78).

2.2.4. Ethnoarchéologie et expérimentation

Dans le cadre d'études ethnoarchéologiques, des expérimentations ont été menées pour mesurer l'investissement nécessaire, en matière première et en temps de travail, dans des activités techniques liées aux usages des bois. Par exemple, Lewenstein (1987) a mesuré le temps nécessaire pour abattre un arbre avec des outils en pierre de facture préhispanique. Son expérience a montré que pour abattre un *chakah* (*Busera simaruba*) de taille moyenne, dont le bois est pourtant très léger (d'une densité de 0,3), trois hommes-heure sont nécessaires, avec, en plus, un aiguisage et un remplacement régulier des outils.

Mais la technologie qui semble le plus avoir retenu l'attention des chercheurs est certainement la production de la chaux. Plusieurs études expérimentales ont, en effet, consisté à reproduire les techniques traditionnelles de production de la chaux afin de mesurer les quantités produites par rapport aux quantités de matières premières brûlées et d'estimer l'impact environnement potentiel de cette technologie (e.g. Russell et Dahlin, 2007; Schreiner, 2002; voir également Wernecke, 2008). Mais comme le note Wernecke (2008, p. 203), les chercheurs sont partis du principe que les techniques anciennes étaient les mêmes que celles d'aujourd'hui. Ayant fouillé un site classique ancien dédié à la production de chaux dans la lagune de Placencia sur la côte sud du Belize, MacKinnon et May (1990) ont proposé et expérimenté un processus préhispanique hypothétique de production de chaux à partir de coquillages marins. Plus récemment, Seligson et al. (2017) ont expérimenté une technique qu'ils ont documentée archéologiquement sur le site de Kiuic situé dans la région Puuc (Nord du Campeche), consistant à brûler les matériaux calcaires dans des fours semi-enterrés. Ils démontrent ainsi la plus grande efficacité, en termes de consommation de combustibles, de cette méthode utilisée au Classique récent et terminal, par rapport à la technique moderne du bûcher à l'air libre. D'autres structures semi-enterrées interprétées comme des fours à chaux ont été documentées sur d'autres sites mayas, notamment sur le site de Mixco Viejo dans les Hautes Terres (Fauvet-Berthelot, 1986), ainsi qu'à Copán au Honduras (Abrams et Freter, 1996).

2.2.5. Phytosociologie des forêts actuelles

Hypothèse initialement formulée par Lundell (1938, 1937), la théorie des « reliques végétales » (Turner et Miksicek, 1984, p. 181) part du principe que la composition actuelle des forêts des Basses Terres, et notamment la répartition et la densité de certains arbres considérés comme les plus utiles, résulte des pratiques agroforestières préhispaniques (Barrera et al., 1977; Campbell et al., 2006; Ford, 2008; Gómez-Pompa, 1987b). Cette hypothèse a d'abord porté sur le *chicozapote* (*Manilkara zapota*) et le *ramón* (*Brosimum alicastrum*), arbres multi-usages parmi les espèces dominantes dans le Nord du Petén, puis sur d'autres espèces également très abondantes actuellement, telle que le *guayo* (*Melicoccus oliviformis*) (Folan et al., 1979). En démontrant que le *ramón* est plus abondant de nos jours autour du site de Tikal par rapport à d'autres espaces forestiers et en s'appuyant sur des observations ethnographiques, Puleston (1982, 1968) propose que l'espèce avait dû y être abondamment cultivée à l'époque classique et que ses fruits devaient représenter une importante source alimentaire pour les Mayas de Tikal, au moins en cas de mauvaise récolte de maïs. Cette approche a été reprise par la suite au Mexique, notamment à Cobá (Quintana Roo), où Folan et ses collègues (1979) ont établi une corrélation positive entre la répartition actuelle des arbres utiles (notamment les fruitiers et les arbres à résine) et celle des structures archéologiques d'élite. Ils ont ainsi proposé que des jardins étaient aménagés dans des zones centrales de la cité contrôlées par les élites locales pour la production des ressources économiques et cérémonielles (Folan et al., 1979). Le même raisonnement a été suivi à El Pilar au Belize pour tenter de mettre en évidence, dans les forêts actuelles, les reliques des jardins forestiers préhispaniques (Ross, 2011). Dans le Yucatán, Gómez-Pompa et ses collègues se sont appuyés sur des sources ethnographiques et ethnohistoriques pour suggérer que les cacaoyers découverts dans des cenotes au sud de Valladolid sont les reliques de vergers préhispaniques (Gómez-Pompa et al., 1990).

Dire que cette approche fut violemment contestée est un euphémisme. Turner et Miksicek (1984, p. 181) ont souligné le fait que l'étude de Folan et al. (1979) ne prend pas en compte l'intensité des pratiques agraires récentes des populations locales, dont l'impact sur la forêt est attesté notamment par la présence d'espèces introduites comme le citronnier (*Citrus aurantiifolia*). De même, la présence d'agrumes (*Citrus spp.*), de cocotiers (*Cocos nucifera*) et de bananiers (*Musa paradisiaca*), toutes des espèces introduites, dans les cenotes où ont été observés des cacaoyers (Gómez-Pompa et al., 1990) suggère que ces bosquets sont d'origine postcoloniale. Par ailleurs, plusieurs écologues et biologistes ont montré que la répartition actuelle du *ramón* est plus vraisemblablement due à des facteurs écologiques et édaphiques induits par la calcification des sols à proximité des ruines, qui ont contribué à créer des conditions de croissance optimales pour certaines espèces (Lambert et Arnason, 1982; Miksicek et al., 1981b; Miranda, 1958; Peters, 2000, 1983; White et Darwin, 1995). Cette observation vaut également pour le *guayo*, autre espèce fortement calciphile et systématiquement associée au *ramón* (Schulze et Whitacre, 1999). Peters (1983) explique aussi que le *ramón* a certainement été favorisé par l'abondance des chauve-souris autour des ruines, qui en consomment les fruits et contribuent ainsi à une plus grande dispersion des graines.

Comme le précise Peters (2000, p. 218), ces observations ne nient pas le fait que des arbres, en particulier le *ramón*, ont pu être cultivés ou au moins favorisés par les Mayas préhispaniques. Elles démontrent en revanche que l'impact à long terme de l'occupation maya sur les forêts est indirect et

plus probablement dû à de profonds changements des écosystèmes. La récente étude menée par Hightower et al. (2014) à Caracol (Belize) va complètement dans ce sens. Grâce à la technologie du LIDAR, cette étude démontre le très fort impact que les terrasses agricoles préhispaniques, en modifiant durablement la topographie et la composition chimique des sols, ont eu sur la structure actuelle de la canopée.

Partir de la distribution et de la densité actuelle des espèces reconnues comme utiles dans les sociétés contemporaines pour inférer les pratiques sylvicoles préhispaniques apparaît donc comme une approche de plus en plus discutable. En revanche, le potentiel informatif des populations végétales modernes dans l'étude des pratiques anciennes existe bel et bien, notamment via l'observation des phénotypes. Peters (2000, p. 218) observe en effet d'importantes différences phénotypiques et phénologiques (en termes de comportement reproductif et de production de fruits) entre les populations de *ramón* du parc de Tikal – monoïques et présentant deux à trois fructifications par an – et celles d'autres forêts d'Amérique centrale – dioïques et ne présentant qu'une fructification annuelle. Il propose que la plus grande productivité des individus de Tikal pourrait être l'expression de génotypes reliques délibérément sélectionnés pour l'usage continu et intensif de l'espèce. Cette hypothèse met en exergue l'intérêt des études génétiques pour la reconstitution des pratiques agroforestières dans les sociétés anciennes.

2.2.6. Génétique des cultivars

Dans le domaine de la biologie moléculaire, la génétique végétale, utilisée par des archéologues dans une perspective anthropologique, constitue un champ disciplinaire très prometteur dans l'étude de l'exploitation des arbres et des plantes par les Mayas préhispaniques. La génétique des cultivars se fonde sur le fait que les pratiques agraires et sylvicoles impliquent de façon inhérente des processus de sélection des cultivars en fonction de traits phénotypiques jugés utiles. Ce processus de domestication des espèces se traduit généralement par une réduction de la diversité génétique entre les populations cultivées, d'une part et, d'autre part, par une plus forte différenciation entre populations cultivées et non cultivées ne correspondant pas à une distance géographique. En caractérisant la variabilité génétique d'une espèce entre plusieurs populations (cultivée/non cultivée ou entre différentes zones géographiques), il est donc possible de reconstituer la généalogie des différentes variétés et de déterminer si la diversité génétique observée est le résultat de manipulations anthropiques anciennes ou récentes ou bien de facteurs environnementaux.

Cette approche a largement été employée en archéologie dans les problématiques liées à la domestication ancienne des plantes. En Mésoamérique et en Amérique du Sud, ces études se sont principalement concentrées sur la domestication du maïs (e.g Bonavia, 2013; Piperno et Pearsall, 1993; Pohl et al., 2007), mais ont aussi porté sur d'autres espèces comme le manioc (*Manihot esculenta*) (Rogers, 1965) ou le cacao (*Theorboma cacao*) (Motamayor et al., 2002). Plusieurs études en biologie végétale ont également été menées sur la domestication des arbres fruitiers comme l'avocatier (*Persea americana*) (Ashworth et Clegg, 2003; Galindo-Tovar et al., 2007), le papayer (*Carica papaya*) (Fuentes et Santamaría, 2014) et le *nance* (*Byrsonima crassifolia*) (Croft, 2012).

On peut citer deux applications probantes de ce champ de recherche en lien direct avec les problématiques de l'archéologie environnementale dans l'aire maya. L'une a consisté à analyser la

variabilité génétique du *chicozapote* dans les Basses Terres centrales, afin de tester l'hypothèse, controversée, d'une sylviculture de l'espèce par les Mayas préhispaniques (Thompson, 2013; Thompson et al., 2015a). L'autre étude a porté sur la pinède du *bajo* de Santa Fe, située à 18 km au nord-est de Tikal dans le bassin versant du fleuve Holmul (Figure 2.8). Cette population localisée de pins caribéens, connue sous le nom d'El Pinal, fut découverte en 1960 lors d'une expédition de la compagnie pétrolière Esso (Dvorak et al., 2005). Environ 5400 individus adultes sont dispersés d'est en ouest sur une zone de 1,8 km², en plein cœur d'une forêt basse dense de marais saisonnier. Sa proximité avec la cité de Tikal ainsi que son caractère assez inattendu dans le paysage ont conduit certains chercheurs à avancer l'hypothèse que cette population descendrait d'une plantation préhispanique de pins par les Mayas de Tikal (Fialko, 2001). Les pins d'El Pinal sont en effet visiblement associés à des micro-élévations qui ont été interprétées comme les vestiges d'anciens champs surélevés. Cette hypothèse fut réfutée par l'étude de Dvorak et al. (2005) qui a combiné l'approche génétique à un modèle climatique prédictif. La forte variabilité génétique qui existe entre les individus traduit leur origine naturelle, et leur similarité avec les populations de Poptún indiquent que les pins d'El Pinal sont probablement un reliquat d'une ancienne population continue dans les Basses Terres. D'après les auteurs, l'extension du pin caribéen a fluctué par le passé en fonction des variations climatiques. Les périodes plus sèches sont propices à son expansion au profit des forêts humides, alors qu'un retour à des conditions plus humides, tel que ce fut le cas au cours du siècle dernier, entraîne son déclin en raison de périodes d'immersion plus longues dans les zones inondables. Ce serait une combinaison de facteurs climatiques, géographiques, topographiques et écologiques qui aurait permis la germination, vraisemblablement récente, et le maintien des pins dans ce secteur précis du bassin versant du fleuve Holmul. D'ailleurs, une autre population de pins caribéens en tout point semblable existe à Ejido Caobas, dans l'extrême Sud du Quintana Roo. Rien n'indique, dans cette étude, qu'El Pinal existait au moment de l'occupation de Tikal. Mais elle n'en démontre pas moins le fait que le pin caribéen a pu se développer à proximité des cités mayas centrales, à des périodes où les conditions climatiques étaient favorables.

La génétique des cultivars est sans conteste une approche actualiste puisqu'elle a pour objet d'étude des organismes actuels. Mais elle n'en procure pas moins des évidences directes de l'usage et de la culture des arbres par les populations anciennes, dans la mesure où le génome conserve en mémoire toutes les mutations subies par l'espèce au cours des siècles, et que ces mutations peuvent être les conséquences directes de la sélection humaine.

Figure 2.9 Vue depuis le nord des pins dans le *bajo* de Santa Fe, Nord du Petén, Guatemala.

Affirmer que les bois et charbons de bois archéologiques sont les seules évidences directes et irréfutables de l'usage des bois et de l'évolution des espaces boisés ne signifie pas que leur étude soit suffisante pour comprendre dans leur globalité les dynamiques socio-écologiques dans les sociétés anciennes. Il est évident que ces données archéologiques directes doivent être confrontées à celles des différentes approches paléoenvironnementales, archéologiques et actualistes exposées précédemment, afin d'enrichir le discours interprétatif et d'élaborer des modèles scientifiquement solides. En revanche, les modèles relatifs aux interactions entre les Mayas préhispaniques et les forêts fondés uniquement sur des approches indirectes (le plus souvent actualistes) ne sont que pure spéculation s'ils ne reposent sur aucune évidence archéologique ou archéo-environnementale.

2.3 Synthèse des connaissances actuelles sur les usages anciens des ressources ligneuses dans les Basses Terres mayas

On sait que les ressources ligneuses étaient fondamentales dans les sociétés Mayas préhispaniques. Le bois, et peut-être aussi le bambou (Houston et al., 2017), servaient pour la construction des structures en matériaux périssables ainsi que pour la confection de certains éléments architecturaux dans les édifices monumentaux, tels que les linteaux et les poutres des charpentes (Hellmuth, 1989; Lentz et Hockaday, 2009; Robinson et McKillop, 2013). Il est également certain que les ressources ligneuses furent utilisées pour les échafaudages indispensables à l'édification des monuments. Le bois d'œuvre servait aussi à la confection d'outils, d'armes, de canoës et d'objets ornementaux comme les figurines (Coggins et Ladd, 1992a; McKillop, 2005; Pendergast, 1974; Prufer et al., 2003; Prufer et Dunham, 2009).

Parmi les essences qui nous sont parvenus, *Manilkara sp.* est la plus fréquemment identifiée dans les bois d'œuvre comme dans les bois de construction des édifices monumentaux (Hellmuth, 1989; Lentz et Hockaday, 2009; McKillop, 2005; Pendergast, 1974). Cela est probablement dû, au moins en partie, à la durabilité exceptionnelle de ce matériau. D'après Hellmuth (1989, pp. 3–5), des éléments architecturaux en bois de *Haematoxylum sp.* ont été identifiés dans les édifices monumentaux à Tikal, dans le Petén et le Campeche. Du bois de *Platimiscium yucatanum* (*subinche*) aurait été identifié dans le Temple des Sept Poupées à Dzibilchaltún (Yucatán), et des bois de *Caesalpinia sp.*, *Cordia dodecandra* (*siricote*) et *Gliricidia sepium* (*madre cacao*) ont été mentionnés dans les sites postclassiques du Nord de la péninsule, mais Hellmuth (1989) doute de la validité de ces dernières identifications. Les autres bois d'œuvre préhispaniques connus à l'heure actuelle sont *Dalbergia sp.* (Prufer et Dunham, 2009), *Pinus sp.* (Coggins et Ladd, 1992a) et une possible Meliacées utilisée pour la confection de la figurine de Xmuqlebal Xheton Cave (Prufer et al., 2003). Dans les sites côtiers de Paynes Creek dans le Sud du Belize, Robinson et McKillop (2013) ont documenté l'usage du bois de mangrove *Avicenna germinans* (palétuvier noir) pour les constructions rurales, ainsi que des bois provenant des forêts hautes locales tels que *Symplocos martinicensis*, *Eugenia sp.*, *Ficus sp.*, *Hieronyma sp.* et *Casearia sp.*

Les études paléolimnologiques de McNeil (2010) à Copán et Rushton et al. (2012) à Lamanai suggèrent que le bois de pin issu des pinèdes locales fut abondamment exploité comme matériau de construction. D'après les estimations fondées sur des observations ethnographiques, les besoins en bois d'œuvre devaient représenter une part minime des besoins généraux en bois – 120 t/an à Tikal au Classique Récent (Lentz et al., 2015, p. 167). Pourtant, les deux seules études concernant les bois de construction dans les Basses Terres, à Tikal et dans les sites de Paynes Creek, ont montré des changements dans la sélection des bois de construction au cours du temps, que les auteurs interprètent comme la conséquence d'une surexploitation des bois préférentiels.

On suppose que les toits des structures en matériaux périssables étaient fait principalement de feuilles de palmiers (*Attalea spp.* et *Sabal spp.*), comme c'est encore le cas de nos jours dans les Basses Terres. Des restes carbonisés de tiges de palmiers sont fréquemment retrouvés sur les sites (e.g. Lentz, 1999; Thompson et al., 2015b), ce qui atteste de leur usage au moins comme combustibles et permet

de supposer leur usage comme matériau de construction également. Les estimations des besoins en feuilles de palmier pour les constructions, faites par Wiseman à partir de données ethnographiques, suggèrent un usage intensif de ces plantes arborescentes à la période classique, dépassant probablement les ressources disponibles (Wiseman, 1983, pp. 152–153). Wiseman en déduit que des plantations de palmiers ont dû exister pour couvrir les besoins de la population en matériaux de construction. On sait néanmoins que d'autres végétaux, notamment des graminées annuelles (Poacées), pouvaient être employés pour la confection des toitures. Cela a été démontré à Cerén (Lentz et al., 1996b), rejoignant ainsi les données ethnographiques relatives aux constructions traditionnelles mayas dans les Hautes Terres et dans le Yucatán (Wauchope, 1938, p. 108).

Le bois représentait le combustible pour la cuisson des aliments, la cuisson des céramiques et la production de la chaux nécessaire à la fabrication des mortiers pour l'architecture. D'après les données anthracologiques disponibles, on sait qu'un grand nombre d'essences étaient utilisées comme combustibles, traduisant la collecte opportuniste d'essences locales. On suppose toutefois que certains bois de feu ont pu faire l'objet d'une sélection, comme c'est le cas dans les communautés mayas contemporaines (Atran et al., 2004; Metzger et Williams, 1966; Sanabria, 1986). En effet, malgré une richesse taxonomique importante, les assemblages anthracologiques sont souvent relativement peu diversifiés, avec une différence très marquée entre taxons dominants et taxons mineurs qui ne correspond pas toujours à leurs proportions dans l'environnement actuel. Par exemple, sur les 21 taxons identifiés dans le spectre anthracologique de Chan B'i, le taxon Chrysobalanaceae domine l'assemblage à hauteur de 44% des charbons identifiés (Robinson et McKillop, 2014). De même, sur les 77 taxons identifiés à Tikal, quatre taxons (*Manilkara*, *Haematoxylon*, *Licaria* et *Pinus*) constituent 42% du spectre (Thompson et al., 2015b).

On sait que l'usage du bois de pin comme combustible était répandu dans les Basses Terres, au moins depuis le Préclassique, puisque des charbons de pin ont été identifiés sur la plupart des sites ayant fait l'objet d'une étude anthracologique (Dussol et al., 2016; Lentz et al., 2005, 2012, 2014b, 2015, 2016; Miksicek, 1991; Morehart, 2011; Thompson et al., 2015b; Trabanino, 2014). On suppose, compte tenu de l'aire de répartition actuelle du pin caribéen (*Pinus caribaea*) dans les Basses Terres, que le bois de pin a dû faire l'objet d'échanges à plus ou moins longue distance (Miksicek, 1991, 1983). Des chercheurs ont également envisagé que la distribution de cette ressource et peut-être aussi sa production, via la sylviculture ou l'entretien de populations d'arbres préexistantes, ont pu avoir été contrôlées au niveau politique (Lentz et al., 2015, 2005). Par ailleurs, en croisant des données archéobotaniques, ethnographiques et ethnohistoriques, Morehart a avancé l'hypothèse que le bois de pin avait dû être une composante essentielle des cérémonies religieuses menées dans les cavernes de la haute vallée du fleuve Belize, dans lesquelles il a dû avoir un rôle symbolique (Morehart, 2011, 2002; Morehart et al., 2005). Cette hypothèse a été confortée par la suite par plusieurs études sur des sites des Basses Terres centrales, où les charbons de pin sont abondants dans des contextes rituels et cérémoniels (Dussol et al., 2016; Lentz et al., 2016, 2012; Prufer et Dunham, 2009). En revanche, l'étude des dépôts de cendres des sépultures de Río Bec a permis de supposer que les feux effectués à l'occasion de ces rites funéraires particuliers faisaient l'objet d'une composition intentionnelle intégrant un maximum d'essences (Dussol et al., 2016).

Élément essentiel des religions mésoaméricaines, le rôle fondamental du feu dans les systèmes de croyance et les pratiques rituelles des anciens mayas n'est plus à démontrer (Stuart, 1998). Grâce à l'analyse de la sémantique des textes et des polysémies suggérées dans les motifs récurrents de l'imagerie classique, des chercheurs ont proposé qu'il existait un lien symbolique entre les encensoirs, le foyer à trois pierre et l'*axis mundi* représenté par l'arbre *ceiba* (Taube, 1998). Les évidences archéologiques de l'usage rituel du feu ne manquent pas dans les sites mayas. Qu'il s'agisse de simples traces de combustion sur les sols ou les objets, ou bien des restes brûlés eux-mêmes, leur association avec certains types de structures et de contextes considérés comme des lieux privilégiés pour entrer en communication avec les entités surnaturelles (temples, autels, encensoirs, caches, niches, sépultures, cavernes, etc.) indique que l'acte de brûler, des encens ou d'autres objets, devait être une étape clé dans le déroulement des rites anciens. Par rapprochement avec les cérémonies religieuses des sociétés mayas des époques coloniale et contemporaine, relatées dans les sources ethnographiques et ethnohistoriques, on attribue au feu un rôle purificateur et transformateur. Le fait de brûler les offrandes et de les transformer en fumée est interprété comme le moyen par lequel on nourrit symboliquement les dieux, les esprits et les ancêtres, en échange de leurs bienfaits (Morehart et Butler, 2010; Morehart et al., 2005). Le feu est aussi destructeur et aurait servi à libérer l'énergie accumulée dans les édifices lors des rituels de terminaison effectués avant leur abandon.

S'agissant des chaînes opératoires d'acquisition et d'usages des bois, on ne dispose que de très peu d'éléments. L'absence d'outils en métal dans les sociétés mayas préhispaniques, qui implique que le bois était nécessairement coupé avec des outils lithiques, encourage à penser que le bois de feu quotidien devait être majoritairement collecté sous forme de bois mort dans l'environnement local, pour des raisons évidentes d'accessibilité et d'économie d'énergie. Toutefois, la découpe de bois, malgré le fait qu'elle devait représenter un travail considérable (cf. Lewenstein, 1987), était inévitable, ne serait-ce que pour la préparation des éléments architecturaux tels que les linteaux, également pour la confection des objets. De plus, le fait que le bois du *chicozapote* soit plus facile à travailler lorsqu'il est encore vert, a permis de supposer que les linteaux et les poutres utilisés notamment dans les édifices de Tikal avaient dû être taillés à partir d'arbres fraîchement abattus (Coe et al., 1961). On sait également que des lames d'obsidiennes, malgré leur fragilité, servaient à tailler du bois, comme cela a été démontré à Los Naranjos au Honduras (Morell-Hart et al., 2014).

Tous les modèles quantitatifs relatifs à la consommation du bois chez les Mayas préhispaniques (Abrams et Rue, 1988; Lentz et al., 2015, 2014a; Wiseman, 1978) s'accordent sur le fait que le bois de feu domestique représentait la plus grande part de consommation du bois – 37 000 t/an à Tikal au Classique récent selon Lentz et al. (2015, p. 167). En revanche, les estimations pour la production de la chaux contredisent l'hypothèse de Hansen (1995). À Tikal au Classique récent, Lentz estime, en se fondant sur des données ethnographiques, à 1 590 t/an les besoins en bois pour la production de la chaux et à 3 310 t/an pour la cuisson des céramiques (Lentz et al., 2015, p. 167). Néanmoins, on sait que les anciens Mayas ont employé des techniques de production de la chaux différentes de celles observées dans les sociétés traditionnelles (i.e. fours semi-enterrés) et moins consommatrices en combustibles, tel que cela a été démontré par l'archéologie expérimentale (Seligson et al., 2017). Compte tenu des besoins considérables en bois de feu, Wiseman (1978) puis Lentz et al. (2015, p. 170) ont avancé l'hypothèse que l'aménagement et la gestion d'espaces forestiers spécialement dédiés à la production de combustibles ont dû être indispensables pour subvenir aux besoins des cités

mayas. L'hypothèse d'une sylviculture pour le bois a également été proposée par Lentz et Hockaday (2009) à Tikal, cette fois dans le cadre de l'approvisionnement en bois de *chicozapote* (*Manilkara zapota*) pour la construction des édifices monumentaux. L'étude génétique faite par Thompson sur le *chicozapote* dans les Basses Terres centrales tend à conforter cette hypothèse puisqu'elle démontre que le niveau de variation génétique entre différentes populations au Guatemala et au Belize est plus proche des espèces exploitées pour le bois, telles que *Swietenia humilis* (une espèce proche de l'acajou), que de celles cultivées pour leurs fruits (Thompson et al., 2015a, p. 8).

L'arboriculture fut vraisemblablement un élément central de l'économie dans les sociétés mayas préhispaniques, au moins pour les ressources alimentaires. Les données archéobotaniques montrent, en effet, que l'économie de subsistance incluait plusieurs espèces d'arbres fruitiers telles que les sapotes, les anones, les palmiers, l'avocatier, le goyavier, le *siricote*, le *nance*, le *jocote* (*Spondias* sp.), le cacaoyer, et possiblement l'anacardier (Lentz, 1999; McKillop, 1994). Certains de ces arbres ont dû être favorisés ou cultivés dans les jardins à proximité immédiate des habitats, comme cela a été démontré sur le site de Cerén (Lentz et al., 2015, pp. 173–174). On sait également que des arbres étaient utilisés pour d'autres ressources qu'alimentaires, comme le copal (*Protium copal*) et le *hule* (*Castilla elastica*), exploités pour leur résine (Coggins et Ladd, 1992b). Par ailleurs, on suppose, sur la base d'observations ethnographiques et de données ethnohistoriques, que d'autres arbres comme le *ramón* ont dû avoir un rôle important dans l'économie de subsistance des sociétés mayas à la période classique (Atran et al., 1993; Lundell, 1938; Puleston, 1982, 1968).

*

Si tous les chercheurs reconnaissent l'importance cruciale de la gestion des ressources ligneuses dans l'économie des sociétés mayas préhispaniques, l'impact que cette économie a pu avoir sur l'environnement et rétroactivement sur le développement et le déclin des cités, fait encore l'objet de débats (Fedick, 2010; McNeil, 2012). Les études paléolimnologiques indiquent que le couvert forestier dans les Basses Terres centrales a connu de nombreuses fluctuations depuis l'apparition des premiers établissements humains au milieu de l'Holocène, jusqu'à l'abandon plus ou moins généralisé de la région centrale par les Mayas vers la fin du premier millénaire de notre ère, et même au-delà (Brenner et al., 2002). L'importance des facteurs anthropiques dans ces changements environnementaux successifs par rapport au facteur climatique, n'est pas encore bien comprise. En outre, les conclusions d'études paléo- et archéo-environnementales menées sur différents sites des Basses Terres sont parfois divergentes, révélant la variabilité qui a dû exister dans les stratégies d'adaptation et la capacité de résilience des cités mayas face aux perturbations environnementales. Il est donc primordial de s'attacher à comprendre l'impact qu'ont pu avoir ces systèmes économiques au niveau local, avant d'envisager des modèles à échelle régionale.

PARTIE II METHODES ET CORPUS

Dessin page suivante : « *Marais* », J. et G. Joly

PRINCIPES THEORIQUES ET AXES METHODOLOGIQUES

Application de la méthode anthracologique à une cité maya classique des Basses Terres centrales

3 Le chapitre précédent a fait état du peu de connaissances et des hypothèses actuelles concernant l'économie des ressources ligneuses et la gestion des forêts par les anciens Mayas. À travers l'étude anthracologique systématique d'un site, on cherche à restituer ce système économique de façon empirique, et à comprendre l'impact environnemental de ce dernier sur le long terme. Les méthodes de l'anthracologie sont ici adaptées à un contexte socio-culturel, environnemental et archéologique spécifique, qui conditionne la démarche scientifique et les modèles interprétatifs. Cette étude a nécessité la mise en place, au préalable, d'une collection de référence de bois propre aux Basses Terres centrales. Elle a, de plus, été enrichie par deux autres approches complémentaires : une enquête ethnographique sur les usages actuels des bois dans le Nord du Petén et une étude expérimentale de la combustion d'essences néotropicales. Ces différents outils, présentés dans la première section de ce chapitre, ont permis d'améliorer les identifications taxonomiques et l'interprétation des données anthracologiques. La seconde section du chapitre expose la démarche de constitution et d'analyse du corpus anthracologique mise en place pour répondre aux problématiques de l'étude.

3.1. Pré-requis à l'étude anthracologique 107
3.1.1. La collection de référence des bois des Basses Terres centrales 107
3.1.2. L'enquête ethnographique sur l'usage des combustibles dans le Nord du Petén 112
3.1.3. L'étude expérimentale de la combustion d'essences néotropicales 118

3.2. L'étude anthracologique de Naachtun 123
3.2.1. Constitution du corpus anthracologique 123
3.2.2. Étude du corpus anthracologique 134

3.1. Pré-requis à l'étude anthracologique

3.1.1. La collection de référence des bois des Basses Terres centrales

Principe de l'identification anthracologique

Chaque espèce ligneuse se caractérise par une structure anatomique spécifique (voir 3.2.2, Annexe B). L'identification anthracologique consiste donc à comparer les caractères anatomiques des charbons archéologiques, conservés grâce à la carbonisation, avec ceux de bois modernes de référence, impliquant nécessairement une connaissance précise de la flore locale et régionale. Cette démarche s'appuie sur le principe d'actualisme, qui postule que l'anatomie des espèces ligneuses n'a pas changé au cours du temps. Pour les périodes récentes du Quaternaire qui concernent l'archéologie, ce principe est tout à fait valide. On estime, en effet, que la majorité des groupes d'angiospermes qui forment l'essentiel des forêts tropicales actuelles, est complètement établie dès la fin du Crétacé il y a environ 66 millions d'années, alors que l'émergence et la diversification des gymnospermes (conifères et cycades) eu lieu au cours du Jurassique entre 200 et 146 millions d'années (Bridgewater, 2012, p. 33).

Le niveau de précision des identifications anthracologiques dépend notamment de la qualité des référentiels xylologiques disponibles (atlas xylologiques, bases de données en ligne, publications spécialisées et collections de référence). Dans les régions tropicales, où l'extrême biodiversité végétale implique que de nombreuses espèces ligneuses n'ont jamais fait l'objet d'une description anatomique (ou bien celles-ci n'ont pas été publiées), il est souvent nécessaire de commencer par rassembler une collection d'essences de bois actuels la plus vaste possible et propre à la région d'étude. On sait en effet que la structure anatomique du bois peut s'adapter aux conditions environnementales locales et que certaines populations d'une même espèce peuvent présenter des variations anatomiques en fonction des milieux, qui dépendent de facteurs climatiques, géographiques et édaphologiques (e.g. Aguilar Rodríguez et Barajas-Morales, 2005; Moya et Tomazello, 2008). Il est donc important que les collections de bois de comparaison proviennent de la même zone géographique que le matériel anthracologique étudié et qu'elles contiennent, idéalement, des échantillons issus de plusieurs individus pour une même espèce. À l'instar de nos prédécesseurs anthracologues tropicalistes (Bachelet, 2011; Dotte-Sarout, 2010; Moutarde, 2006; Scheel-Ybert, 1998), le premier travail mené dans le cadre de cette recherche doctorale a donc consisté en la compilation d'une collection de référence des bois des Basses Terres centrales, initialement inexistante en France.

Elle s'est obligatoirement accompagnée du recensement systématique de la flore ligneuse des Basses Terres centrales (Annexe A). À partir des inventaires floristiques de Lundell (1937), Schulze et Whitacre (1999) et Atran et al. (2004) pour le Nord du Petén, et celui de Martínez et Galindo Leal (2002) pour le Sud du Campeche, cette liste d'espèces a été complétée grâce à d'autres sources bibliographiques et numériques (Arellano Rodriguez et al., 2003; Davidse et al., 1994; Pennington et Sarukhán, 2005; Roig Juñent et al., 2012; Standley et al., 1946). Toutes les espèces ayant été recensées dans le Petén, le Campeche, le Quintana Roo et le Belize d'après ces sources sont systématiquement enregistrées, avec leurs noms vernaculaires en espagnol et en maya lorsqu'ils existent. Certains synonymes sont également indiqués si ceux-ci sont employés dans des sources récentes. Cet inventaire compte aujourd'hui 835 espèces ligneuses, incluant des espèces arborées, arbustives, lianescentes ainsi

que des monocotylédones (palmiers et bambous). Il n'est évidemment pas exhaustif, compte tenu de la très grande biodiversité des forêts des Basses Terres et du fait que certaines sources correspondent à des travaux en cours (i.e. Davidse et al., 1994) et sont donc incomplètes. Mais une telle synthèse floristique utilisable facilement n'en représente pas moins un outil indispensable pour garantir un travail d'identification efficace des charbons ainsi que des interprétations pertinentes des spectres anthracologiques (voir plus avant) dans un site des Basses Terres centrales.

Compilation de la collection

La collection de référence des bois des Basses Terres centrales, présentée dans l'atlas numérique associé à ce manuscrit, compte actuellement 231 taxons, tous types de matériels compris (échantillons physiques et photographies). Sa compilation a été menée selon deux lignes d'action : 1) prélèvement de bois directement dans l'environnement du site et identification botanique des essences, et 2) démarches auprès de xylothèques pour l'obtention d'échantillons de bois et la consultation de lames minces (Figure 3.1).

Cette seconde stratégie découle, en fait, des nombreux contretemps et difficultés administratives qui ont considérablement retardé l'exportation de la collection des bois prélevés à Naachtun. Celle-ci ne fut, en effet, exportée à Paris qu'en janvier 2016, soit près de trois ans après la collecte des échantillons sur le site en mars 2013. Il va sans dire que ce déroulement imprévu des événements a grandement impacté la démarche de l'analyse du matériel anthracologique. Celle-ci sera détaillée ultérieurement (3.2.2), mais on peut déjà remarquer qu'au-delà de tous les inconvénients que cela a pu entraîner, le fait de commencer par l'analyse du matériel archéologique a permis de mieux cibler d'emblée les besoins spécifiques à l'étude de Naachtun, et de concentrer ensuite les recherches auprès des xylothèques, en 2014 et 2015, sur les espèces les plus susceptibles d'aider aux identifications. On constatera, par exemple, l'effort investi dans l'acquisition de matériel de référence pour les espèces de Fabacées (76 échantillons correspondant à 44 taxons, qui recouvrent 60 % des Fabacées ligneuses recensées dans les quatre inventaires susmentionnés), par rapport à celui investi pour les Lauracées (4 échantillons pour 3 espèces, sur 9 espèces ligneuses recensées dans ces mêmes inventaires). En effet, parmi les charbons archéologiques, un seul taxon a été attribué avec certitude à cette dernière famille. Pour cette même raison liée aux contraintes calendaires, l'analyse en laboratoire du matériel de référence une fois acquis s'est focalisée sur les familles les plus représentées dans les charbons archéologiques, telles que les Myrtacées, les Rubiacées ou les Polygonacées, alors que d'autres, comme les Malvacées, n'ont pas été jugées prioritaires puisque non représentées dans le matériel anthracologique. C'est pourquoi la liste des taxons actuellement inclus dans la collection de référence précise ceux qui ont fait l'objet d'une analyse (photographie et/ou description des caractères anatomiques) et qui sont présentés dans l'atlas numérique de référence.

Figure 3.1 Compilation de la collection de référence des bois des Basses Terres centrales mayas.

Taxons collectés dans l'environnement du site

La collecte d'un maximum d'essences ligneuses – arbres, arbustes, lianes – a été effectuée dans l'environnement du site de Naachtun lors de la campagne de mars-avril 2013, en collaboration avec l'Herbario BIGU de l'université San Carlos de Guatemala, et avec l'aide précieuse d'informateurs/collecteurs guatémaltèques (employés du projet et gardes forestiers). Des échantillons de bois mature (branche ou tronc) ainsi que des échantillons de feuilles, fleurs et/ou fruits lorsqu'ils étaient présents, ont été prélevés sur chaque nouvelle essence rencontrée. Au total, 156 individus ont été échantillonnés dans un rayon d'environ 4 km autour du site. Les échantillons de bois ont été séchés à l'air libre durant trois semaines, puis carbonisés à l'étouffée dans un foyer aménagé directement sur le terrain. Cette collection de bois carbonisés a ensuite été divisée en deux parties, la première étant conservée à l'Herbario BIGU et la seconde ayant été exportée vers Paris. Les herbiers ont été déposés à l'Herbario BIGU, où les ingénieurs agroforestiers M. Veliz et L. Velasquez (présent sur le terrain) ont procédé à l'identification taxonomique des essences. Après suppression des doublons, le bilan de cette collecte locale s'élève à 97 taxons différents appartenant à 37 familles, parmi lesquels 77 ont pu être identifiés au niveau spécifique (Figure 3.2).

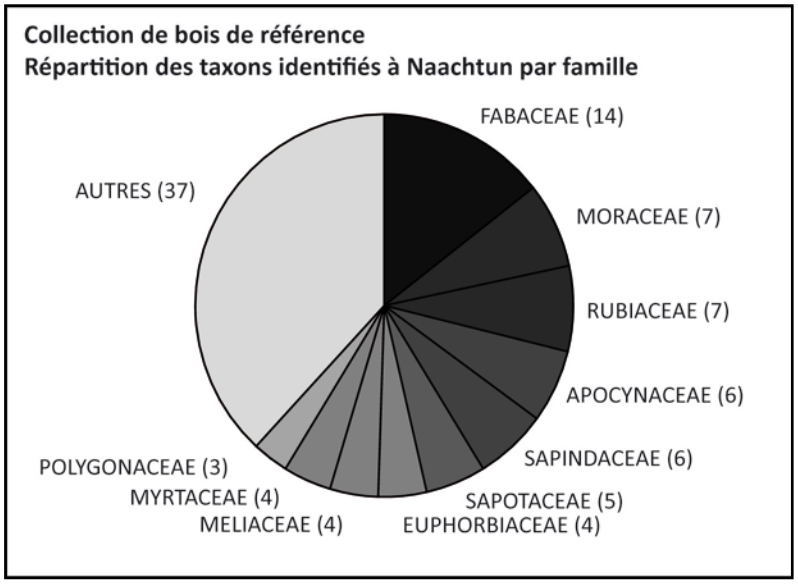


Figure 3.2 Nombre de taxons par famille collectés dans l'environnement du site de Naachtun.

Bien qu'il ne s'agisse pas d'un inventaire floristique à proprement parler, cette collecte locale permet de constater que le spectre floristique de Naachtun, en termes de présence/absence des espèces, se situe véritablement à l'interface entre les forêts humides du Sud et celles, plus sèches, de la moitié nord de la péninsule. Certaines espèces collectées à Naachtun, comme *Ficus yoponensis*, *Matayba clavelligera*, *Pimenta guatemalensis* et *Lysiloma aurita*, semblent plutôt associées aux forêts hautes des Basses Terres méridionales (Davidse et al., 1994). Ces espèces ne sont d'ailleurs mentionnées dans aucun inventaire floristique du Nord du Petén (Atran et al., 2004; Lundell, 1937; Schulze et Whitacre, 1999). D'autres espèces sont, à l'inverse, beaucoup plus caractéristiques des forêts moyennes sub-pérennes à sub-caducifoliées de la zone mexicaines de la péninsule. C'est le cas de *Allophylus*

racemosus, *Caesalpinia yucatanensis*, *Rochefortia spinosa*, *Gymnopodium floribundum* et *Hyperbaena winzerlingii*, cette dernière n'ayant été recensée, jusqu'à présent, qu'au nord de la frontière mexicaine (Davidse et al., 1994).

Donations de xylothèques

Un séjour a été effectué au Musée royal de l'Afrique centrale (MRAC, Tervuren, Belgique) au printemps 2014, puis un autre à l'Institut de Biologie de l'université nationale autonome du Mexique (UNAM, Mexique) à l'automne 2015, afin de collecter, sous différentes formes, du matériel de référence complémentaire. La xylothèque du Muséum national d'histoire naturelle de Paris (MNHN) fut également sollicitée dès l'automne 2013. À partir du catalogue de chaque xylothèque et de l'inventaire floristique des Basses Terres centrales, a été établie une liste d'espèces-cibles, à consulter en priorité pour les identifications en cours et/ou à acquérir pour la collection physique. Dans la mesure du possible, les spécimens provenant d'Amérique centrale, voire de la Péninsule du Yucatán, ont été privilégiés par rapport aux spécimens caribéens, sud-américains et africains (parfois seuls spécimens disponibles pour l'espèce-cible). Ces démarches ont permis d'obtenir des échantillons de bois de 57 taxons, ainsi qu'un ensemble de 49 lames minces de bois provenant de la Réserve de Biosphère de Calakmul, offert par J. Barajas-Morales, curatrice de la xylothèque de l'UNAM (collection en cours de publication). De plus, les lames minces de 69 taxons ont pu être consultées au MRAC ainsi qu'à l'UNAM. Une fois rapportés au laboratoire d'archéobotanique de Paris 1 à Nanterre, chaque échantillon de bois, consistant en des cubes d'environ 2 à 5 cm^3, a été redécoupé. Une partie a été carbonisée dans un four à moufle à 400°C pendant 40 min, de façon à intégrer la collection de bois carbonisés, l'autre partie a été conservée et est destinée à la fabrication de lames minces de bois.

Analyse du matériel de référence

La collection de bois de référence est actuellement conservée au laboratoire d'archéobotanique de l'université de Paris 1, situé à la Maison Archéologie & Ethnologie (MAE) de Nanterre. Elle compte pour l'instant 178 taxons, à quoi s'ajoute une collection exclusivement numérique de 53 taxons, non présents physiquement dans la collection, mais dont les lames minces ont été consultées et photographiées lors des séjours dans les différentes xylothèques. L'analyse des échantillons de référence est menée au service d'imagerie et de microscopie optique (SIMO - USR 3225) de la MAE. Les bois carbonisés sont observés au microscope optique à réflexion après cassure du charbon à la main. Les lames minces sont observées au microscope à transmission. Les structures cellulaires du bois, observées à des grossissements de x50 à x500, sont décrites dans les trois plans d'observation du bois : plan transversal (perpendiculaire à l'axe du bois), plan longitudinal tangentiel (parallèle à l'axe du bois et tangentiel aux cernes de croissance) et plan longitudinal radial (parallèle à l'axe du bois et aux rayons ligneux) (Annexe B-1). Pour ce faire, une fiche de description systématique du bois a été établie à partir de la liste des caractères anatomiques définie par l'association internationale des anatomistes du bois (IAWA, Wheeler et al., 1989) et adaptée aux bois néotropicaux (Annexe B-2). Les microscopes sont équipés d'une caméra numérique reliée à un ordinateur, ce qui permet de réaliser des photomicrographies du bois et de prendre les mesures standard des structures cellulaires grâce à un logiciel d'analyse et de traitement d'image.

Lancée dans le cadre de la présente recherche doctorale, la collection de bois de référence des Basses Terres centrales a eu pour premier objectif de permettre des identifications fiables et précises du matériel anthracologique de Naachtun. Cette collection a néanmoins vocation à s'enrichir, dans l'avenir, de nouveaux taxons, afin d'encourager et d'améliorer les futures études anthracologiques dans la zone maya.

3.1.2. L'enquête ethnographique sur l'usage des combustibles dans le Nord du Petén

Les études ethnographiques relatives à l'économie des combustibles dans les sociétés mayas contemporaines ont essentiellement porté sur des aspects techniques et quantitatifs, dans l'optique d'évaluer l'impact environnemental hypothétique de cette composante essentielle de l'économie de subsistance dans les sociétés préhispaniques (Atran et al., 1993; Wiseman, 1978, 1983). La production traditionnelle de la chaux a fait l'objet d'un intérêt particulier, surtout depuis que cette activité fut envisagée comme l'une des causes possibles de la déforestation autour des cités mayas (Hansen et al., 2002; Russell et Dahlin, 2007; Schreiner, 2002) (voir Chapitre 2.2.4). Peu d'études se sont en revanche intéressées spécifiquement aux combustibles domestiques quotidiens en termes de modes de collecte, de gestion et de perception, les deux études consacrées à ce sujet étant celle de Metzger et Williams (1966) dans les communautés tzeltal du Chiapas, et celle de Sanabria (1986) dans la communauté yucatèque de Xul (Yucatán) (voir Chapitre 1.2.2). Dans le Nord du Petén, Atran a inventorié un certain nombre d'essences employées comme combustibles dans la communauté itza de San José (Atran et al., 2004), mais ses nombreux travaux ont surtout porté sur les usages des plantes utiles, dans l'artisanat, l'alimentation et la médecine traditionnelle, et sur les systèmes agroforestiers en général, plus que sur la gestion des bois de feu en particulier. Il est donc apparu utile de s'interroger sur cette question dans une perspective ethnoarchéologique (David et Kramer, 2001; Picornell Gelabert et al., 2011). Kramer (1996 cité par David et Kramer 2001, p. 12) définit l'ethnoarchéologie comme un « travail ethnographique de terrain mené dans le but manifeste d'améliorer la recherche archéologique, en documentant des aspects du comportement socioculturel susceptibles de laisser des vestiges archéologiques identifiables ». C'est donc pour obtenir d'éventuelles informations complémentaires pouvant inspirer l'interprétation des données archéologiques qu'une courte enquête ethnographique a été menée en avril 2015, à l'occasion de la campagne annuelle du Projet Naachtun.

Origine des informateurs

Parmi les six informateurs interrogés dans le cadre de cette enquête (Tableau 3.1), quatre sont des agriculteurs ladinos ou q'eqchi, résidant dans les villages de Uaxactun et La Libertad (Figure 3.3) et travaillant de façon saisonnière au sein du Projet Naachtun. Dans ces communautés rurales, situées respectivement à 26 km au nord de Tikal et à 32 km au sud-ouest de Flores, l'économie est essentiellement agraire et forestière. La plupart des habitants cultivent le maïs et d'autres cultigènes dans les milpas via la technique de l'agriculture sur brûlis, et de nombreuses familles dépendent encore en partie des ressources forestières pour leur subsistance, notamment de la collecte de bois comme combustible. Jusqu'à récemment, la plupart des habitants y produisaient eux-mêmes leur chaux, composante indispensable à l'économie domestique quotidienne, à partir des ressources locales. Alors que la municipalité de la Libertad a essentiellement fondé son économie commerciale sur l'élevage bovin, la principale activité commerciale de Uaxactun, en tant que concession forestière

incluse dans la Réserve de Biosphère Maya, est, outre la coupe de bois, la collecte et l'exportation de certaines ressources forestières non ligneuses, en particulier les feuilles du palmier *xate* et les fruits de la *pimienta* et du *ramón*. Développées comme alternatives économiques durables pour lutter contre la déforestation, ces industries forestières, gérées à Uaxacun par l'OMYC (Organisation de gestion et de conservation), emploient une grande partie des habitants qui y trouvent une activité complémentaire à la culture de la milpa, surtout depuis le déclin de l'industrie du *chicle* à partir des années 1970 (Gretzinger, 1998).

Tableau 3.1 Liste des informateurs.

Informateur	Date et lieu de naissance	Lieu de résidence	Professsion/Fonctions
Reginaldo Chayax Huex	7/09/1939, San José	San José	Chaman et guérisseur spécialisé dans l'usage des plantes dans la médecine traditionnelle Itza Fondateur de l'association BioItza
Aderito Chayax Tesucún	5/03/1979, San José	San José	Administrateur de la Réserve BioItza et directeur de l'association BioItza
Elfego Pacay Marín	19/12/1955, La Libertad	La Libertad	Logisticien au sein du Projet Naachtun
Adam Peréz Salacán	23/09/1954, Uaxactún	Uaxactún	Travailleur au sein du Projet Naachtun, Président de la OMYC Agriculteur et xatero
Enecon Oxlaj	9/06/1964, Santa Elena	Uaxactún	Travailleur au sein du Projet Naachtun Chiclero et xatero
Jorge Adolfo Gerra Ramos	15/11/1964, Uaxactún	Uaxactún	Travailleur au sein du Projet Naachtun Chiclero et xatero

Les deux premiers informateurs sont des représentants de l'association BioItza dont le siège se situe dans la municipalité de San José sur le lac Petén Itza. Depuis sa fondation en 1991, l'association BioItza encourage l'implication des communautés locales et l'intégration de la culture maya itza traditionnelle dans la conservation de la biodiversité régionale. Une de ses principales activités consiste à promouvoir une gestion durable des ressources forestières, en œuvrant pour la reforestation et pour le maintien des systèmes agroforestiers traditionnels. Ces actions se sont notamment concrétisées via la création de la Réserve BioItza, une zone de 36 km² de forêt au nord de San José concédée par le gouvernement pour une durée de 50 ans. Cette réserve se situe en bordure sud de la Réserve de Biosphère Maya et constitue la première réserve communautaire indigène du Guatemala (Chayax Huex et al., 1998; United Nations Development Programme, 2012).

Les informations collectées au cours de l'enquête ethnographique émanent donc de personnes qui, bien que d'origines diverses – Itzas natifs, Ladinos hispanophones et récents immigrés Q'eqchi –, ont toutes une expérience longue, sinon ancestrale, de la forêt et de l'usage des ressources ligneuses, dans de multiples aspects de l'économie locale.

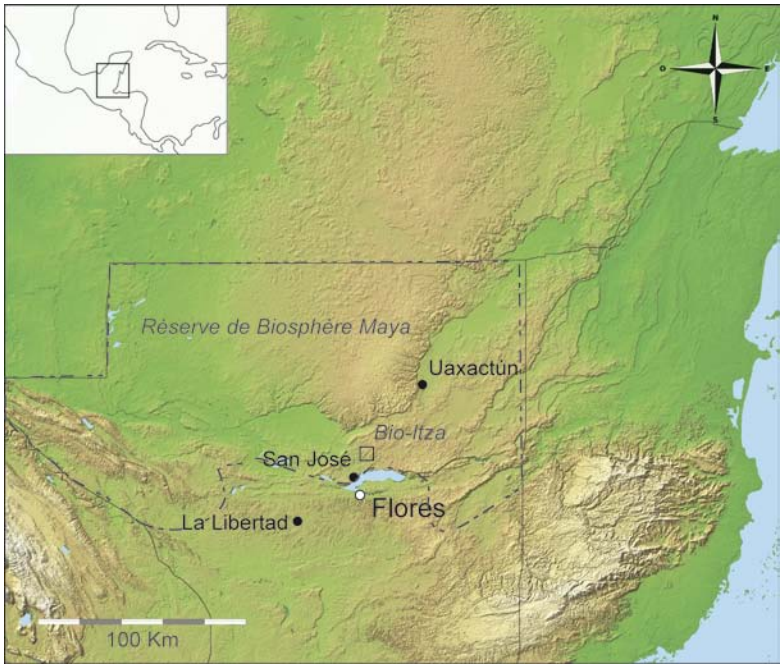


Figure 3.3 Localisation des sites mentionnés dans le cadre de l'enquête ethnographique sur l'usage des combustibles dans le Nord du Petén.

La démarche ethnographique

L'enquête a consisté en des entretiens en espagnol de type semi-structuré ouvert, qui visent à encourager les informateurs à parler de leur propre perception et de leurs expériences à partir d'un questionnaire préparé (Picornell Gelabert et al., 2011). Deux types d'entretiens, en face à face et en situation lors de trajets en forêt, se sont déroulés sur plusieurs jours sur le site de Naachtun ainsi que dans le village de San José lors d'un court séjour sur place. Les principales questions abordées au cours des entretiens ont été les suivantes :

- *Quels bois de feu ou autres combustibles sont employés ? Pour quel(s) usage(s) et pourquoi ?*

- *Quels sont les meilleurs combustibles ?*

- *Comment, où et quand sont-ils collectés ?*

- *Certains bois peuvent-ils être collectés et/ou brûlés verts ?*

- *Certains bois sont-ils évités comme combustibles et pourquoi ?*

- *Y a-t-il des périodes de pénurie de bois ?*

Lors des entretiens en face à face, s'est posé le problème prévisible de l'ethno-taxonomie des arbres mentionnés, dans la mesure où les noms communs peuvent faire référence à plusieurs espèces. Par exemple, le nom *roble* désigne aussi bien les espèces de chêne (*Quercus spp.*) qui poussent dans les savanes du Centre du Petén, que l'espèce *Bourreria mollis*, un grand arbre des forêts hautes et humides. Les sorties en forêt ont ainsi eu l'avantage de permettre d'interroger l'informateur directement sur telle ou telle essence rencontrée dont le nom scientifique était connu.

Il ne s'agit évidemment pas ici d'une véritable recherche anthropologique, qui aurait impliqué des séjours prolongés au sein des communautés afin d'observer les comportements sociaux au quotidien (observation participante). De plus, les informateurs n'étant pas tous d'origine maya, les informations recueillies ne relèvent pas systématiquement d'une tradition native. L'objectif de cette enquête était davantage de comprendre comment sont perçus les bois de feu, quels sont leurs modes d'acquisition et de gestion et s'il existe des contraintes dans l'approvisionnement en combustibles, au sein de communautés où l'économie de subsistance est encore en partie dépendante des ressources forestières et dans un environnement tel que celui du Nord du Petén. Nous présentons ici une synthèse des informations recueillies aux cours des différents entretiens.

Types de combustibles et usages

Le tableau 3.2 dresse la liste des essences de bois mentionnées au cours des entretiens. Les bois appréciés comme combustibles sont globalement classés en deux catégories : les bois à braise ou « *guarda fuego* » et les bois à flammes. Les bois à braise sont ceux dont le duramen est le plus développé, « *los que tienen corazón* ». Ils servent principalement à la cuisson domestique qui nécessite une combustion lente. Les principaux mentionnés, tous des bois très denses, sont le *chicozapote*, le *sacuché*, le *silillon*, l'*escobo negro*, le *quiebrahacha*, le *kante* ou *madre cacao*, le *tinto*, le *chaltecoc*, les *malerios*, le *chintok*, le *sapotillo*, le *nance* et le *sacwayum*. Les bois à flammes sont des bois légers ou moyennement denses tels que les *majaguas*, le *chakah*, le *chechen negro* et le *ramón*. Ils sont surtout utilisés pour la cuisson du maïs et l'allumage des feux domestiques. Certains bois présentent un comportement mixte et produisent autant de flammes que de braises, c'est le cas du *canxan ché* et du *guayabillo*, bois par ailleurs très denses. Les bois peuvent être brûlés sec ou verts, en fonction de leur nature ou de l'usage que l'on en fait.

Dans les communautés de Uaxactun et La Libertad, le *chechen negro* est le principal bois utilisé pour la combustion des pierres calcaires servant à produire la chaux. Brûlé vert car sa haute teneur en résine est supposée améliorer la qualité de la chaux, le bois du *chechen negro* est régulièrement accompagné des bois du *jobo*, du *chakah* et du *guano*, ainsi que de tout autre bois sec de différents calibres. Ces essences étant des matériaux légers, cela peut sembler *a priori* paradoxal puisque l'industrie de la chaux nécessite de hautes températures de combustion que l'on obtient en général plus facilement avec des bois denses. Mais d'après Schreiner (2002), le fait d'user de bois vert pour la production de la chaux sert justement à obtenir une combustion lente et contrôlée. De plus, le pouvoir calorifique dépend surtout du calibre du bois. Chez les Itzas de San José, c'est traditionnellement le *habín* et le *guano* verts qui sont employés pour la production de la chaux. D'autres bois peuvent être brûlés verts ou moyennement secs pour les feux quotidiens et ils se consument alors plus lentement. Il s'agit des bois denses, considérés comme retenant moins l'humidité, et des bois à résine. L'allumage des feux se fait avec du petit bois, des déchets de taille du bois, de l'écorce, du pin *ocote* (acheté sur les marchés uniquement), des épis de maïs et des feuilles de *guano*. Anciennement, les Itzas employaient également de la graisse animale pour l'allumage des feux, notamment celle du *cerdo de monte* (*Tayassu spp.*) mais cela ne se pratique plus de nos jours. Enfin, certains bois sont utilisés pour la production de charbon, en particulier le *nance*, le *ramón*, le *malerio blanco* et le *roble*.

Sélection et collecte des combustibles

Le bois de feu domestique est collecté quotidiennement dans les forêts proches des habitats (et les savanes s'il y en a), dans un rayon de 1,5 km à pied au maximum. Les bois sont également ramassés ou coupés dans les milpas, au cours des jours qui peuvent s'écouler entre le brûlis et le semis. Pendant cette période, tous les végétaux (branche, racine, palmiers, lianes...) sont secs et peuvent donc être collectés pour servir de combustible. Le bois est principalement collecté sec, qu'il s'agisse de branches ou de troncs tombés à terre ou d'arbres morts sur pied. Tous les informateurs s'accordent sur le fait que le bois ne manque jamais compte tenu de la proximité des forêts et du système du brûlis qui entretient les stocks. En revanche, l'élément central dans la sélection et la collecte des combustibles s'est révélé être la saisonnalité. En saison sèche, tous les bois morts peuvent être collectés et utilisés comme combustibles. Seuls certains bois « sans force » ou se dégradant très vite sont évités, notamment ceux des ficus (*Ficus spp.*). Le bois de la *ceiba* n'est pas employé comme combustible, d'une part parce que l'arbre est sacré chez les Itzas, d'autre part parce que ce bois très tendre ne produit que de la cendre. Les bois du *chechen negro* et du *chechen blanco* produisent une fumée toxique et ne s'utilisent donc pas comme combustibles communs. En revanche, la saison des pluies ou « *invierno* » est la période de l'année au cours de laquelle les combustibles doivent être sélectionnés, ou bien coupés directement sur des arbres morts sur pied. Les bois pouvant être collectés en saison des pluies et/ou coupés et brûlés verts sont les bois denses mentionnés précédemment. Des bois comme le *ramón*, le *ramón colorado*, le *manax*, le *jobo*, le *mano de leon*, l'*amapola*, le *maculíz*, le *bojón*, le *chakah* et le *cojón* sont trop tendres, trop humides, et ne brûlent pas s'ils sont collectés en saison des pluies. D'autres bois issus des marais saisonniers comme le *tinto* sont inaccessibles en saison des pluies. Ces bois sont généralement collectés en saison sèche puis stockés. Le second critère qui entre en jeu dans la sélection des combustibles est le calibre des bois. Plusieurs informateurs disent ne pas collecter de bois d'arbustes, qui sont trop fins et se consument trop rapidement. Enfin, d'autres bois sont évités comme combustible s'ils ont d'autres usages prioritaires. Les bois du *pasaak*, du *cedro* et du *palo santo* ne sont généralement pas utilisés comme combustibles car ils servent principalement de bois de construction. Le bois du *ramón* ne s'utilise que s'il est mort mais n'est pas coupé, car les fruits et les feuilles servent pour l'alimentation humaine et animale.

Tableau 3.2 Essences de bois mentionnées lors des entretiens.

Nom commum	Taxon	Valeur
Chicozapote	*Manilkara zapota*	Apprécié comme combustible commun
Machiche	*Lonchocarpus castilloi*	Apprécié comme combustible commun
Silillon	*Pouteria sp.*	Apprécié comme combustible commun
Sapotillo	*Pouteria sp.*	Apprécié comme combustible commun
Chaltecok	*Caesalpinia spp.*	Apprécié comme combustible commun
Palo tinto	*Haematoxylum campechianum*	Apprécié comme combustible commun
Pimienta	*Pimenta dioica*	Apprécié comme combustible commun
Kante, madre cacao	*Gliricidia sepium*	Apprécié comme combustible commun
Quiebrahacha	Indéterminé	Apprécié comme combustible commun
Chintok	*Wimmeria concolor*	Apprécié comme combustible commun
Escobo negro	*Eugenia spp.*	Apprécié comme combustible commun
Malerio blanco	*Aspidosperma cruentum*	Apprécié comme combustible commun
Malerio colorado	*Aspidosperma megalocarpum*	Apprécié comme combustible commun
Sacuché	*Rehdera spp.*	Apprécié comme combustible commun
Canxan che	*Calyptranthes spp.*	Apprécié comme combustible commun
Ramón	*Brosimum alicastrum*	Apprécié comme combustible commun
Habín	*Piscidia piscipula*	Apprécié comme combustible commun
Guaya	*Melicoccus oliviformis*	Apprécié comme combustible commun
Nance dulce	*Byrsonima crassifolia*	Apprécié comme combustible commun
Nance agrio	*Byrsonima bucidifolia*	Apprécié comme combustible commun
Sacwayum	*Matayba oppositifolia*	Apprécié comme combustible commun
Guayabillo	*Eugenia/Myricaria spp.*	Apprécié comme combustible commun
Tzalam	*Lysiloma spp.*	Apprécié comme combustible commun
Sastante (majagua)	Indéterminé	Apprécié comme combustible commun
Guayaba	*Psidium guayava*	Apprécié comme combustible commun
Guayaba silvestre	*Psidium sartorianum*	Apprécié comme combustible commun
Botán, guano	*Sabal spp.*	Apprécié comme combustible spécialisé
Chechen negro	*Metopium brownei*	Apprécié comme combustible spécialisé
Chechen blanco	*Pleradenophora sp./ Sebastiania spp.*	Apprécié comme combustible spécialisé
Jobo	*Spondias mombin*	Apprécié comme combustible spécialisé
Chakah	*Bursera simaruba*	Apprécié comme combustible spécialisé
Subín	*Acacia spp.*	Utilisé comme combustible d'appoint
Jesmo	*Acacia spp.*	Utilisé comme combustible d'appoint
Katsin	*Acacia spp.*	Utilisé comme combustible d'appoint
Ramón colorado	*Trophis racemosa*	Espèce évitée
Palo de santo	*Myroxylon balsamum*	Espèce évitée
Manax	*Pseudolmedia spp.*	Espèce évitée
Ceiba	*Ceiba pentandra*	Espèce évitée
Ficus	*Ficus spp.*	Espèce évitée
Cedro	*Cedrela odorata*	Espèce évitée
Cojón	*Tabernaemontana donnell-smithii*	Espèce évitée
Mano de león	*Dendropanax arboreus*	Espèce évitée
Maculíz	*Tabebuia rosea*	Espèce évitée
Bojón	*Cordia alliodora*	Espèce évitée
Pasaak	*Simaruba glauca*	Espèce évitée
Amapola	*Pseudobombax ellipticum*	Espèce évitée

3.1.3. L'étude expérimentale de la combustion d'essences néotropicales

Cette étude constitue un axe de recherche à part entière dans le champ de la taphonomie. Bien que préliminaires, les résultats et leurs implications possibles relèvent de problématiques qui ne se limitent pas à au seul site de Naachtun, ni même à l'aire maya, mais touchent l'anthracologie tropicale en général. Les résultats de cette étude et leur interprétation font l'objet du Chapitre 5. Mais on en présente ici les fondements et les principales conclusions, puisque celles-ci ont conditionné les méthodes d'analyse appliquées aux charbons archéologiques (voir 3.2).

Taphonomie et expérimentation en anthracologie

La recherche d'un cadre théorique et méthodologique visant à garantir la représentativité paléoécologique des charbons a conduit les chercheurs à discuter des différents filtres pouvant modifier l'image de la végétation dans le spectre anthracologique – sélection humaine, processus taphonomiques, échantillonnage et biais de l'analyse (Asouti et Austin, 2005; Chabal et al., 1999; Théry-Parisot et al., 2010a). Une préoccupation récurrente a porté sur les différents biais taphonomiques pouvant impacter la conservation des charbons de bois, depuis leur formation au moment de la combustion, jusqu'aux méthodes d'échantillonnage sur le terrain. En effet, l'anthracologie étant basée sur l'analyse quantitative des charbons via leur dénombrement (Chabal, 1992), l'interprétation des diagrammes nécessite d'évaluer dans quelle mesure les proportions des taxons dans l'échantillon anthracologique résultant de la combustion reflètent fidèlement les proportions de bois mis au feu.

Une conservation différentielle et spécifique des charbons ?

Une conservation différentielle des charbons peut être induite successivement par le processus de combustion (réduction de masse et de volume, fragmentation), par les processus de fragmentation post-dépositionnels et par les processus d'échantillonnage, notamment par la technique de la flottation. La question encore débattue aujourd'hui est de savoir si ces agents taphonomiques successifs impactent différemment les essences en fonction de facteurs extrinsèques − taux d'humidité, calibre et état initial du bois, structure et aération du foyer, durée et intensité de la combustion, types de sols –, ou bien de facteurs intrinsèques − densité du bois, structure anatomique, composition chimique du bois ou des extractibles du bois (Ford, 1988; Théry-Parisot et al., 2010a). En d'autres termes, les agents taphonomiques impactent-ils les essences de façon spécifique ou aléatoire ? Si la conservation des charbons est aléatoire et indépendante de l'espèce, alors les échantillons anthracologiques considérés dans leur ensemble s'équilibrent mutuellement et sont donc représentatifs de l'ensemble des bois utilisés comme combustibles sur une période et un site donnés (Chabal, 1992, 1994; Chabal et al., 1999; Théry-Parisot et al., 2010a). Si, au contraire, la conservation des charbons est différentielle et liée à l'espèce, se posent alors les questions 1) du ou des facteurs intrinsèques induisant cette conservation différentielle, et 2) de la possibilité d'obtenir un indice prédictif permettant de calibrer les données anthracologiques (Théry-Parisot et al., 2010b). Pour l'archéologie et les reconstitutions

paléoenvironnementales, l'enjeu de telles études est donc d'essayer de déterminer si certains taxons seraient systématiquement sur- ou sous-représentés dans les assemblages anthracologiques[5].

Le schéma présenté ici est bien évidemment simpliste puisque, d'une part, certains facteurs tels que la durée et l'intensité de la combustion peuvent être des caractéristiques intrinsèques de l'espèce (pouvoir calorifique), mais ils peuvent tout autant dépendre des conditions de la combustion et de la composition spécifique du foyer ; et d'autre part, parce que la combustion est un processus complexe et que, par conséquent, le comportement des bois au feu ne peut être réduit à l'action d'un seul facteur (Théry-Parisot et al., 2010b).

Combustion et fragmentation post-dépositionnelle : l'approche expérimentale

Plusieurs auteurs se sont penchés sur la question de la représentativité des assemblages anthracologiques via l'expérimentation (e.g. Chrzazvez et al., 2014; Lancelotti et al., 2010; Lopinot, 1985; Loreau, 1994; Rossen et Olson, 1985; Théry-Parisot, 2002; Théry-Parisot et al., 2010b; Vanlandeghem, 2015). Mais ainsi que l'ont signalé Théry-Parisot et al. (2010a, p. 147), les conclusions des différentes études sont parfois contradictoires, et il semble que les résultats dépendent en grande partie des conditions expérimentales. Les travaux menés par Théry-Parisot et al. (2010b) sur l'impact du processus de combustion sur la conservation des charbons (réduction de masse et fragmentation) ont, certes, mis en évidence une variabilité dans le comportement des bois au feu, sans toutefois réussir à mettre en évidence une corrélation stricte entre un facteur en particulier, intrinsèque ou extrinsèque, et le taux de conservation des charbons. Selon ces mêmes auteurs, c'est précisément cette variabilité inter- et intra-spécifique dans le comportement des bois au feu qui garantit la représentativité des assemblages anthracologiques.

S'agissant des processus de fragmentation post-dépositionnels, les travaux menés par Chabal (Chabal, 1992, 1997) sur des charbons archéologiques ont permis d'établir statistiquement que toutes les essences se fragmentent de la même façon, indépendamment des propriétés physiques du bois, et que cette loi de fragmentation unique justifie la comparaison des données anthracologiques par le comptage des charbons. L'absence de corrélation entre densité initiale du bois et taux de fragmentation post-dépositionnelle s'explique par le fait que les propriétés mécaniques du bois sont fortement modifiées par la carbonisation (Braadbaart et Poole, 2008; Chrzazvez et al., 2014; Lancelotti et al., 2010; Rossen et Olson, 1985). L'étude expérimentale de Lancelotti et al. (2010) démontre que la résistance des charbons à la compression varie d'une espèce à l'autre mais qu'elle dépend avant tout des températures de combustion. À l'inverse, les résultats de l'étude de Chrzazvez et al. (2014) montrent que le taux de fragmentation est étroitement corrélé à l'espèce, indépendamment des températures de combustion, mais que cette variabilité inter-spécifique concerne d'avantage les petits fragments (< 2 mm), généralement non analysés, et n'est donc pas de nature à introduire un biais dans la représentation des taxons.

[5] L'assemblage anthracologique se réfère à un niveau archéologique global ou à une phase chronologique d'un site. Il peut donc rassembler plusieurs échantillons datés d'une même phase et provenant de différentes zones ou de différentes structures.

Les études expérimentales portant sur la conservation des charbons se sont majoritairement concentrées sur les bois tempérés européens, méditerranéens et nord-américains, à l'exception de l'étude de Lancelotti et al. (2010) menée sur des bois tropicaux en zone aride dans le Nord de l'Inde. La question qui demeure est donc la suivante : dans quelle mesure les résultats de ces études peuvent être extrapolés à d'autres types de bois dans d'autres aires géographiques, en l'absence de données empiriques ?

Préservation des charbons en zone maya : principe de l'expérimentation et principales conclusions

La question de la représentativité des charbons de bois en zone maya s'est imposée lorsque l'analyse des charbons archéologiques de Naachtun a mis en évidence d'importantes disparités entre les proportions de certains taxons dans le spectre anthracologique et leur représentation dans les forêts actuelles (voir Chapitre 6). Plus spécifiquement, *Manilkara sp.* est le taxon dominant dans la majorité des échantillons anthracologiques du site, ses proportions globales atteignant près de 17 % des charbons[6]. Or, le *chicozapote* (*Manilkara zapota*), espèce du genre la plus fréquente, n'est pas dominant, en densité d'individus, dans les forêts actuelles des Basses Terres. Il est même très peu représenté dans certaines zones (voir Chapitre 1.1.3). À l'inverse, le *ramón* (*Brosimum alicastrum*) est peu représenté dans les charbons archéologiques (2,7 %), alors que l'espèce compte parmi les plus abondantes et les plus largement répandues dans les forêts actuelles des Basses Terres. Cette non-concordance entre données anthracologiques et données écologiques modernes dans l'ordre de dominance des taxons peut s'interpréter de plusieurs façons :

1) variations écologiques : l'abondance de ces arbres dans l'environnement du site a varié depuis la période Classique, si les bois étaient collectés dans les mêmes proportions que leurs proportions relatives dans l'environnement.

2) sélection humaine : l'abondance du *chicozapote* et du *ramón* dans l'environnement local était globalement la même qu'aujourd'hui, mais le bois du premier était sélectionné en priorité pour servir de combustible, alors que second n'était pas ou peu utilisé ;

3) biais taphonomique : certains bois laissent plus de charbons à la combustion, ou ceux-ci sont moins impactés par les processus post-dépositionnels, alors que d'autres ont tendance à disparaître en raison des processus taphonomiques, résultant en une sur- ou sous-représentation de certaines espèces dans les échantillons anthracologiques par rapport aux combustibles réellement utilisés.

Il s'agit, en fait, d'une question centrale pour l'anthracologie maya, puisque ces deux espèces, particulièrement importantes dans les systèmes agroforestiers traditionnels, sont au cœur du débat sur l'économie agro-forestière des anciens Mayas et l'évolution des forêts dans les Basses Terres centrales (voir Chapitres 1.1.3 et 2.2.5).

Afin de permettre des interprétations fiables du diagramme anthracologique de Naachtun en termes environnementaux et/ou socio-culturels, il est apparu nécessaire de tester, en tout premier lieu, l'hypothèse de l'existence d'un biais taphonomique impactant les charbons de façon différentielle en fonction des essences. Le premier processus taphonomique impliqué dans la conservation des

[6] Proportion par rapport à l'ensemble des charbons dispersés issus de contextes généraux, représentant la synthèse des combustibles domestiques utilisés sur le long terme (voir 3.2.1).

charbons étant le processus de combustion, une étude expérimentale de la combustion a été menée, en avril 2015, sur cinq essences de la forêt maya, parmi lesquelles le *chicozapote* et le *ramón*. Elle a consisté en une série de feux monospécifiques à raison de six répliques par essence, suivis d'une série de cinq feux réunissant chacun toutes les essences. Son objectif principal était de déterminer si le *chicozapote* ou le *ramón* sont sur- ou sous-représentés dans les assemblages anthracologiques en raison d'une conservation différentielle des charbons à la combustion, et de façon plus générale, d'évaluer si les proportions de charbons résultant de la combustion reflètent fidèlement les proportions (en volume) des bois initialement brûlés.

Les résultats de cette étude, exposés en détail puis discutés dans le chapitre 5, ont montré que d'importantes variations existent, entre les essences, dans les quantités de charbons produites lors du processus de combustion. Dans des conditions expérimentales identiques, chaque essence semble présenter un comportement au feu propre qui se répète sur plusieurs répliques. En particulier, le bois du *ramón* disparaît presque complètement et laisse systématiquement très peu de charbons, ce qui encourage à penser que l'espèce pourrait être fortement sous-représentée dans les échantillons anthracologiques par rapport à son usage réel. En revanche, le bois du *chicozapote* ne semble pas produire particulièrement plus de charbons que les autres essences en moyenne. Aucune conclusion n'est cependant possible en ce sens, puisque le rang d'une essence dans un échantillon dépend des autres essences considérées. Et il est vraisemblable que la reproduction de cette expérimentation sur un autre groupe d'essences donnerait au *chicozapote* une place différente dans l'ordre de dominance.

Application des résultats aux charbons archéologiques

L'impact probablement différentiel de la combustion sur les charbons de chaque essence, dont on peut désormais supposer qu'il s'étend à d'autres essences tropicales, nécessite de s'interroger sur la représentativité des assemblages anthracologiques dans la zone maya. Les proportions relatives des taxons reflètent-elles fidèlement l'intensité d'usage de chaque essence ? Rien ne prouve, en effet, qu'un facteur extrinsèque inconnu ne soit en partie responsable de ces résultats, notamment l'état du bois au moment de la combustion (Henry et Théry-Parisot, 2014), et que les différences interspécifiques observées dans cette expérimentation ne soient finalement compensées sur un très grand nombre de feux. Il ne s'agit donc pas de réfuter la validité de l'analyse des proportions relatives des taxons, mais de tenir compte de l'existence possible de ce biais de représentation. Cela nous amène à deux conclusions :

1) le dénombrement des charbons reste nécessaire mais n'est pas suffisant, et doit être combiné à d'autres approches quantitatives ou semi-quantitatives pour mieux apprécier l'intensité d'usage des essences et leur ordre hiérarchique dans les assemblages anthracologiques ;

2) l'analyse diachronique des proportions des taxons est indispensable pour une interprétation fiable des dynamiques socio-environnementales (voir Chapitre 5.5).

Dans l'analyse quantitative des charbons archéologiques de Naachtun, il s'est donc avéré nécessaire de pondérer les proportions relatives des taxons, dont la seule prise en compte est susceptible de déformer l'image des combustibles utilisés, telle qu'elle apparaît dans les assemblages anthracologiques. Pour cela, nous avons eu recours à deux valeurs complémentaires, proportions relatives et ubiquité relative des taxons, combinées selon une perspective diachronique. L'analyse de

l'ubiquité relative (nombre de contextes archéologiques dans lesquels apparaît un taxon par rapport au nombre total de contextes considérés) est une approche semi-quantitative, probablement la plus couramment employée par les archéobotanistes américains. Dans un site urbain tel qu'une cité maya de l'époque classique, l'ubiquité semble, en effet, une valeur appropriée pour mettre en évidence l'usage fréquent et répandu d'une essence, sous réserve d'un échantillonnage large, le plus représentatif possible des différents types de contextes et des périodes d'occupation du site. Lorsque l'on examine l'ordre hiérarchique des taxons dans les charbons de Naachtun (Figure 3.4), on constate que, s'il existe bien une corrélation positive entre leur proportions et leur ubiquité, cet ordre varie, en fait, selon que l'on considère l'une ou l'autre valeur. Par exemple, le taxon *Maytenus* (rang n°9) est moins représenté dans le spectre que le taxon *Piscidia* (rang n°15) en termes de proportions relatives (respectivement 1,7 % et 2,9 % des charbons[7]), alors qu'il est plus largement distribué dans les contextes archéologiques (présent dans 47,6 % des contextes contre 28,6 % pour *Piscidia*).

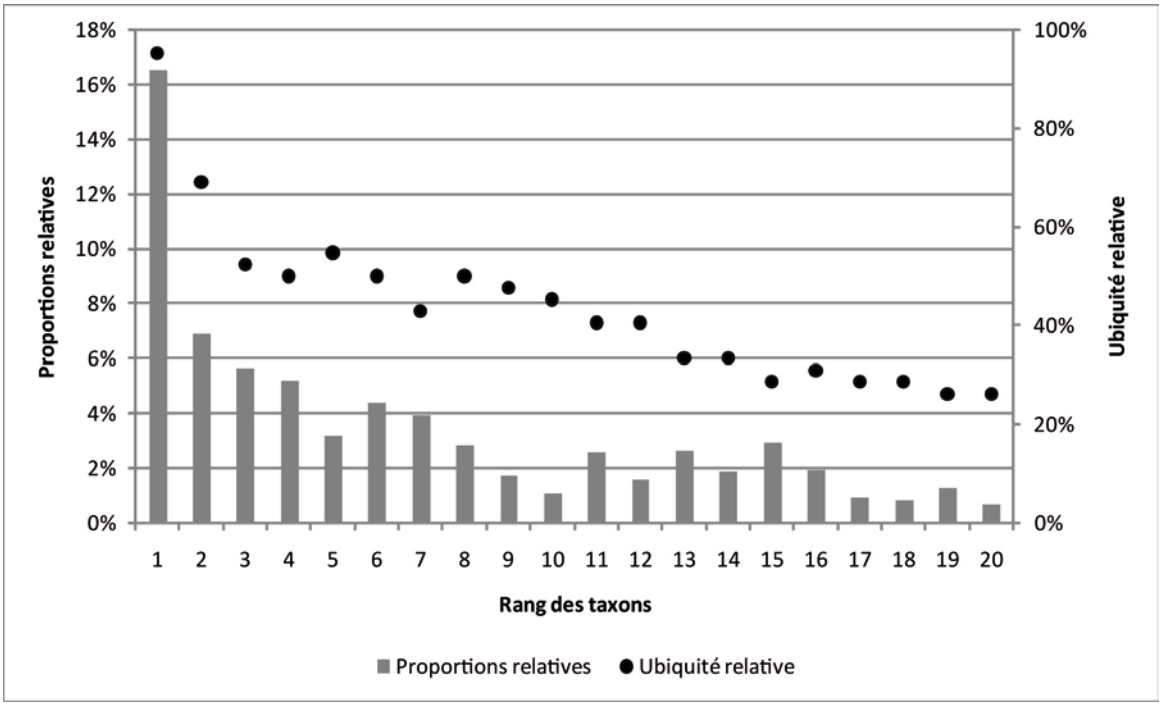


Figure 3.4 Relation entre les proportions relatives et l'ubiquité relative des 20 taxons les plus représentés parmi les charbons de Naachtun.

Afin de mieux évaluer l'intensité de l'usage des taxons et d'établir leur ordre hiérarchique de façon plus pertinente, on emprunte à l'écologie la notion de valeur d'importance des taxons (voir Chapitre 1.1.3) que l'on adapte aux données anthracologiques. On définit ici un indice d'importance relative des taxons (IR), auquel on se réfèrera tout au long de l'étude. Il se calcule selon la formule :

$$IR = Proportions\ relatives + ubiquité\ relative$$[8]

[7] Proportions et ubiquité par rapport à l'ensemble des charbons dispersés issus de contextes généraux, représentant la synthèse des combustibles domestiques utilisés sur le long terme (voir 3.2.1).
[8] *Idem*.

3.2. L'étude anthracologique de Naachtun

Cette étude vise à reconstituer l'économie des bois de feu à Naachtun, site urbain de la période classique, en termes de stratégies d'acquisition et de comportements humains. La perspective diachronique permettra de comprendre l'impact que cette économie a pu avoir sur l'évolution du couvert ligneux local au cours de huit siècles d'occupation humaine.

3.2.1. Constitution du corpus anthracologique

La démarche d'échantillonnage

La stratégie d'échantillonnage et de sélection des contextes archéologiques avait pour objectifs :

1) d'obtenir une séquence anthracologique diachronique fiable, représentative de l'usage global des combustibles à Naachtun,

2) de rassembler un corpus anthracologique large de dépôts reflétant l'usage du feu et des combustibles dans les activités spécialisées (rituelles et funéraires).

En se basant sur différentes zones du site, l'idée sous-jacente à cette démarche d'échantillonnage était de laisser ouvertes toutes possibilités d'analyses (diachronique, spatiale, fonctionnelle) qui permettraient de dégager le ou les facteurs environnementaux et/ou socio-culturels dont dépendent les usages des bois de feu à Naachtun. Notons qu'aucune aire d'activité artisanale, liée à la combustion des céramiques ou à la production de chaux par exemple, n'a été détectée à ce jour sur le site.

Pour répondre à ces objectifs, la mise en place du corpus s'est fondée sur une distinction fondamentale entre deux catégories de faits archéologiques : les contextes généraux et les dépôts spéciaux.

Contextes généraux et dépôts spéciaux

Les « contextes généraux » incluent les niveaux de terrassement, les remblais de construction, les niveaux d'occupation et les zones de rejets domestiques, dans lesquels les charbons dispersés sont les vestiges de nombreux feux représentant une durée d'activité longue (Chabal et al., 1999).

Appartenant généralement à la dernière phase d'occupation dans les zones résidentielles, les zones de rejets domestiques se présentent comme des concentrations de matériels archéologiques divers (céramiques, lithiques, fauniques, malacologiques et ossements humains) inclus dans des matrices cendreuses et charbonneuses et déposés directement sur les sols. Les rejets accumulés dans des zones proches des habitats constituent les dépotoirs domestiques, généralement situés à l'arrière des structures ou dans les angles des patios, à l'écart des zones de passage. D'autres dépôts de matériels, provenant probablement du balayage régulier des sols, constituent des zones de rejet sporadiques (Sion, 2016, p. 183). Ces dépôts sont le plus souvent situés à l'entrée des habitats sans toutefois en gêner l'accès, par exemple aux angles extérieurs formés entre les plate-formes et les escaliers. D'après Sion (2016, pp. 321-322), les déchets domestiques sont réintégrés aux remblais des nouvelles constructions, ce qui explique que les remblais puissent parfois être riches en matériels et en charbons. Le recyclage de déchets domestiques dans les remblais est souvent qualifié de phénomène de panier,

créant une juxtaposition de concentrations de matériels de types, d'origines et de phases différentes (Arnauld et al., 2013, p. 477). Cette pratique implique par ailleurs que, à quelques exceptions près, seuls les dépotoirs domestiques datant de la dernière phase d'occupation d'un lieu sont retrouvés, puisque ceux-ci ne furent jamais intégrés à des constructions postérieures (Sion 2016, pp. 321-322).

Dans ces contextes généraux, les charbons dispersés ne peuvent pas être associés de façon certaine à un type de feu ou à une activité en particulier. Au contraire, ils sont les vestiges de plusieurs feux accumulés sur une durée indéterminée. Issus probablement en grande majorité des feux domestiques quotidiens (cuisson des aliments et éclairage notamment), ces charbons sont aussi certainement mélangés aux restes de feux liés aux pratiques rituelles ou aux activités artisanales réalisées dans le cadre domestique. Ils peuvent aussi inclure les restes d'incendies accidentels ou volontaires de constructions en matériaux périssables. De plus, les nombreux remaniements architecturaux impliquent que le matériel archéologique provenant des niveaux de terrassement et des remblais est susceptible d'être mélangé à du matériel plus ancien. Les charbons issus de ces contextes généraux considérés dans leur ensemble procurent donc une image globale et synthétique des combustibles utilisés sur le long terme.

À l'inverse, on désigne par « dépôts spéciaux » les concentrations de cendres et de charbons qui résultent d'une déposition intentionnelle et qui peuvent être mises en lien avec une action rituelle ou symbolique probable. Il peut s'agir de restes de feux *in situ*, effectués dans des caches, des niches ou bien directement sur les sols qui présentent alors des traces de brûlure. Ces dépôts peuvent aussi correspondre à des cendres déplacées depuis le lieu de combustion puis déposées dans un espace spécifique (sur un sol, dans une fosse, un récipient céramique, une niche, etc.). Leur fonction rituelle est éclairée par le contexte archéologique et le matériel associé, souvent riche et ostentatoire, qui traduisent généralement une mise en scène. Ces dépôts de cendres et de matériels peuvent être cachés, c'est-à-dire enterrés et scellés par un sol. C'est le cas des dépôts de fondation et de transition, mais également des dépôts funéraires. Ils peuvent aussi être visibles, exposés sur les sols ou sur les banquettes, et correspondent alors à des dépôts d'abandon ou dépôts de clôture, vestiges de cérémonies de terminaison ou de désacralisation (voir Chapitre 2.1.1).

Il peut parfois être difficile de distinguer avec certitude les dépôts d'abandon des simples rejets domestiques. D'après Sion (2016, p. 509-510), la position axiale des dépôts dans les structures et dans les zones de passage en général, visant à en barrer symboliquement l'accès, leur association à des destructions volontaires de sol non réparées ainsi que l'intégration des ancêtres par l'intermédiaire de la manipulation de leurs ossements, sont les critères principaux permettant d'identifier un dépôt résultant d'un abandon ritualisé. Les dépôts d'abandon présentent généralement une matrice sédimentaire homogène qui traduit un processus dépositionnel ponctuel, contrairement aux zones de rejet, formées par l'accumulation progressive de déchets domestiques. Déterminer l'origine des charbons est un problème qui se pose également dans certains contextes susceptibles d'avoir été perturbés, tels que les sépultures. Si des dépôts de cendres clairement associés à des inhumations ont déjà été documentés dans l'aire maya (e.g. Dussol et al., 2016; Iglesias Ponce de León, 2003; Pereira, 2013), la pratique de réouverture rituelle des sépultures, pour y déposer des objets ou en extraire des ossements (Barrientos et al., 2015) perturbe les contextes funéraires qui peuvent ainsi être contaminés par des sédiments extérieurs. Ce problème est encore exacerbé par les pillages modernes qui visent

précisément les sépultures. Il est donc essentiel d'avoir recours à un examen précis du contexte archéologique, de façon à caractériser au mieux les dépôts, en termes de nature, de fonction et d'origine des cendres et des charbons.

La distinction de ces deux types de fait archéologique est essentielle pour l'étude anthracologique, dans la mesure où les charbons issus de dépôts ponctuels ou spécialisés n'ont pas la même valeur statistique ni la même portée archéo-environnementale que ceux résultant d'une accumulation progressive de rejets domestiques. Cela implique des stratégies d'échantillonnage, des méthodes d'analyse des données et des modèles interprétatifs différents.

L'échantillonnage systématique et la question de la taille des échantillons

La précision de la datation, le prélèvement via une méthode standardisée telle que la flottation de sédiment, ainsi qu'un nombre suffisant de charbons, sont trois conditions essentielles pour qu'un échantillon soit jugé exploitable pour l'anthracologie (Chabal et al., 1999).

Plusieurs études anthracologiques se sont penchées sur la question de la taille minimale et optimale des échantillons. C'est en mesurant la richesse et la diversité taxonomique des échantillons anthracologiques (notamment via la construction de courbes de saturation[9] et le calcul de l'indice de Pareto[10]), et en les comparant aux données écologiques modernes, que les chercheurs ont pu définir l'effectif de charbons nécessaire pour obtenir une image représentative de la végétation environnante, dans l'optique d'une restitution paléoécologique (Chabal, 1988, 1992; Figueiral, 1992; Scheel-Ybert, 1998, 2002). Dans les milieux tempérés et méditerranéens, il est désormais admis qu'un minimum de 250 charbons identifiables par assemblage est satisfaisant, des assemblages de 400 à 600 charbons étant optimaux. Dans les milieux beaucoup plus diversifiés des zones tropicales, en revanche, les assemblages anthracologiques ne semblent jamais atteindre de limite dans la richesse taxonomique, un phénomène également observé dans les études palynologiques et les relevés floristiques de végétation actuelle menés dans ces milieux (Dotte-Sarout, 2010, p. 138; Scheel-Ybert, 1998, p. 62). Scheel-Ybert (1998) a néanmoins déterminé, grâce au recours à l'indice de concentration de Pareto, que des assemblages de 200 à 300 charbons permettent d'obtenir, sinon l'exhaustivité taxonomique d'un niveau archéologique, du moins une bonne représentativité paléoécologique en terme de richesse taxonomique et d'ordre hiérarchique des essences. Ces méthodes appliquées à ses résultats en Nouvelle-Calédonie, Dotte-Sarout (2010, p. 144) estime qu'un effectif minimal de 150 charbons est exploitable, 300 à 400 charbons étant un effectif idéal.

À Naachtun, la principale contrainte (qui ne fut pas désavantageuse pour autant) ayant conditionné l'échantillonnage anthracologique, a résidé dans sa dépendance vis-à-vis des stratégies de fouilles archéologiques, menées essentiellement par tranchée d'extension limitée voire par sondage, dans un

[9] Une courbe de saturation, ou courbe « effort-rendement », représente la progression de l'apparition de nouveaux taxons dans un échantillon en fonction du nombre de charbons analysés. Lorsque la courbe se stabilise, il devient très peu probable d'identifier un nouveau taxon, indiquant que le nombre optimal de charbons analysés est atteint.

[10] L'indice de Pareto se détermine via la construction d'une courbe de Gini-Lorenz, qui représente le cumul des proportions relatives des taxons en fonction de leur rang, exprimé en pourcentage. Issu de l'économie et de la sociologie puis appliqué à la biologie végétale (Poissonnet, 1968), il traduit le rapport de dominance au sein d'une population (par exemple, 20 % de la population concentre 80 % des richesses, ou 20 % des espèces végétales rassemblent 80 % des individus).

grand nombre de structures et de zones différentes du site. Or, les niveaux archéologiques se sont souvent révélés assez pauvres en charbons et autres macrorestes végétaux[11]. S'il avait fallu obtenir systématiquement 400 charbons identifiables par unité stratigraphique (UE, *unidad estratigráfica*) échantillonnée, de (très) grands volumes de sédiment auraient été nécessaires (de l'ordre de 130 litres par UE). Ceci aurait représenté un effort d'échantillonnage déraisonnable, compte tenu des contraintes logistiques et des impératifs temporels inhérents au travail doctoral (seules deux campagnes d'échantillonnage systématique) ; en outre, il aurait été difficile, voire impossible, de prélever de tels volumes dans des fouilles d'extension limitée. De plus, à l'exception des derniers niveaux d'abandon, logiquement datés de la dernière phase d'occupation d'un secteur donné, il n'est pas possible de savoir, au moment de la fouille, si une UE pourra être datée de façon précise via l'analyse du matériel céramique. On a donc fait le choix d'échantillonner un maximum d'UE, en se limitant parfois à de faibles volumes (environ 10 litres), et de les rassembler ensuite par phase chronologique pour obtenir des assemblages quantitativement suffisants, plutôt que de concentrer d'emblée l'effort d'échantillonnage sur quelques niveaux ou quelques zones choisis d'avance. Une telle stratégie aurait été hautement risquée, puisqu'une fois tous les critères de sélection pris en compte (voir plus avant), seuls 22 % (104) des UE ayant fait l'objet d'un échantillonnage anthracologique par flottation ont finalement pu être intégrés à l'étude anthracologique.

Cet échantillonnage « fragmenté » à travers le site, qui s'apparente à un échantillonnage spatialisé, présente, en définitive, plusieurs avantages (Asouti et Austin, 2005, p. 7; Badal Garcia, 1992; Figueiral, 1992) : il assure une bonne couverture du site et donc une meilleure visibilité de la variabilité spatio-temporelle potentielle dans les usages des bois ; il permet de vérifier la cohérence du spectre anthracologique à l'échelle du site, condition indispensable à son interprétation socio-économique et environnementale ; il révèle les éventuelles anomalies du spectre (par exemple, l'abondance ponctuelle d'un taxon dans un contexte, conséquence possible d'un phénomène localisé passé inaperçu lors de la fouille) par rapport aux phénomènes généralisés ; enfin, il autorise l'analyse de l'ubiquité relative des taxons grâce à la multiplicité des contextes d'étude dans chaque phase chronologique. Sur ce dernier point, Asouti et Austin (2005, p. 7) estiment qu'un minimum de 25 à 50 échantillons (à comprendre ici comme des contextes) sur un site constitue un corpus satisfaisant, mais qu'en fonction de la complexité de l'établissement humain et de sa durée d'occupation, une centaine d'échantillons peut s'avérer nécessaire pour obtenir un bon aperçu de l'ensemble des combustibles utilisés. Pour cette étude, compte tenu des contraintes déjà évoquées, nous nous sommes fixés un objectif de 30 contextes généraux au minimum pour l'ensemble du site et de cinq contextes généraux par phase chronologique, réunissant un effectif minimal de 400 charbons.

S'agissant des dépôts spéciaux, la question de l'effectif minimal des échantillons et du nombre minimal de contextes ne se pose guère qu'en termes de validité statistique, non en termes de représentativité théorique. Il s'agit, en effet, d'analyser une série de dépôts ponctuels résultant d'activités rituelles – dont on sait la variabilité archéologique intrinsèque (voir Chapitre 2.1.1), qu'il sera de toute façon délicat d'extrapoler à une échelle socio-culturelle plus large. L'objectif de leur analyse n'est pas d'obtenir une image synthétique d'un phénomène global, mais de reconstituer au

[11] Le nombre médian de charbons identifiables dans les contextes généraux est de 27,7 pour 10 litres de sédiment.

mieux la composition taxonomique de chaque dépôt et d'en comprendre les processus de formation, dans l'optique de dégager d'éventuelles constantes pouvant révéler des comportements humains récurrents. Dans la plupart des cas, ces dépôts ont été prélevés en totalité (voir plus avant), le nombre de charbons analysés correspondant donc strictement au nombre de charbons préservés. On s'en tient donc ici au minimum statistique souhaitable de 30 charbons identifiables par dépôt.

Méthodes de prélèvements des charbons sur le terrain

Plusieurs méthodes de prélèvement des charbons ont été appliquées à Naachtun en fonction des contextes, des possibilités et contraintes ponctuelles de chaque fouille, la méthode standard employée étant la flottation manuelle des sédiments archéologiques.

• **Échantillonnage standardisé par flottation manuelle.** Lors des campagnes de 2013 et 2014, un protocole d'échantillonnage anthracologique standardisé a été mis en place (Annexe C-1). Quelle que soit la méthode employée (flottation ou tamisage), un échantillonnage standardisé est indispensable à l'obtention d'échantillons qui soient représentatifs des dépôts et statistiquement cohérents. La loi de fragmentation unique des essences démontrée par Chabal (1992, 1997) (voir 3.1.3), implique, en effet, que les essences rares se retrouvent majoritairement dans les petits fragments, qui ne sont pas récupérés dans le cas d'un échantillonnage manuel.

Des échantillons de sédiment ont été prélevés systématiquement par les archéologues dans toutes les UE de chaque zone de fouille, à l'exclusion des niveaux superficiels d'humus et de décombres, trop sujets à contamination. Les sédiments ont été transportés sur l'aire de flottation (Figure 3.5), située à proximité du réservoir du Groupe A au centre du site, afin d'être traités par flottation manuelle avec un tamis de maille 1 mm. Le choix de cette méthode a été essentiellement conditionné par les contraintes logistiques (stock d'eau limité et absence d'électricité) qui ne permettaient pas d'envisager le recours à une machine à flottation. La méthode manuelle a néanmoins été un bon compromis pour traiter efficacement un grand nombre de prélèvements de volumes modérés (10 à 20 litres) tels qu'ils ont été effectués à Naachtun ; et ainsi, évaluer rapidement le potentiel anthracologique de chaque niveau. Le volume prélevé a varié d'une UE à l'autre, en fonction de leur extension et de leur richesse en charbons. Certains dépôts spéciaux très localisés contenaient, de fait, moins de 10 litres de sédiment. À l'inverse, lorsqu'un niveau était particulièrement riche en charbons et présentait donc un fort potentiel anthracologique, des prélèvements de sédiment supplémentaires ont pu être effectués si l'extension de la fouille et l'épaisseur du niveau le permettaient.

• **Prélèvements spatialisés des dépôts spéciaux.** Les concentrations cendreuses des dépôts spéciaux ont généralement été prélevées en totalité. Lorsque plusieurs concentrations cendreuses distinctes étaient visibles au sein d'un même contexte, celles-ci ont été prélevées séparément. Par ailleurs, un prélèvement spatialisé par secteur et/ou niveau arbitraire a été effectué dans certains niveaux cendreux qui ne présentaient pas d'organisation visible. Ce type de prélèvement avait pour but de laisser la possibilité de percevoir d'éventuelles différences spatiales ou stratigraphiques dans la répartition des taxons et ainsi, de mieux comprendre les processus de formation du dépôt. À l'instar des prélèvements standardisés dans les contextes généraux, les prélèvements issus de ces dépôts spéciaux ont été traités par flottation manuelle.

Figure 3.5 Vue depuis le nord de l'aire de flottation.

• **Échantillonnage par tamisage à sec.** Lors de la campagne 2011, avant la mise en place du protocole d'échantillonnage par flottation, certains dépôts spéciaux particulièrement riches en charbons avaient fait l'objet d'un échantillonnage partiel de sédiment. Ces échantillons furent ensuite tamisés à sec à une maille de 4 mm, une fois transportés au laboratoire d'archéobotanique de Paris 1 à Nanterre. C'est pourquoi, malgré leur échantillonnage incomplet, ils ont été considérés comme exploitables pour l'étude anthracologique.

• **Prélèvements manuels en cours de fouille.** Depuis la première campagne de terrain en 2010, les charbons dispersés dans les contextes généraux ont été régulièrement prélevés manuellement par les archéologues. Ces prélèvements aléatoires n'ayant pas de valeur statistique, ils n'ont été inclus ni dans l'analyse des proportions relatives des taxons, ni dans celle de leur ubiquité. Certains d'entre eux ont toutefois été pris en compte en termes de présence/absence des taxons, s'ils permettaient de compléter la liste d'essences présentes à l'échelle de l'assemblage général d'une phase chronologique. Précisons d'ores et déjà que, si certaines UE ont fait l'objet d'un double échantillonnage, par flottation et par prélèvement manuel des charbons, ces deux types de prélèvement ont été menés indépendamment : les prélèvements de sédiment sont toujours effectués dans des zones intactes, où aucun charbon n'a été prélevé manuellement, afin de garantir la validité statistique des assemblages anthracologiques.

• **Prélèvements par microfouille en laboratoire.** Mentionnons enfin le prélèvement par micro-fouille, effectué en post-fouille au laboratoire du CEMCA (Guatemala) par les restaurateurs du projet (Colín, 2014), de deux échantillons de charbons provenant de récipients céramiques issus de dépôts spéciaux.

Ce protocole a de nouveau été appliqué lors de la campagne 2015, mais cette fois de façon sélective. En effet, il avait été décidé que, pour des raisons calendaires, le matériel prélevé lors de cette campagne ne serait pas inclus à l'étude, sans exclure toutefois la possibilité que certains échantillons supplémentaires puissent être pris en compte s'ils permettaient de combler d'éventuelles lacunes dans le corpus. Sur trois campagnes de fouilles, ce protocole d'échantillonnage a permis de traiter 5438 litres de sédiments provenant de 512 UE. À cela s'ajoutent 278 échantillons prélevés manuellement depuis 2010 (Annexe D). L'ensemble du matériel anthracologique de chaque campagne a été exporté vers Paris chaque année depuis 2012, et une partie, sélectionnée pour l'étude, a été traitée en laboratoire.

Sélection des contextes

Définition des contextes

Certaines UE ont pu être considérées *a posteriori* comme appartenant à un même contexte : lorsque la fouille par tranchées et sondages successifs implique qu'un même niveau archéologique soit divisé en plusieurs UE, ou bien lorsque plusieurs UE sont jugées cohérentes d'un point de vue archéologique et chronologique. Par exemple, toutes les UE de remblai de construction issues de différents sondages effectués dans une même structure dont la fouille a démontré la construction en une seule étape, seront rassemblées dans le contexte « construction de la structure ». Dans ce cas, l'échantillon anthracologique dudit contexte correspond à la somme des échantillons de toutes les UE concernées[12]. La distinction des contextes archéologiques par regroupement d'UE constitue déjà une forme d'interprétation et est donc un point essentiel pour l'analyse pertinente de l'ubiquité des taxons (Popper, 1988, p. 61). Tous les regroupements d'UE seront donc systématiquement explicités dans le Chapitre 4.

Critères de sélection

Les contextes ont été sélectionnés dans le but de constituer un corpus d'étude chronologiquement fiable, statistiquement valide et spatialement cohérent, permettant de répondre aux problématiques de l'étude tout en tenant compte des contraintes calendaires liées à l'analyse des charbons en laboratoire.

• **Fiabilité chronologique.** Afin de construire une séquence diachronique précise et fiable de l'usage des bois, seuls les contextes les mieux contrôlés d'un point de vue stratigraphique et chronologique ont été pris en compte, c'est-à-dire ceux qui ont pu être associés avec certitude à un faciès céramique (Patiño, 2015).

• **Validité statistique.** La validité statistique du spectre anthracologique s'établit à deux niveaux. Premièrement, l'approche quantitative de l'anthracologie implique que les contextes les plus riches en charbons soient sélectionnés en priorité (un minimum de 30 charbons identifiables par échantillon est nécessaire pour établir des pourcentages). Secondairement, la pertinence de l'analyse diachronique dépend de l'équilibre de la répartition des charbons, et donc des contextes, dans chaque phase chronologique. En d'autres termes, 1) chaque échantillon anthracologique doit être statistiquement

[12] Les données anthracologiques sont néanmoins enregistrées par UE, de façon à laisser la possibilité de revenir sur le regroupement de certains contextes dans des études futures.

fiable et 2) les assemblages anthracologiques résultant du rassemblement de ces échantillons par phase chronologique doivent être quantitativement comparables.

• **Cohérence spatiale.** La représentativité d'un échantillon anthracologique se vérifie notamment par son caractère reproductible dans des contextes similaires (Chabal et al., 1999). Réciproquement, les spécificités d'usages des combustibles, dans un feu rituel ou entre des habitats de statut social différent par exemple, ne peuvent être mises en évidence que par comparaison avec le spectre des combustibles communs. Dans l'optique d'un raisonnement par unité résidentielle et par secteur au sein de la cité, la cohérence spatiale des contextes est donc primordiale. Chaque zone du site prise en compte dans l'étude devait être représentée, dans la mesure du possible, par plusieurs contextes archéologiques de différentes phases, comportant, dans l'idéal, des contextes généraux et des dépôts spéciaux.

• **Les dépôts spéciaux : importance du contexte archéologique.** La sélection des dépôts spéciaux a été étroitement dépendante du contexte archéologique global. Seules les concentrations de charbons pouvant être associées à une action rituelle, en raison de leur localisation, des aménagements ou du matériel associé, ont été prises en compte. Les concentrations de charbons qui sont parfois mises au jour dans des remblais ou des niveaux de terrassement sans être associées à du matériel particulier, peuvent en effet correspondre à des cas de combustion fortuits, ininterprétables en l'absence d'élément archéologique extrinsèque. En revanche, compte tenu du nombre relativement réduit de dépôts spéciaux pertinents pour l'étude anthracologique, nous avons fait le choix de ne pas tenir compte ici du manque de précision chronologique et d'inclure certains dépôts qui n'ont pas pu être associés avec certitude à un faciès céramique.

Des remblais ou de l'origine incertaine des charbons

Le développement urbain de Naachtun sur plusieurs siècles a entraîné de nombreux remaniements architecturaux et réaménagements des espaces. Les remblais des constructions les plus récentes incluent donc très certainement, pour la plupart, des sédiments plus anciens – et de provenance inconnue – pouvant contenir des charbons des phases antérieures. Si les charbons dispersés dans les remblais sont le reflet d'une durée d'activité longue et font donc partie des dépôts les plus intéressants pour la reconstitution des dynamiques socio-environnementales, la précision chronologique attendue dans le cadre de la présente étude ainsi que son raisonnement spatial, impliquent de s'interroger sur la fiabilité de ces contextes (Figueiral, 1992). La prise en compte du contexte archéologique global et de la composition matérielle du remblai ont permis d'évaluer, dans un premier temps, le degré d'incertitude quant à l'origine de ces charbons.

Les remblais les plus volumineux dans les constructions monumentales telles que les pyramides, ayant nécessité des apports successifs de sédiments de provenance potentiellement diverses, et par ailleurs souvent pauvres en matériels archéologiques et donc assez mal datés, ont été évités dans la plupart des cas. À l'inverse, les remblais de construction de moindre envergure dans les zones résidentielles, plus susceptibles de contenir les restes des activités domestiques locales, ont été privilégiés. Parmi ces remblais, seuls ceux présentant un assemblage céramique homogène (i.e. un seul faciès céramique représenté) ont été intégrés au corpus. Un assemblage céramique hétérogène (i.e. contenant plusieurs faciès céramiques) dans un niveau archéologique n'est pas nécessairement

indicateur de l'ancienneté du sédiment, en raison de la continuité qui existe dans la production céramique (Patiño, 2014, 2016; Sion, 2016, p. 190). Même les dépotoirs domestiques que l'on retrouve sur les derniers sols, et donc indubitablement formés durant la dernière phase d'occupation d'un lieu, contiennent régulièrement du matériel des phases plus anciennes, ces mêmes déchets domestiques étant régulièrement réintégrés aux remblais. En revanche, un assemblage céramique homogène a toutes les chances, théoriquement, de refléter une durée d'activité d'une seule phase.

Malgré toutes ces précautions, les analyses statistiques ont montré que certains contextes présentent effectivement une composition anthracologique mixte, qui les place en position intermédiaire entre plusieurs phases (voir Chapitre 6). Cela démontre les limites de cette méthode déductive. Ce biais identifié, il s'agira de prendre en compte l'intervalle d'incertitude que représentent ces contextes « mixtes » dans l'interprétation de la séquence anthracologique.

Bilan critique du corpus et potentialités d'études

Les objectifs de cette démarche d'échantillonnage, de définition et de sélection des contextes ont globalement été atteints malgré des lacunes persistantes. Et l'on peut considérer que la distribution chronologique et spatiale des échantillons est satisfaisante, bien que non optimale. En effet, cet échantillonnage a été mené lors de la première phase du Projet Naachtun (2010-2014) qui était centrée sur les périodes tardives de l'histoire de la cité, soit majoritairement sur le Groupe B dans lequel plusieurs unités résidentielles ont fait l'objet de fouilles intensives (voir Chapitre 4). Cela explique que ces unités, occupées essentiellement lors des phases Maax III du Classique récent et Muuch du Classique terminal, sont beaucoup mieux représentées dans le corpus en nombre de contextes.

Le corpus général comporte 42 contextes généraux (Tableau 3.3), tous issus des fouilles de 2013 et 2014, à l'exception d'un échantillon prélevé lors de la campagne 2015. Celui-ci provient d'un niveau de remblai daté de la toute première occupation du site dans le Groupe C et particulièrement riche en charbons. Il a été intégré au corpus afin d'augmenter l'effectif de la phase Balam I du Classique ancien, initialement relativement faible. Chaque phase est représentée par un assemblage de l'ordre de 400 à 600 charbons identifiables. Seules les phases Maax I et Maax II du Classique Récent sont clairement sous-représentées, en grande partie en raison de la difficulté à discriminer ces faciès au sein du complexe céramique Maax (Hiquet, com. pers.). Les échantillons datés de ces phases ont donc été réunis en une seule, mais même ainsi, l'assemblage anthracologique résultant ne compte que 174 charbons identifiables. Cet effectif est bien inférieur à la moyenne des autres phases (515 charbons), mais il reste théoriquement exploitable (Dotte-Sarout, 2010). La répartition des contextes souffre, quant à elle, d'inégalités plus marquées. L'objectif des cinq contextes au minimum par phase a été atteint pour quatre d'entre elles, Muuch et Maax III étant les mieux représentées (respectivement 10 et 13 contextes). En revanche, les phases Maax I-II et Balam I ne sont représentées que par trois contextes chacune, ce qui semble insuffisant pour considérer comme valide la valeur d'ubiquité des taxons dans ces deux phases.

Tableau 3.3 Répartition des échantillons anthracologiques et nombre de charbons dans les contextes généraux par phase chronologique.

	Phase	Nombre de contextes généraux	Nombre de charbons identifiables	*Nombre de charbons indéterminables*
Classique terminal	Muuch	10	413	*55*
Classique récent	Maax III	13	658	*61*
	Maax I-II	3	174	*16*
Classique ancien	Balam III	5	518	*56*
	Balam II	8	399	*44*
	Balam I	3	591	*41*
Total		42	2753	*273*

En parallèle, 34 dépôts spéciaux probablement associés à une action rituelle ont livré des charbons en quantité satisfaisante (Tableau 3.4). Ils se répartissent, de fait, en trois catégories typo-chronologiques :

- les dépôts scellés non funéraires, possiblement liés à une installation ou à un réaménagement architectural, tous datés du Classique ancien ;

- les dépôts funéraires, associés à une sépulture, datés essentiellement du Classique récent avec un unique dépôt datant du Classique terminal ;

- les dépôts exposés, vraisemblablement liés à la fin de l'occupation et à l'abandon ritualisé des édifices. Ils sont datés essentiellement du Classique terminal, deux dépôts étant datés de la fin du Classique récent.

Tableau 3.4 Répartition des dépôts spéciaux par catégorie et phase chronologique. Dépôts funéraires : nombre de sépultures / nombre de dépôts associés.

Phase	Dépôts scellés non funéraires	Dépôts funéraires Sep. / Dépôts	Dépôts exposés	
			Edifices politiques	*Zone résidentielle*
Muuch	-	1 / 1	5	11
Maax III	-	2 / 2	1	1
Maax II-III	-	1 / 1	-	-
Maax II	-	3 / 5	-	-
Maax	-	1 / 2	-	-
Balam III	1	-	-	-
Balam II	4	-	-	-
Balam I	-	-	-	-

Si l'on suppose que ces dépôts sont le résultat d'actions rituelles, leur catégorisation se veut volontairement descriptive à ce stade de l'étude, afin de ne pas présupposer de leur fonction ou de leur signification. La plupart sont issus des campagnes de 2013 et 2014. Deux ont été sélectionnés parmi le matériel de la campagne 2015 : un dépôt intrusif non scellé mis au jour dans le Complexe Central du Groupe B, ajouté de façon à étayer le corpus des dépôts liés à l'abandon, étonnamment riche et varié dans cet ensemble résidentiel ; et un dépôt cendreux provenant d'une sépulture, également située dans le Complexe Central, visant à compléter un premier dépôt issu de ce même contexte dont la fouille

avait débuté en 2014. Enfin, quatre autres dépôts appartiennent au corpus de la campagne 2011. Ces derniers dépôts exposés mis au jour dans deux édifices politico-administratifs ont fait l'objet d'un échantillonnage partiel de sédiment suivi de tamisage à sec en laboratoire, ce qui permet leur intégration à l'étude, d'autant plus que leurs caractéristiques leur procurent un intérêt archéologique particulier (voir Chapitre 4).

Cette distribution typo-chronologique singulièrement cloisonnée interdit ici toute tentative d'analyse diachronique des usages du feu et des essences dans les pratiques rituelles. Les différentes stratégies de fouilles dans chaque secteur du site (voir Chapitre 4.1) sont certainement en partie responsables de cette distribution. Par exemple, les fouilles intensives menées à l'intérieur des structures dans les unités résidentielles du Groupe B ont permis la mise au jour d'un grand nombre de dépôts d'abandon et de sépultures. Dans la zone résidentielle sud, en revanche, les sondages effectués à l'extérieur des structures, généralement au pied de celles-ci pour reconstituer la séquence d'occupation du lieu, sont moins propices à la découverte des dépôts d'abandon, dont la caractérisation est, de plus, tributaire du contexte archéologique global (voir Chapitre 2.1.1). Cela explique probablement pourquoi aucun dépôt de cendres lié à un abandon ritualisé n'a été identifié dans cette zone. Cela étant, le type de fouilles ne pas suffit pas à expliquer l'hétérogénéité du corpus. Par exemple, si des dépôts de fondation datés du Classique ancien et récent ont été mis au jour dans le Groupe B (e.g. Hernández et al., 2012, p. 139; Michelet et Nondédéo, 2012, p. 149), ceux-ci n'ont pas pu faire l'objet d'un échantillonnage par flottation, ayant été fouillés lors des campagnes précédant la mise en œuvre du protocole d'échantillonnage systématique. D'un autre côté, malgré le prélèvement et la flottation de sédiment dans la majorité des sépultures fouillées en 2013 et 2014, dont plusieurs dans la zone résidentielle sud et datées du Classique ancien, la plupart ne présentaient pas de cendres et n'ont livré aucun charbon. D'une manière générale, les nombreux dépôts scellés qui ont été fouillés dans la zone résidentielle sud se sont souvent révélés totalement ou presque dépourvus de charbons, malgré la présence fréquente de sédiments cendreux. Il est donc difficile à ce stade de statuer sur les facteurs archéologiques, taphonomiques ou culturels responsables de ces disparités dans le corpus anthracologique des dépôts spéciaux. Il est clair, néanmoins, qu'en raison de biais probablement multiples, on ne dispose que d'une image très partielle des dépôts de cendres et de charbons résultant d'actions rituelles à Naachtun.

La couverture spatiale du site est, en revanche, très satisfaisante, puisque le corpus se répartit sur les deux principales zones résidentielles du site : la zone résidentielle sud qui concentre l'essentiel des contextes du Classique ancien, et les complexes résidentiels du Groupe B d'où sont issus la majorité des contextes du Classique récent et terminal (Figure 3.8). Des contextes généraux et spéciaux sont également issus des Groupes C et A, datés du Classique ancien et récent. Cette répartition chrono-spatiale des contextes s'explique aisément par l'histoire des dynamiques d'occupation du site. L'occupation du Classique ancien est, en effet, essentiellement concentrée sur les Groupes C et A et dans la zone résidentielle sud, où l'on situe les débuts des établissements humains, alors que l'occupation du Groupe B est essentiellement tardive. Si ce dernier groupe n'est représenté dans le corpus par aucun contexte du Classique ancien, des contextes tardifs (Classique terminal) ont tout de même pu être sélectionnés dans la zone résidentielle sud. Ces contextes, bien que peu nombreux, sont primordiaux pour évaluer si les tendances dans les usages des combustibles qui seront observées dans la séquence anthracologique relèvent d'une évolution globale à l'échelle du site ou bien si elles sont

dues à un facteur spatial. De même, la bonne représentation dans ce corpus de plusieurs unités résidentielles permettra de détecter si certaines variations du spectre peuvent s'expliquer par un facteur spatial ou socio-culturel. Occupées essentiellement au Classique récent et terminal, ces unités se situent dans le Groupe B ainsi que dans la partie nord de la zone résidentielle sud (unité 5N6). Elles ont fait l'objet de fouilles intensives en 2013 et 2014 qui ont permis un échantillonnage anthracologique relativement large (Tableau 3.5).

Tableau 3.5 Répartition des contextes généraux et dépôts spéciaux par unité résidentielle dans le Groupe B et l'unité 5N6 (zone résidentielle sud).

	Zone Sud (Groupe 5N6)	Complexe Ouest (Patio 6)	Complexe Central (Patio 22)	Complexe Sud (Patios 28, 31, 32, 34)
Phases	Balam III - Maax III	Maax	Maax -Muuch	Maax - Muuch
Contextes généraux	5	3	-	11
Dépôts scellés non funéraires	1	-	-	-
Dépôts funéraires	3	1	2	2
Dépôts exposés	-	1	5	7

En marge de ce corpus standardisé, on examinera, en plus, quelques échantillons issus des prélèvements exclusivement manuels des fouilles de 2011 et 2012 qui ont été menées dans le Patio 28 du Complexe Sud. C'est notamment lors de ces deux campagnes que s'est déroulée la plus grande partie des fouilles dans cette unité résidentielle de première importance dans l'histoire socio-politique du site (voir Chapitre 1.3.3). Les patios voisins du Complexe Sud étant bien représentés dans le corpus d'étude, il nous a semblé intéressant de vérifier si les tendances observées dans les usages des bois de feu dans cette zone se confirmaient dans le Patio 28 ; cela à travers l'examen de quelques échantillons isolés, provenant de contextes domestiques (dépotoirs et niveaux d'occupation) et rituels (dépôts d'abandon).

3.2.2. Étude du corpus anthracologique

Analyses anthracologiques : aspects techniques

L'analyse des charbons archéologiques a été effectuée au laboratoire d'archéobotanique de l'université de Paris 1, situé à la MAE à Nanterre. Elle a débuté en décembre 2012 par l'analyse des charbons prélevés manuellement lors des campagnes antérieures. Elle s'est poursuivie jusqu'en février 2016 par l'analyse de quelques échantillons complémentaires, collectés lors de la campagne 2015 et arrivés à Paris en janvier 2016. Compte tenu du fait que le matériel de référence a été physiquement acquis entre mars 2014 et janvier 2016, les identifications taxonomiques ont longtemps été strictement dépendantes des sources bibliographiques et numériques disponibles. Un protocole systématique de préparation et d'analyse des échantillons (Annexe C-2) a été mis en place de façon à garantir la validité statistique des assemblages anthracologiques et à faciliter le retour aux échantillons au fil de l'acquisition du matériel de référence.

Identifications taxonomiques : démarche et limites

L'observation des structures cellulaires de chaque charbon au microscope à réflexion, dans les trois plans d'observation du bois, permet de relever des caractères anatomiques grâce auxquels on identifie des morphotypes, correspondant à différents taxons. Chaque morphotype se définit par un ensemble de caractères diagnostiques. Tous les charbons qui présentent ces caractères sont alors identifiés comme appartenant au même taxon (même si celui-ci n'a pas encore été déterminé). Il arrive que tous les caractères d'un taxon ne puissent pas être observés (mauvais état de conservation des structures cellulaires, surface d'observation réduite), auquel cas le charbon est enregistré en cf. (*confer*) dudit taxon.

Ces taxons sont ensuite déterminés au niveau de la famille, du genre et parfois de l'espèce, par comparaison avec des descriptions de spécimens modernes qui servent de référentiel (voir 3.1.1). Plusieurs sources ont été utilisées pour les identifications taxonomiques des charbons de Naachtun :

1) la collection de référence des bois des Basses Terres centrales mise en place pour la présente étude ;

2) les collections xylologiques du Musée royal de l'Afrique centrale (Tervuren, Belgique) et de l'Institut de Biologie de l'université nationale autonome du Mexique, consultées lors de séjours sur place ;

3) les sources bibliographiques et numériques suivantes : atlas xylologiques généraux (Jacquiot, 1955; Metcalfe et Chalk, 1957) et régionaux (Barajas-Morales et al., 1997; Barajas-Morales et Gómez, 1989; Détienne et Jacquet, 1983; Roig Juñent et al., 2012), publications spécialisées (Berg et al., 1992; Cassens et Miller, 1981; Cowan et al., 1989; Espinoza de Pernia et Melandri, 2006; Evans et al., 2006; Gasson et al., 2009; Gasson, 1996; Gasson et al., 2004; Hayden et Hayden, 2000; Jansen et al., 2002; Jansen-Jacobs, 2009; Koek-Noonnan et al., 1984a, 1984b, 1984c, Kukachka, 1978a, 1978b, 1981, 1982; Lens et al., 2008; Mennega, 2005; Mitchell et al., 1997; Richter, 1981) et bases de données xylologiques en ligne ("Insidewood," 2004; Richter et Dallwitz, 2000; Wheeler, 2011).

Deux facteurs limitent considérablement la précision des identifications taxonomiques : la proximité anatomique entre les espèces d'une part, et d'autre part, la variabilité anatomique qui peut exister au sein d'une même espèce (Figure 3.6), largement dépendante des conditions annuelles de croissance de l'arbre. Une proposition d'identification à l'espèce repose soit sur une information biogéographique déterminante (par exemple, *Semialarium mexicanum* est l'unique espèce du genre *Semialarium* en Amérique centrale), soit sur des caractères anatomiques très spécifiques (cas de la Fabacée *Mimosa pigra*). Une combinaison de ces deux types d'information permet d'identifier une espèce avec certitude, le cas notamment de *Gymnopodium floribundum*. Certaines identifications sont des propositions qui nécessitent d'être confirmées via l'acquisition de matériel de référence adéquat ; celles-ci sont alors précédée d'un *confer* (cf.). Il arrive souvent que deux ou plusieurs genres ne puissent pas être discriminés avec certitude. Dans les Basses Terres mayas, les genres de Mimosoidées (sous-famille des Fabacées), de Rubiacées et d'Euphorbiacées peuvent être particulièrement difficiles à discriminer (Cassens et Miller, 1981; Evans et al., 2006; Hayden et Hayden, 2000; Jansen et al., 2002; Mennega, 2005). Dans ce cas, on peut créer un « taxon-valise » qui regroupe les différents genres possibles, ou bien un type (T), noté, par exemple, Rubiaceae T1.

Malgré ces limites, il a été possible d'identifier, parmi les 8395 charbons analysés au total dans les contextes généraux et dépôts spéciaux, 123 taxons différents appartenant à au moins 33 familles, dont 15 types indéterminés. Seules dix espèces ont pu être identifiées avec certitude : *Metopium brownei*, *Mosannona depressa*, *Semialarium mexicanum*, *Bucida buceras*, *Piscidia piscipula*, *Gliricidia sepium*, *Myrcianthes fragrans*, *Alvaradoa amorphoides* et *Gymnopodium floribundum*, seules espèces de ces genres dans les Basses Terres ; et *Lysiloma aurita*, qui, d'après la collection de bois de référence, présente un ensemble de caractères anatomiques atypique et particulièrement discriminant. Pour 26 autres taxons, il a été possible de proposer une identification à l'espèce avec suffisamment de confiance (notées cf.). Mais l'existence, dans les Basses Terres, d'autres espèces anatomiquement proches, ou au contraire de structure anatomique inconnue (espèces non décrites), empêche pour l'instant de confirmer ces identifications.

Pour l'ensemble des taxons identifiés parmi les charbons archéologiques, la description des caractères anatomiques, la diagnose de l'identification et les photomicrographies des structures cellulaires dans les trois plans anatomiques sont présentées en Annexe E.

Charbons indéterminables

Certains charbons (524 au total, soit 6,2 %, tous types de contextes confondus) ont été classés indéterminables lorsque l'état des structures cellulaires ne permettait pas d'envisager une identification taxonomique. C'est le cas lorsque les charbons sont mal conservés ou particulièrement vitrifiés (Figure 3.7). La vitrification des charbons de bois est un phénomène qui se produit lors de la combustion et qui correspond à la fusion des parois cellulaires, donnant un aspect vitreux au charbon (Scheel-Ybert, 1998; Théry-Parisot, 2001). La ou les causes de ce phénomène sont incertaines, mais d'après l'étude expérimentale de McParland et al. (2010), la vitrification n'est corrélée ni à de hautes températures de combustion, ni à la combustion de bois vert ou de bois résineux. Quoi qu'il en soit, lorsque le degré de vitrification est trop important, les structures cellulaires deviennent indiscernables. D'autres facteurs limitent les possibilités d'identification, notamment lorsqu'on se trouve en présence de bois juvénile (proche de la moelle centrale) où les structures cellulaires immatures ne présentent pas encore leurs caractères définitifs, d'un nœud (départ de branche) où les structures, sont, à l'inverse, déformées, ou bien d'un fragment d'écorce, partie du bois non identifiable en l'état actuel des connaissances. Les charbons indéterminables sont comptés mais ne sont pas inclus dans les analyses, afin de ne pas risquer d'introduire un biais de représentation dû aux variations de leurs proportions entre les différents assemblages.

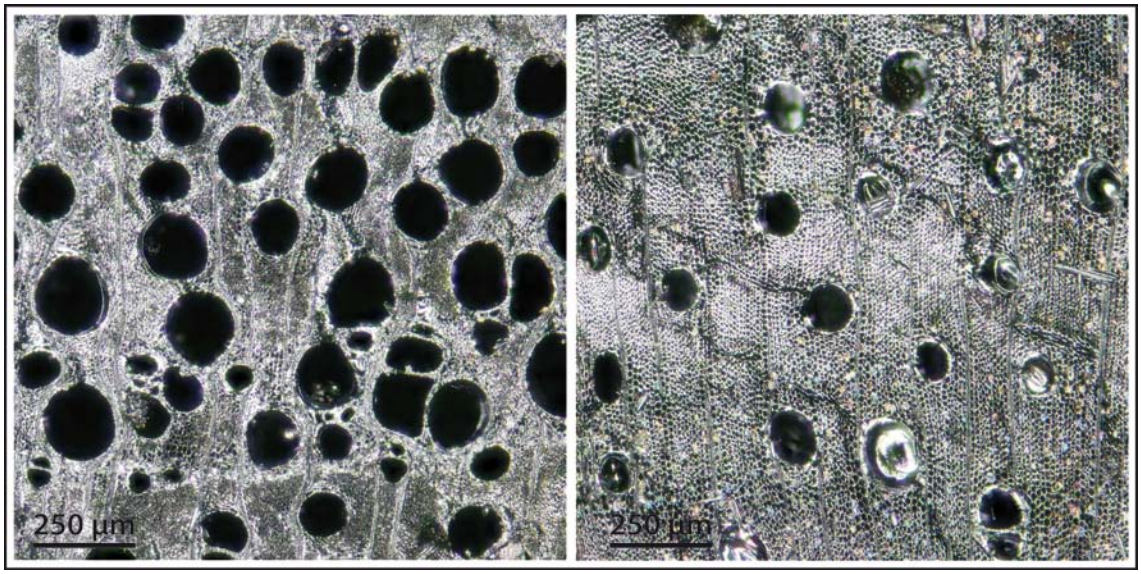


Figure 3.6 Variabilité intra-individuelle du bois. Photomicrographies en plan transversal (x50) de *Lysiloma aurita* (collection de référence, site de Naachtun) en deux endroits différents du même échantillon.

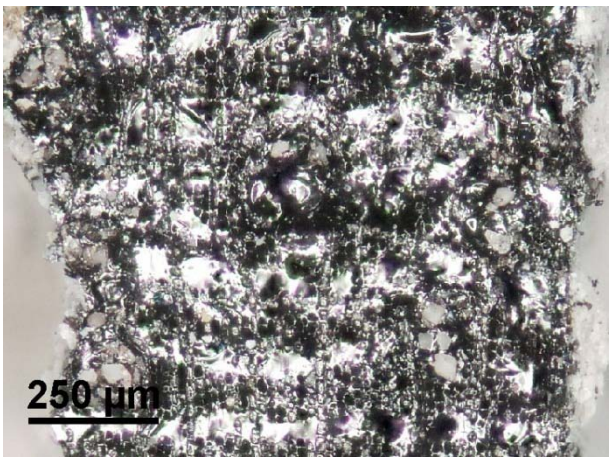


Figure 3.7 Charbon vitrifié en plan transversal (x50).

Validité statistique de l'analyse

L'analyse a porté sur les seuls charbons de taille supérieure à 4 mm (séparés par tamisage à sec des échantillons anthracologiques en laboratoire). Cette méthode est la plus efficace à double titre. Du point de vue de l'identification taxonomique des essences, qui nécessite une surface de bois suffisante pour l'observation des caractères anatomiques, l'analyse des petits charbons (fraction comprise entre 2 et 4 mm, voire inférieure à 2 mm) entraîne un risque de sur-représentation de certaines essences faciles à identifier, par rapport aux essences inconnues ou difficiles à discriminer. Ce risque est d'autant plus élevé dans les milieux tropicaux où la richesse floristique est importante. D'un point de vue statistique, la loi de fragmentation des charbons implique que l'analyse quantitative est plus cohérente lorsque la même fraction est analysée pour l'ensemble des échantillons (Chabal et al., 1999, p. 74; Théry-Parisot et al., 2010a), la fraction > 4 mm étant celle qui présente le moins de variabilité dans les taux de

fragmentation entre essences (Chrzazvez et al., 2014). Compte tenu de la pauvreté relative de la plupart des échantillons, tous les fragments de la fraction > 4 mm ont été systématiquement analysés. Les échantillons particulièrement riches en charbons peuvent néanmoins faire l'objet d'un sous-échantillonnage aléatoire. Le sous-échantillonnage consiste à diviser l'échantillon initial en parts égales – demis, quarts, huitièmes ou seizièmes – grâce à un diviseur à rifle. L'analyse d'un premier sous-échantillon permet d'évaluer la richesse taxonomique de l'échantillon initial et de déterminer si l'analyse de sous-échantillons supplémentaires est nécessaire. Cette méthode est particulièrement efficace et pertinente dans le cas d'importantes concentrations cendreuses résultant de feux *in situ*, qui présentent souvent un grand nombre de charbons pour une richesse taxonomique faible. Le sous-échantillonnage aléatoire permet alors de comprendre rapidement le dépôt sans avoir à analyser la totalité de l'échantillon, tout en garantissant la validité statistique de l'analyse.

Traitement des macrorestes organiques non ligneux

Les carporestes et autres macrorestes organiques carbonisés (on n'évoquera pas ici les vestiges osseux) que l'on retrouve régulièrement dispersés dans les sédiments archéologiques sont, en grande majorité, les vestiges d'activités liées à la préparation et à la consommation des aliments. D'une manière générale, les contextes archéologiques généraux de Naachtun se sont révélés pauvres en macrorestes non ligneux. En revanche, plusieurs dépôts spéciaux comportaient de grandes quantités de ces restes, en particulier des restes de grains et cupules de maïs (*Zea* sp.) dans certains dépôts exposés et dépôts funéraires. Deux dépôts scellés comportaient d'importantes quantités de matière organique carbonisée (MOC) non identifiée, qui pourrait correspondre aux restes brûlés d'une préparation alimentaire. Et des échantillons de ce qui semble être de la résine carbonisée (Vieugué, com. pers.), possiblement les restes d'encens, ont été prélevés dans deux dépôts exposés (voir Chapitre 7). Ces restes ne peuvent pas être considérés comme résultant de cas fortuits de combustion accidentelle. Selon toute vraisemblance, ils résultent, au contraire, de la combustion volontaire de matériels organiques végétaux. Composante à part entière de la pratique du rituel, on peut supposer qu'il existe un lien entre ces vestiges et les essences de bois brûlées. Cette hypothèse a encouragé leur enregistrement systématique. Toutefois, l'étude des carporestes n'étant pas l'objet de cette recherche, cet enregistrement s'est limité à la pesée ou au comptage du nombre de restes selon six catégories (Tableau 3.6). Nous n'avons pas poussé l'enregistrement jusqu'à l'estimation du nombre minimum d'individus (NIM), notion qui relève de l'analyse carpologique à proprement parler. En dehors du maïs (*Zea sp.*), il a été possible de proposer une identification pour certains carporestes, notamment grâce à l'atlas de référence de Lentz et Dickau (2005). Dans ce cas l'identification possible a été précisée au moment de l'enregistrement.

Tableau 3.6 Catégories d'enregistrement des macrorestes organiques non ligneux et mode de quantification.

Type de reste	Enregistrement
Maïs - grain	Nombre de grains complets (> 50% conservé) + nombre de fragments (< 50 %)
Maïs - cupule	Nombre de cupules complètes (> 50% conservé)
Autres carporestes	Nombre de fragments
Fibres végétales	Masse (g)
MOC	Masse (g)
Résine	Présence/Absence

Traitement et analyse des données

La démarche de présentation et d'analyse des données anthracologiques comprend plusieurs étapes :

Pour les contextes généraux

• Présentation individuelle des spectres anthracologiques des contextes généraux, rassemblés par phase chronologique.

• Analyses multivariées à partir des taxons ou groupes de taxons significatifs d'après leur valeur d'importance relative (IR, voir 3.1.3).

• Construction du diagramme anthracologique synthétique, représentant l'évolution diachronique des taxons ou groupes de taxons significatifs.

Pour les dépôts spéciaux

• Présentation individuelle de la composition de chaque dépôt sous forme de diagrammes en secteur spatialisés.

• Reconstitution des processus de formation de chaque dépôt par l'analyse intra- et inter-dépôt de la composition taxonomique et de la densité de macrorestes (g/L).

L'annexe F présente l'ensemble des résultats détaillés (tableaux de comptages et analyses).

Représentations graphiques

• **Spectres anthracologiques par phase.** On s'attachera en tout premier lieu à présenter, pour chaque phase, la composition des spectres anthracologiques, ou spectres de fréquence, des contextes généraux. Le spectre de fréquence correspond aux proportions des charbons par taxon, par rapport au nombre total de charbons identifiables dans l'échantillon. Lorsqu'un échantillon comprend moins de 30 charbons identifiables, on indiquera uniquement la présence/absence des taxons. Le nombre de charbons indéterminables sera systématiquement indiqué pour chaque contexte général, mais ces charbons sont exclus de toute analyse. L'annexe F-1 présente les résultats détaillés (comptage et pesée) pour chaque échantillon.

La mise en regard de tous les spectres anthracologiques d'une même phase permet 1) d'évaluer leur cohérence à l'échelle du site, condition essentielle à la validation des interprétations archéo-environnementales, 2) d'identifier les éventuelles anomalies qui peuvent être dues à des événements ponctuels ou localisés, 3) de visualiser l'ubiquité des taxons, afin de mieux apprécier la fréquence de leur usage. Ce mode de représentation vise finalement à faire ressortir les types de boisement les plus

probablement exploités lors de chaque sous-phase, ce pourquoi les taxons sont ordonnés en fonction de leurs associations possibles aux différentes formations végétales (voir plus avant). Dans cette optique, on indiquera également, pour chaque phase, les occurrences supplémentaires (OS) de taxons apparus uniquement dans les prélèvements manuels associés aux contextes généraux ou bien dans les dépôts spéciaux datés de cette même phase. Bien que les essences utilisées dans les pratiques rituelles à l'origine des dépôts spéciaux aient pu faire l'objet d'une sélection particulière, ces taxons n'en sont pas moins l'image des essences utilisées sur le site. Leur prise en compte vise ainsi à mieux caractériser les formations végétales représentées dans chaque phase, en termes de présence/absence des taxons (voir plus avant). **En aucun cas, ces occurrences supplémentaires ne sont incluses dans les proportions relatives des taxons ou dans le calcul de leur ubiquité.**

Chronologie relative intra-phase

L'agencement des spectres anthracologiques au sein d'une même phase respectera, dans la mesure du possible, la chronologie relative interne, telle que mise en évidence par la stratigraphie ou le contexte archéologique global. Par exemple, l'analyse de la séquence d'occupation dans les unités résidentielles du Complexe Sud par J. Sion (2016) a permis d'établir l'ordre de formation des dépotoirs domestiques. En l'absence de stratigraphie directe, les remblais sont considérés comme plus anciens par rapport aux niveaux d'occupation et aux dépotoirs d'une même phase. Cette chronologie relative sera explicitée au Chapitre 4.

• **Diagramme anthracologique synthétique.** Le regroupement des échantillons anthracologiques de tous les contextes généraux appartenant à une même phase (dont l'assemblage correspond à la somme de tous les échantillons), elles-mêmes rassemblées dans un diagramme anthracologique, permettra de visualiser l'évolution des taxons ou groupes de taxons significatifs (voir plus avant) au cours du temps. Les proportions des taxons sont calculées à partir du nombre total de charbons identifiés dans chaque assemblage (excluant les charbons indéterminables et ceux des types indéterminés). Les taxons y sont ordonnés par seriation chronologique (Desachy, 2004) (Annexe F-2).

• **Diagrammes en secteurs spatialisés pour les dépôts spéciaux.** La composition taxonomique des échantillons anthracologiques issus des dépôts spéciaux est présentée sous forme de diagrammes en secteurs. Lorsque plusieurs échantillons ont été prélevés dans un même dépôt, ceux-ci sont représentés séparément, pour permettre de visualiser les variations internes à chaque dépôt, ou au contraire leur homogénéité. La présence d'autres macrorestes (graines, fibres ligneuses, matière organique carbonisée et résine) dans ces dépôts n'est pas représentée graphiquement, puisque leur mode de quantification se situe sur une échelle de valeur différente de celle des charbons.

Analyse multivariées

À Naachtun, les dynamiques de l'occupation – qui ont, en partie, conditionné la répartition du corpus anthracologique à travers le site –, impliquent de s'interroger sur la signifiance de l'évolution des taxons entre les phases. Les variations observées traduisent-elles réellement des changements dans l'usage des combustibles au cours du temps (conséquence de changements environnementaux ou de phénomènes socio-culturels), ou bien s'expliquent-elles par d'autres facteurs, tels que des différences spatiales ou sociales dans l'accès aux ressources ? Pour répondre à ces questions, les analyses statistiques effectuées à partir des données anthracologiques issues des contextes généraux, avaient

pour objectif 1) d'identifier les variables (temporelle, spatiale) signifiantes dans la distribution des taxons à Naachtun et 2) d'identifier les taxons et associations de taxons significatifs de cette distribution. Cela pour arriver à la formulation d'hypothèses fiables. Elles ont consisté en une analyse factorielle des correspondances (AFC) suivie d'une classification ascendante hiérarchique (CAH) (Annexe F-3). La préparation des données sera présentée en détail au Chapitre 6.1.3. Mais on peut déjà préciser que ces analyses se sont heurtées à un problème majeur : celui de la multiplicité des variables en sous-effectif, autrement dit, au très grand nombre de taxons rares (près de 70 % des taxons). Or, les AFC s'accommodent très mal de ces effectifs faibles et des « cases vides », qui n'ont aucun poids statistique et contribuent à masquer les structures en créant du bruit (Smith, 2015, p. 189). On a donc procédé à des regroupements de taxons cohérents d'un point de vue écologique et retenu pour les analyses statistiques les seuls taxons et groupes de taxons ayant un poids statistique suffisant, d'après leur valeur d'importance relative (IR, voir 3.1.3).

Analyse des dépôts spéciaux

L'objectif de l'analyse des dépôts spéciaux est de proposer une restitution de leurs processus de formation afin de reconstituer les gestes humains qui en sont à l'origine et, ainsi, mieux comprendre les comportements rituels. Dans cette perspective, on cherche à déterminer l'origine des cendres et charbons de bois présents dans ces dépôts : restes d'une combustion *in situ* ou bien volontairement placés dans un espace autre que leur lieu de production ? restes de feux particuliers ou déchets domestiques réutilisés ? Pour répondre à ces questions, on analysera, au cas par cas, la composition taxonomique et la densité de macrorestes (g/L). On raisonnera selon deux échelles d'analyse, en tenant compte, d'une part, des variations internes au sein du même dépôt lorsqu'un échantillonnage spatialisé y a été effectué et, d'autre part, de la composition taxonomique des autres dépôts du même secteur. On prendra pour référentiel les assemblages anthracologiques et la densité de macrorestes dans les contextes généraux.

Principe interprétatif : de la caractérisation des formations végétales dans les assemblages anthracologiques

Si l'identification taxonomique des charbons est sans aucun doute l'une des difficultés majeures de l'anthracologie en milieu tropical, la caractérisation des formations végétales représentées dans les spectres, base des interprétations archéo-environnementales, en est le point critique.

L'interprétation des données anthracologiques se fonde sur une démarche hypothético-déductive, partant du principe actualiste que les exigences écologiques des espèces végétales actuelles sont les mêmes que celles des flores du passé. On utilise donc comme référentiel les données écologiques et biogéographiques actuelles (présence d'une espèce dans une aire géographique ou un milieu actuel) ainsi que la composition des formations végétales modernes, pour déduire des spectres anthracologiques les types de boisements les plus probablement exploités dans le passé (Chabal et al., 1999, p. 80). Cela suppose 1) de disposer d'études botaniques et écologiques approfondies pour la région d'étude, et 2) d'évaluer le degré de stabilité de la végétation pour la période concernée via le recours aux données paléoécologiques et paléoclimatiques (Smart et Hoffman, 1988, pp. 186–188).

Il a déjà été fait état des nombreuses études botaniques et écologiques dont ont fait l'objet les forêts des Basses Terres (voir Chapitre 1.1). Elles constituent un solide référentiel pour l'analyse et

l'interprétation des données anthracologiques. S'agissant des variations de la végétation, les données paléoécologiques et paléoclimatiques disponibles montrent que, depuis la fin du Pléistocène et l'expansion initiale de la forêt tropicale humide, l'Holocène récent a été une période de relative instabilité. Le couvert végétal a subi de nombreuses perturbations, notamment en raison du facteur anthropique, en termes d'emprise/déprise des formations arborées et herbacées les unes par rapport aux autres. Le climat a également connu d'importantes fluctuations, avec des périodes plus sèches au cours du Préclassique et du Classique (indépendamment des épisodes ponctuels de sécheresse intense), et un retour à des conditions plus humides vers la fin du premier millénaire. Par conséquent, on peut s'attendre à ce que la distribution spatiale des espèces et leur abondance relative dans les forêts n'aient pas été stables au cours du temps. En effet, lorsque l'on considère l'évolution des associations végétales décrites dans la Réserve de Biosphère de Calakmul ne serait-ce qu'au cours des cinquante dernières années (Martínez et Galindo Leal, 2002, pp. 25–26), on ne peut que constater à quel point les activités humaines et les variations climatiques peuvent influer de façon très rapide et parfois durablement, sur la composition et la structure de la végétation. Comme le note très justement Schultz (2003, p. 108), « chaque région [de la Péninsule du Yucatán] se compose du même ensemble d'espèces, mais d'importantes différences existent au niveau de la structure et de la composition floristique, dans la dominance et l'abondance de ces espèces »[13]. Les dynamiques de la végétation dans les forêts tropicales impliquent donc de prendre en compte toute sa variabilité potentielle à l'échelle d'une zone biogéographique, et de considérer avec prudence le recours aux associations végétales actuelles comme moyen d'extrapolation des données anthracologiques (Smart et Hoffman, 1988, p. 187).

Dans les milieux tropicaux plus qu'ailleurs, l'identification de groupes écologiques cohérents dans les spectres anthracologiques – de même que dans les spectres palynologiques – se heurte donc à une double difficulté. Non seulement les identifications taxonomiques atteignent rarement des niveaux de précision suffisants (à l'espèce) pour déterminer les exigences écologiques des taxons, mais en plus, la plupart des espèces a une distribution large et peut se retrouver dans différentes formations végétales. Par exemple, dans les Basses Terres centrales, les espèces les plus fréquentes dans les forêts des marais saisonniers sont bien souvent des espèces pionnières qui se développent également dans les zones perturbées sur les zones hautes. L'approche la plus courante consiste à assigner chaque taxon identifié à la formation végétale (ou au type d'habitat) qui semble la plus convaincante, au regard des affinités écologiques du taxon, lorsque celles-ci sont identifiables, et de la composition générale de l'assemblage (e.g. Höhn et Neumann, 2012; Moutarde, 2006; Pearsall, 1983; Scheel-Ybert, 1998; Scheel-Ybert et al., 2014; Smart et Hoffman, 1988). Une attention particulière est portée à la présence des marqueurs écologiques. Un taxon est considéré comme un marqueur écologique lorsqu'il caractérise fortement un type d'habitat, en raison de ses exigences écologiques ou au contraire de sa plus grande tolérance à des conditions extrêmes (impliquant qu'il se développe davantage que les autres espèces dans certains types de milieu). Dans les Basses Terres centrales, par exemple, le *tinto* (*Haematoxylum campechianum*) est typiquement un marqueur de la végétation des marais inondables. L'appréciation globale du spectre permet ainsi d'estimer quelles formations végétales apparaissent les plus vraisemblablement représentées. Cette approche se fonde en grande partie sur l'expérience de

[13] « *Each region draws from the same set of species, but large differences exist in the structural and compositional dominance and abundance of those species.* »

l'anthracologue et sa connaissance des espèces et du milieu d'étude, et comporte donc une certaine part de subjectivité.

En Nouvelle-Calédonie, Dotte-Sarout (2010) a ainsi mis au point une méthode quantitative visant à mesurer le poids de chaque formation végétale potentiellement représentée dans des assemblages anthracologiques de sites kanak précoloniaux, afin de déterminer lesquelles sont les plus significatives. Sa méthode consiste à calculer les proportions relatives de chaque formation végétale à partir du nombre de taxons assignés à chacune, pondéré par les proportions relatives de chacun de ces taxons. Cette approche est pertinente, puisque, d'une part, elle prend en compte les associations multiples de certains taxons à différentes formations végétales, et d'autre part, parce qu'elle permet de s'affranchir du possible biais d'interprétation induit par la présence d'un marqueur écologique isolé. Par exemple, si le *chechen negro* (*Metopium brownei*) est généralement considéré comme une espèce de marais, cet arbre peut occasionnellement se retrouver dans les forêts des zones hautes. En outre, la circulation des biens dans la zone maya implique que des bois ou objets en bois exogènes peuvent se retrouver sur un site plus ou moins éloigné de leur source d'approvisionnement (voir Chapitre 2). La présence d'un taxon dans un spectre n'est donc significative de l'exploitation locale d'une formation végétale particulière que si elle est corroborée par la présence d'autres taxons associés à cette formation. Quelle que soit la méthode employée, il faut néanmoins garder à l'esprit que les choix de regroupement des taxons constituent déjà une forme d'interprétation.

Application à Naachtun

Afin d'identifier et de caractériser les types de boisements qui étaient exploités à Naachtun, deux approches connexes ont été employées.

La première se fonde sur les associations signifiantes de taxons mises en évidence par les analyses statistiques (CAH). Ces associations statistiques ne tenant compte que des taxons les mieux représentés dans les assemblages anthracologiques d'après leurs proportions relatives globales et leur ubiquité dans les contextes, elles sont les plus susceptibles de caractériser les boisements exploités, puisque c'est l'abondance des espèces qui définit une formation végétale (Schultz, 2003). À partir des différentes espèces possiblement représentées dans ces groupes de taxons, on raisonne sur leurs caractéristiques morphologiques (arbres, arbustes, lianes), leur comportement (espèce pionnière, post-pionnière ou à croissance lente), leurs exigences écologiques (hygrophile, xérophyte, héliophile, ombrophile), ainsi que sur leurs usages connus dans les sociétés traditionnelles. C'est en mettant en évidence les points communs entre les taxons d'un même groupe que l'on peut ainsi expliquer leur association dans des groupes statistiquement, chronologiquement ou spatialement cohérents. On peut ainsi identifier les sources d'approvisionnement en bois locales ou lointaines et interpréter les signatures anthropiques (taxons cultivés ou favorisés, végétation perturbée).

La seconde approche prend en compte la totalité des assemblages anthracologiques. Elle consiste à mesurer, dans chaque phase, le poids relatif de chaque formation végétale potentiellement représentée. La topographie locale implique que l'on doit s'attendre, selon toute logique, à mettre en évidence deux formations végétales principales : forêts hautes et moyennes sur les zones hautes et forêts basses dans les dépressions situées en bordure du site. En effet, la quasi totalité des taxons identifiés dans les assemblages de Naachtun appartient à l'une ou l'autre de ces formations (voir Chapitre 6). L'unique

exception est le pin (*Pinus sp.*), qui se développe normalement dans les savanes de basses terres, une formation actuellement absente dans la région du site. On a donc cherché à mesurer le poids de ces trois formations (forêt de zones hautes, forêt basse de marais, végétation de savane) de façon, d'une part, à évaluer la plausibilité de l'existence d'une formation de type savane à proximité du site et, d'autre part, à mettre en évidence l'évolution des différentes sources d'approvisionnement en bois au cours de l'occupation du site. Ensuite, pour caractériser l'état de ces boisements en termes de rapport au soleil (végétation fermée ou ouverte) et de rapport à l'humidité (forêts plus humides ou plus sèches), on a mesuré, en plus, la part des taxons pionniers ou espèces secondaires dans chacune de ces formations végétales, et la part des taxons plus affiliés aux forêts humides des Basses Terres méridionales (forêts hautes pérennes), de celle des taxons plus affiliés aux forêts sèches septentrionales (forêts sub-caducifoliées) (voir Chapitre 1.1.3).

Quantification des formations végétales

Pour cette seconde approche, les assemblages anthracologiques ont été analysés à partir d'une méthode quantitative adaptée de celle de Dotte-Sarout (2010, pp. 153–154) (Annexe F-4). Pour chaque phase chronologique, les taxons ont été associés aux différentes formations végétales possibles. Le poids de chaque formation se calcule à partir d'un facteur de présence (1), absence (0), ou présence probable (0,1) pour les identifications possibles (notées cf.). Ce facteur est ensuite pondéré par les proportions relatives des taxons (en nombre de charbons). Par exemple, un taxon représentant 10 % de l'assemblage se voit attribuer un facteur pondéré de 10 si l'identification est certaine, de 1 s'il s'agit d'un *confer*. La somme de ces valeurs donne la proportion des taxons et celle des charbons que chaque formation rassemble dans l'assemblage. Dans le cas des possibles doublons dans un même assemblage (par exemple, *Haematoxylum sp.* et *cf. Haematoxylum sp.*, ou encore *Astronium sp.* et *Astronium sp./Metopium sp.*), on tient compte de la proportion relative du doublon, mais pas de sa présence, puisque celle-ci est potentiellement déjà comptée.

Afin d'adapter cette méthode originale à notre étude, nous avons ajouté :

1) la valeur d'ubiquité, également pondérée par le facteur de présence/absence ou présence probable. Dans le cas des possibles doublons, on ne tient compte que des occurrences supplémentaires. Par exemple, lorsque le taxon *Haematoxylum sp.* est présent dans le contexte A et le contexte B, et que le taxon *cf. Haematoxylum sp.* est présent dans le contexte B et le contexte C, le nombre total d'occurrences pour ce doublon est de 3.

2) la présence/absence de taxons identifiés uniquement dans les prélèvements manuels associés aux contextes généraux, et dans les dépôts spéciaux. Dans ces deux cas, on ne tient compte ni de leurs proportions, ni de leur nombre d'occurrences dans les contextes.

Les taxons ubiquistes ainsi que les types indéterminés ne pouvant être associés à aucune formation végétale, ils n'ont pas été inclus dans les calculs.

*

Bien que notre étude soit centrée sur un seul type de reste – les charbons de bois archéologiques –, c'est le recours aux différents outils et méthodes exposés dans ce chapitre qui permet de consolider l'argumentation scientifique. Les spectres anthracologiques seront analysés selon deux approches quantitatives complémentaires, qui s'appuient sur une connaissance précise de l'écologie végétale dans les Basses Terres centrales. Confrontés aux données issues de l'ethnographie et de l'expérimentation, les phénomènes mis en évidence dans le diagramme anthracologique seront interprétés dans une perspective diachronique et spatiale par rapport à l'histoire socio-politique et économique de la cité.

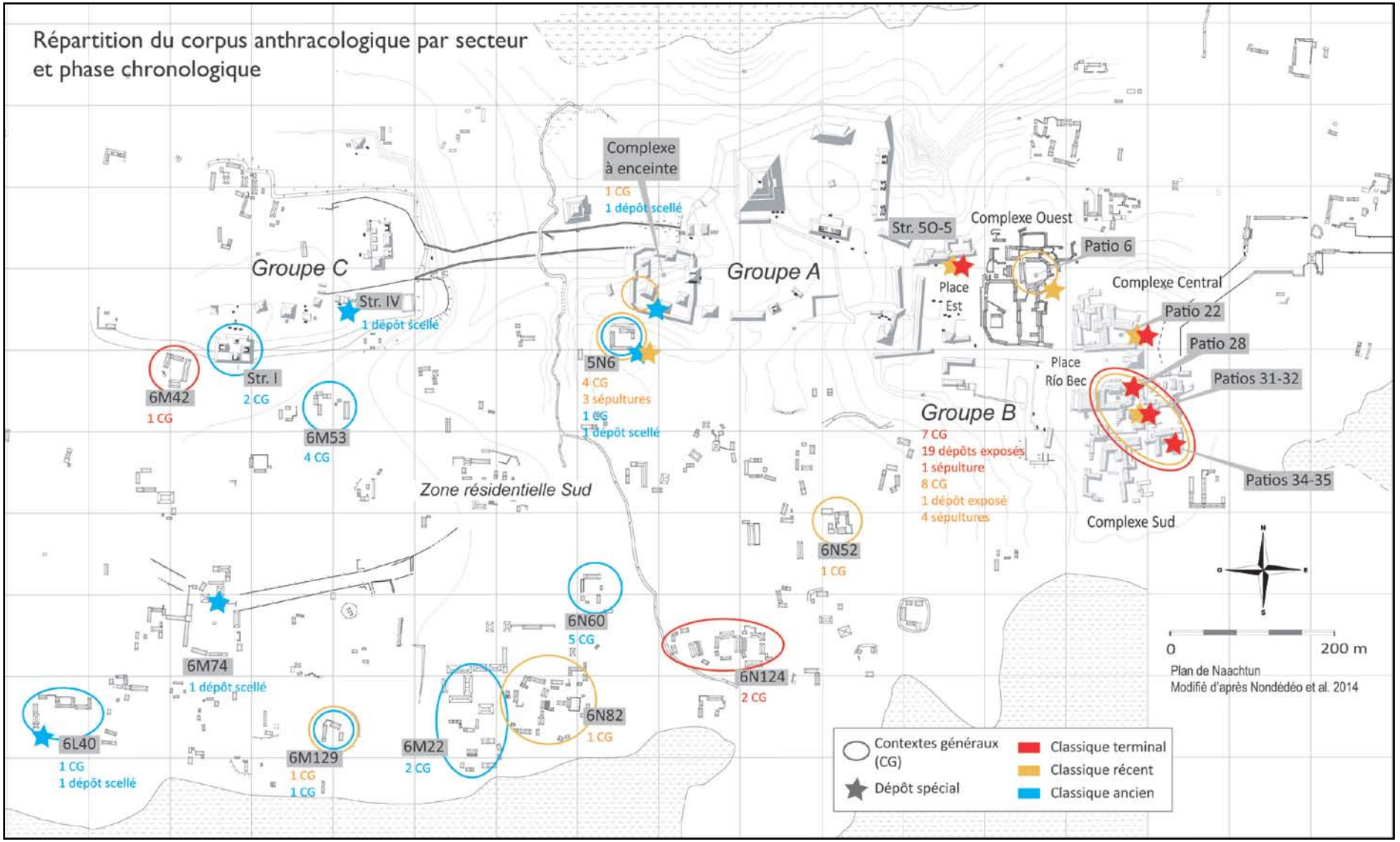


Figure 3.8 Répartition du corpus anthracologique par phase chronologique dans les Groupes C, A et B et dans la zone résidentielle sud.

4 LES CONTEXTES ARCHEOLOGIQUES

Zone de provenance, caractérisation des dépôts et chronologie relative des échantillons anthracologiques

Ce chapitre a pour objet la présentation des contextes archéologiques d'où proviennent les échantillons anthracologiques. Les contextes généraux (CG), dans lesquels les charbons dispersés correspondent à l'accumulation progressive des restes de nombreux feux et représentent donc la synthèse de l'usage des combustibles sur une durée d'activité longue, et les dépôts spéciaux (DS), où les charbons concentrés correspondent à des dépôts ponctuels pouvant être les vestiges de feux *in situ* dans le cadre d'actions rituelles probables, sont présentés par zone d'étude dans chaque groupe du site. Pour chaque zone, les contextes sont inventoriés dans des tableaux (Tableaux 4.2 à 4.11), dans lesquels sont indiqués l'identifiant (Id) du contexte[14], la structure ou l'unité de provenance, le type de contexte, la phase chronologique, les UE incluses, le volume de sédiment prélevé (en litres) et le nombre de prélèvements manuels associés (PM). On indiquera, en plus, si les dépôts spéciaux sont visiblement les restes de feux *in situ* (F). Ce chapitre sera également l'occasion d'expliciter, lorsque les données archéologiques le permettent, la chronologie relative entre les contextes au sein de chaque phase, synthétisée en fin de chapitre dans une séquence chronologique globale.

[14] Correspondant à la première UE du contexte.

4.1. Zones de provenance des échantillons anthracologiques et stratégies de fouilles 149

4.2. Les contextes du Groupe C 151

4.3. Les contextes du Groupe A et de la Place Est 153

4.3.1. Le Complexe à enceinte 153

4.3.2. Structures 5O-5 et 5O-4, Place Est 154

4.4. Les contextes du Groupe B 158

4.4.1. Structure 6O-5, Place Río Bec 158

4.4.2. Patio 6, Complexe Ouest 159

4.4.3. Patio 22, Complexe Central 161

4.4.4. Patios 28, 31, 32 et 34, Complexe Sud 167

4.5. La zone résidentielle sud 175

4.5.1. L'unité 5N6 175

4.5.2. Sondages dans les habitats de la zone résidentielle sud 178

4.1. Zones de provenance des échantillons anthracologiques et stratégies de fouilles

Les contextes d'où proviennent les échantillons anthracologiques se concentrent essentiellement dans et autour de l'épicentre, sur un rayon d'environ 600 mètres au sud de celui-ci (Figure 3.8). Les stratégies de fouilles, définies par les différents objectifs de chaque opération (Tableau 4.1), ont conditionné non seulement les possibilités d'échantillonnage dans chaque secteur, mais également la mise en contexte des échantillons, dont dépend en partie l'interprétation des spectres anthracologiques.

Dans le Groupe B principalement, des programmes de fouilles intensives (via des tranchées étendues et des sondages) centrées sur certaines unités résidentielles ont permis de caractériser le statut social de leurs habitants et d'y restituer précisément les dynamiques d'occupation, notamment grâce à la mise au jour de nombreux dépôts d'abandon (Sion, 2016). Ces opérations ont été menées dans le Patio 6 du Complexe Ouest, le Patio 22 du Complexe Central et les Patios 28, 31, 32 et 34/35 du Complexe Sud, ainsi que dans l'unité 5N6, situé au nord de la zone résidentielle sud. Elles ont ainsi permis un échantillonnage anthracologique assez large et diversifié, qui s'insère dans un contexte socio-économique, culturel et politique maîtrisé. C'est également de ces unités résidentielles que provient la totalité des dépôts associés à des contextes funéraires.

Des fouilles intensives ont également été menées dans les structures 5O-5 et 5O-4, appartenant à un ensemble politico-administratif (ensemble XXV) situé au nord de la Place Est du Groupe B. Elles ont mis au jour, entre autres, d'importants dépôts de cendres et de matériels sur les sols de la structure principale (structure 5O-5), correspondant visiblement aux vestiges d'une importante cérémonie de terminaison, auxquels répondent d'autres dépôts mis au jour dans l'édifice 6O-5 de la Place Río Bec. Les dépôts issus de ces deux édifices, dont on pense qu'ils ont successivement occupé des fonctions politiques (voir Chapitre 1.3.3), portent la problématique des feux rituels à Naachtun au-delà de la seule sphère domestique.

Plusieurs opérations ont eu lieu, par ailleurs, dans les Groupes C et A, qui constituent le centre politique de la cité au Classique ancien et au début du Classique récent. Mais celles-ci n'ont livré que peu d'échantillons anthracologiques exploitables. En effet, les fouilles par sondages et tranchées d'extension limitée menées dans ces zones visaient, avant tout, à reconstituer et dater les étapes constructives des édifices monumentaux, non à mettre en évidence les vestiges d'activités particulières en lien avec leur fonction politico-cérémonielle. Les volumineux remblais de construction de ces édifices, qui présentent en soi un problème de représentativité pour l'anthracologie (voir Chapitre 3.2.1), étaient souvent pauvres en charbons et mal datés par manque de matériel céramique diagnostique. La plupart d'entre eux n'ont donc pas été jugés pertinents pour l'étude anthracologique. Le corpus dans ces deux groupes se limite ainsi à deux niveaux de remblai (riches en charbons), une zone de rejets domestiques et deux dépôts scellés, possiblement liés à une étape de fondation ou de transition architecturale. Ces contextes se situent sous les structures I (Groupe Triadique) et IV du Groupe C, ainsi que dans le Complexe à enceinte du Groupe A.

Enfin, la zone résidentielle qui s'étend au sud et à l'ouest de l'épicentre a fait l'objet d'un vaste programme de sondages depuis 2011 (Alvarado et Cotom-Nimatuj, 2013; Cotom-Nimatuj et al., 2014,

2012; Hiquet, 2014; Hiquet et al., 2014), dont l'un des principaux objectifs était de caractériser sa séquence d'occupation en termes de densité de peuplement (Hiquet et al., 2016; Lemonnier et al., 2014). Ces sondages ont permis l'échantillonnage anthracologique d'un grand nombre de contextes généraux, balayant largement l'occupation du site, tant sur le plan chronologique que spatial. Mais contrairement aux fouilles intensives menées dans le Groupe B et l'unité 5N6, ces fouilles par sondage ne procurent, en définitive, que peu d'informations sur le contexte socio-économique et culturel des établissements humains à l'échelle locale, relatives par exemple, au statut des habitants ou au type d'activité menée en ces lieux au cours des différentes phases d'occupation. Une mise en contexte insuffisante permet difficilement d'interpréter les spectres anthracologiques au-delà de leur représentativité archéo-environnementale globale. Cela a, en outre, limité la sélection des dépôts spéciaux dans ce secteur, pourtant relativement fréquents. Indépendamment du fait que les concentrations cendreuses peuvent parfois s'avérer pauvres en charbons, voire stériles et donc inexploitables, elles n'ont d'intérêt que lorsque des caractéristiques archéologiques extrinsèques permettent de les associer de façon suffisamment convaincante à des actions rituelles probables (e.g. localisation dans les axes des structures). Finalement, dans cette zone, seuls deux dépôts cendreux associés à des dépôts de fondation ont pu être inclus à l'étude. Ils sont localisés au sud-ouest de la zone d'étude, dans les unités 6M74 et 6L40.

Tableau 4.1 Liste des opérations de fouille du Projet Naachtun desquelles sont issus les échantillons anthracologiques.

Opération	Secteur	Type de fouille	Responsables	Campagne
II.1	Groupe C	Sondages	L. Garrido, J. Cotom	2014
II.2 bis	Zone résidentielle sud	Sondages	J. Hiquet	2013 ; 2014
II.3	Groupe B, Complexe Sud	Intensives	J. Sion, A. Díaz	2012-2014
II.4	Groupe B, Complexe Central	Intensives	C. Gillot, A. Díaz	2013-2015
II.5	Groupe B	Funéraire	I. Barrientos	2013-2015
II.5 bis	Zone résidentielle sud, unité 5N6	Intensives	H. Goudiaby	2014
II.6	Groupe B, Complexe Ouest	Intensives	D. Perla	2014
III.1	Groupe B, Place Río Bec	Tranchée	P. Nondédéo	2011
III.2	Groupe B, Place Est	Intensives	P. Nondédéo, D. Perla	2011 ; 2013
III.3	Groupe A, Complexe à enceinte	Tranchée	P. Nondédéo	2014
V.1	Groupe C, Complexe Triadique	Tranchée	D. Michelet	2015

4.2. Les contextes du Groupe C

Plusieurs sondages et tranchées ont été effectués dans le Groupe C lors des campagnes 2014 et 2015 (Garrido, 2016; Garrido et al., 2014; Michelet, 2016). Deux échantillons provenant de contextes généraux sont issus des opérations menées sur le Complexe Triadique (structure I). Tout deux sont datés de la première phase d'occupation (Balam I), antérieure à la construction de la plate-forme sur laquelle fut édifiée cette structure en phase Balam II. Le premier contexte correspond à un niveau de terrassement mis en place directement sur la roche-mère (**CG 4921**), mis au jour dans une tranchée de pillage dans l'angle sud-ouest du Groupe Triadique. Ce remblai était particulièrement riche en matériels céramiques, lithiques et fauniques, et présentait également de grandes quantités de grands fragments de charbons dispersés (près de 10 g/L), malgré un sédiment visiblement très peu cendreux. La présence de fragments de stuc modelé et décoré dans ce même niveau ont fait penser qu'il existait probablement un édifice antérieur à la construction du Groupe C (Michelet, 2016, p. 482). Le second contexte (**CG 3920**) est issu d'un sondage effectué au pied de la structure, dans son angle nord-est (Garrido et al., 2014, p. 36). Il s'agit d'un remblai disposé directement sur la roche-mère, constitué de grandes pierres prises dans un sédiment cendreux très charbonneux. Sa mise en place semble avoir eu lieu à la fin de la phase Balam I, voire à la transition avec la phase Balam II (Hiquet, com. pers.), raison pour laquelle ces deux remblais sont considérés séparément ; cela d'autant plus que les fouilles ne permettent pas, pour l'instant, d'établir le lien entre ces deux niveaux archéologiques.

Tableau 4.2 Caractéristiques des échantillons anthracologiques issus du Groupe C.

Id	Structure	Type	F	Phase	UE	Vol	PM
Contextes généraux							
3920	I	Niveau de terrassement sur RM		Balam I-II	N14-3920	41	-
4921		Niveau de terrassement sur RM		Balam I	N15-4921	11	-
Dépôt spécial							
3809	IV	Concentration cendreuse sur RM	?	Balam II	N14-3809	30	-

Enfin, un dépôt de matériels pris dans une importante concentration cendreuse (**DS 3809**) a été mis au jour sous la façade sud de la structure IV, dans un sondage effectué face au monticule ouest de la structure (Garrido et al., 2014, p. 34) (Figure 4.1). À environ 2 m à l'ouest, se trouvent les fragments d'une stèle très érodée. Ce dépôt comblait une fosse d'environ 0,5 m de diamètre taillée directement dans la roche-mère, et fut ensuite scellé par un niveau de terrassement sur lequel fut construit le premier sol. Il contenait de nombreux éclats de silex brûlés et quelques tessons de céramiques appartenant vraisemblablement à divers récipients, ainsi qu'une petite pierre taillée en forme de cube.

D'après les auteurs, ce dépôt pourrait résulter d'une action rituelle de sacralisation de l'espace avant la mise en place du premier sol lors de la phase Balam II du Classique ancien (Garrido et al., 2014, p. 34), lieu où sera ensuite érigée une stèle. Mais la fouille incomplète de cette fosse, qui s'étendait sous la plate-forme de la structure et à l'est (hors limites du sondage), ne permet pas de caractériser ce dépôt dans sa totalité. On manque notamment d'informations sur son extension et sa forme, sur le reste de son contenu (qui pourrait être stratifié) et même sur sa disposition par rapport à la structure qui le surmonte. S'il semble difficile d'en reconstituer la séquence de formation,

possiblement en plusieurs étapes, la présence de nombreuses pierres brûlées semble indiquer qu'au moins un feu y fut effectué *in situ*. Cela n'exclue pas la déposition secondaire de cendres, dans une autre étape par exemple. Trois échantillons de sédiment y ont été prélevés au fil de la fouille et correspondent de fait à trois niveaux de différentes profondeurs.

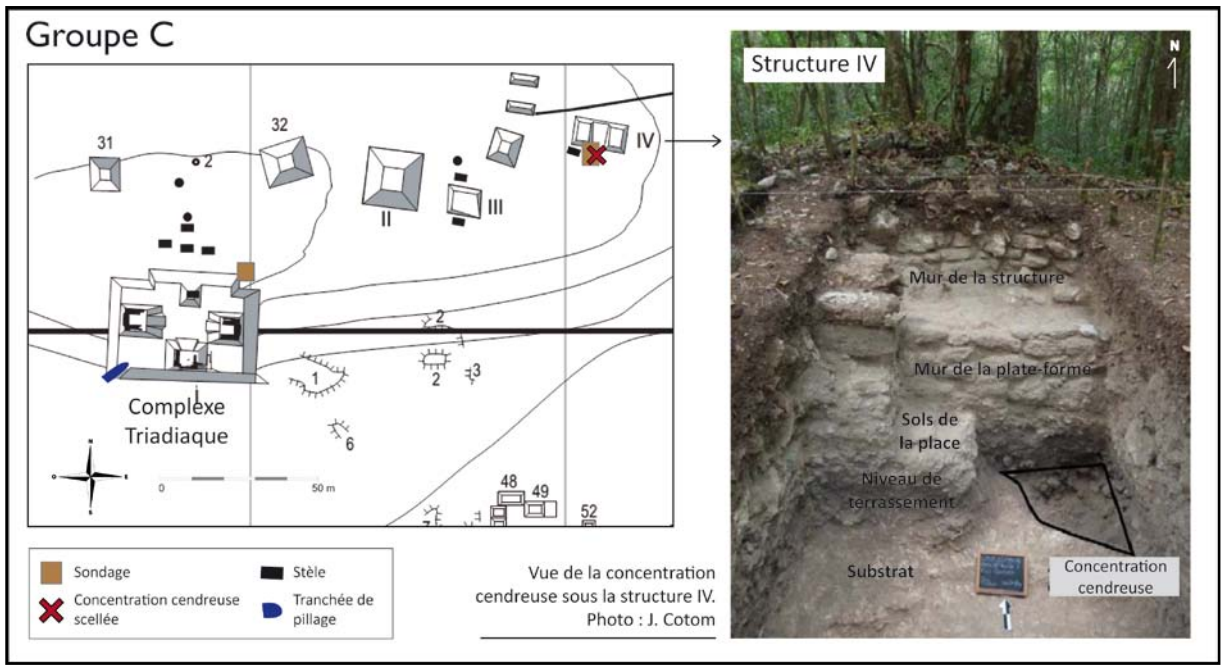


Figure 4.1 Localisation des contextes de provenance des échantillons du Groupe C et vue du dépôt scellé sous la structure IV.

4.3. Les contextes du Groupe A et de la Place Est

4.3.1. Le Complexe à enceinte

Seule zone du Groupe A ayant livré des contextes pertinents et suffisamment riches pour l'étude anthracologique, le Complexe à enceinte est un ensemble palatial que l'on suppose avoir abrité des résidences d'élite au moins au Classique ancien. Des fouilles y ont été effectuées en 2014 au pied de la section ouest du mur d'enceinte, dans sa partie interne (Nondédéo, 2014a) (Figure 4.2). Un sondage avait été effectué au même niveau mais dans sa partie externe lors de la campagne 2012 (Escobar Durand, 2013).

L'édification de ce mur de plus de 3 m de hauteur s'est probablement effectuée en plusieurs étapes, depuis sa construction initiale lors de la phase Balam II du Classique ancien, jusqu'à la mise en place du dernier sol stuqué au Classique récent. Le mur repose sur le sol d'une vaste plate-forme (sol 4), qui continue sous le mur vers l'ouest et se termine à l'extérieur du complexe par un mur en talus. Dans sa partie interne, trois sols stuqués furent ensuite construits successivement au pied du mur d'enceinte contre lequel ils s'appuient, les deux premiers lors de la phase Balam II (sols 2 et 3), le plus récent (sol 1) au cours du Classique récent (complexe céramique Maax, faciès indéterminé).

Quatre fosses intrusives orientées nord-sud, perforant le sol 4 et scellées par le sol 3, ont été mises en évidence au pied de ce mur : trois dépôts mortuaires, apparemment contemporains, contenant presque exclusivement des os longs des membres inférieurs ainsi qu'un membre supérieur en connexion anatomique (Barrientos, 2014a), ainsi qu'une fosse de combustion d'environ un mètre de diamètre, délimitée par un arrangement pierreux. La grande quantité de cendres et de charbons issue de ce foyer (**DS 2135**) associées aux traces de brûlures sur les pierres formant le fond de la fosse, indiquent qu'un feu intense y fut réalisé, probablement à l'occasion d'une cérémonie rituelle entre la construction du mur et celle du sol 3. Son échantillonnage a permis de récupérer quatre échantillons de charbons correspondant à autant de zones de combustion localisées. En revanche, les sédiments des dépôts mortuaires n'ont pas livré de charbon.

Tableau 4.3 Caractéristiques des échantillons anthracologiques issus du Complexe à enceinte.

Id	Structure	Type	F	Phase	UE	Vol	PM
Contexte général							
2131	Mur ouest	Zone de rejet		Maax	N14-2131; N14-2143	45	2
Dépôt spécial							
2135	Mur ouest	Dépôt intrusif scellé	Oui	Balam II	N14-2135	20	-

La fouille de cette section du mur a également mis en évidence l'existence d'un couloir d'accès menant vers l'extérieur du complexe, qui fut condamné certainement au cours du Classique récent. Répandu sur le sol le plus récent (sol 1) à l'intérieur de ce couloir, une accumulation de cendres contenant de grandes quantités de matériels céramiques, lithiques et fauniques ainsi que des ossements humains suggère que ce secteur fut réutilisé comme zone de rejet domestique (**CG 2131**) jusqu'à la fin

du Classique récent. Malgré le fait que ce contexte contienne du matériel céramique plus ancien (daté des phases Balam II à Maax III), sa localisation sur le dernier sol construit au Classique récent permet de penser qu'il représente effectivement la dernière occupation du secteur.

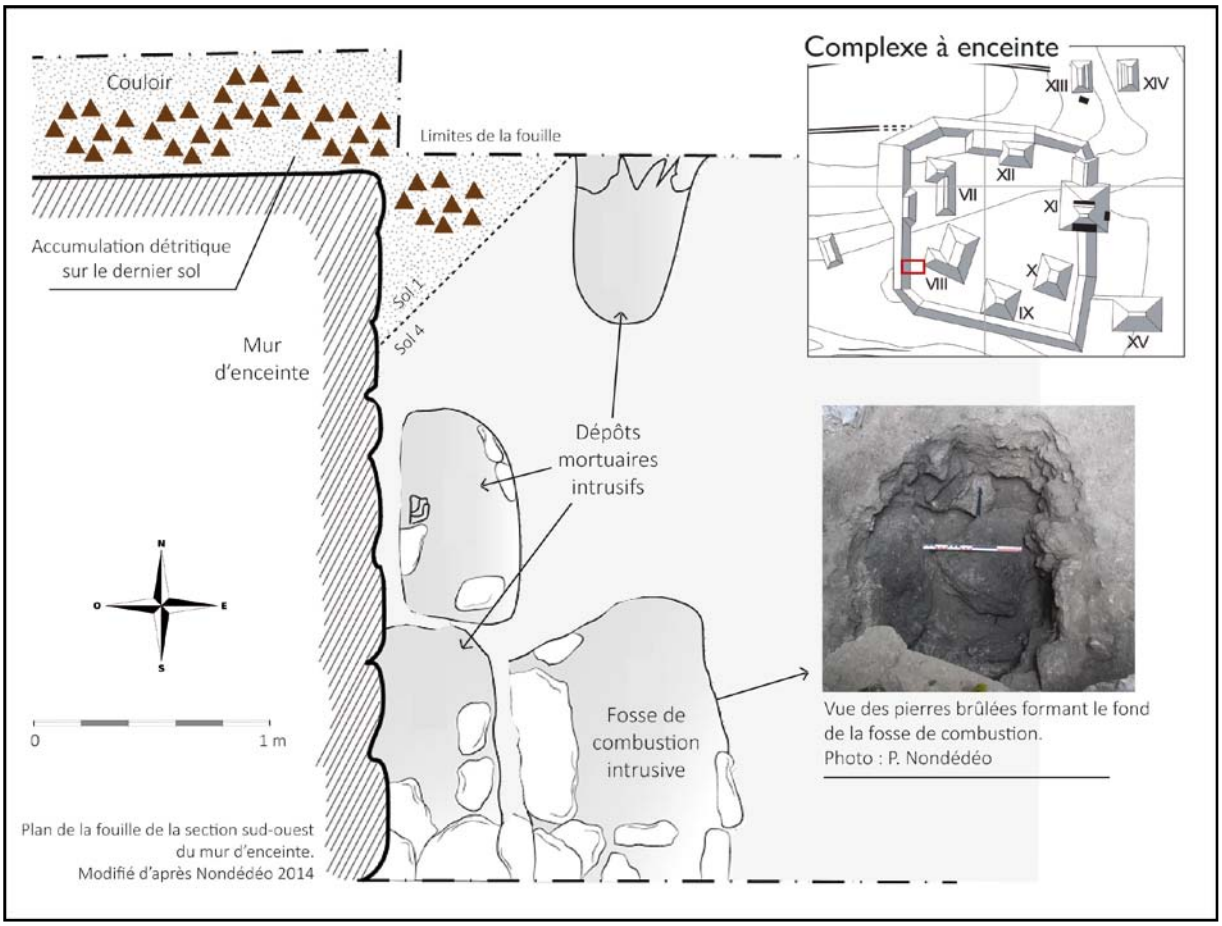


Figure 4.2 Localisation des dépôts intrusifs et de l'accumulation détritique au pied de la section sud-ouest du mur d'enceinte dans le Complexe à enceinte.

4.3.2. Structures 5O-5 et 5O-4, Place Est

Bordant la Place Est au nord, la structure 5O-5 et ses annexes (ensemble XXV) ont fait l'objet de fouilles intensives en 2011 et 2013 (Nondédéo, 2012, 2014b; Perla, 2014b) (Figure 4.3). Cet ensemble palatial, où s'exerçaient des activités politiques et administratives, a probablement été le siège de la dynastie royale de Naachtun au moins au début du Classique récent (Sion, 2016). La structure principale fut construite en phase Maax I-II et est demeurée en activité jusqu'en phase Maax III. Reposant sur un soubassement monumental d'environ 5 m de hauteur, elle consiste en un édifice ouvert au sud, composé de trois pièces alignées selon un axe est-ouest. Un escalier monumental partant de la place donne accès à la plate-forme de la superstructure.

Vers la fin du Classique récent, fut construite la structure annexe 5O-4, immédiatement à l'ouest de la structure principale. L'édification de cette structure à vocation probablement administrative ou utilitaire correspond vraisemblablement aux derniers réaménagements de la place en phase Maax III,

et son occupation semble avoir persisté jusqu'au début du Classique terminal, après l'abandon de la structure 5O-5 (Nondédéo, 2014b). Elle se compose d'une seule pièce allongée orientée est-ouest, ouverte au sud directement sur la place, et au nord via une porte située dans son angle nord-est. Cette porte fut ensuite condamnée et remplacée par une nouvelle porte percée dans son angle nord-ouest. Sa construction en une seule étape permet de rassembler l'ensemble des échantillons anthracologiques issus des niveaux de construction en un seul contexte daté de la phase Maax III (**CG 1935**).

Tableau 4.4 Caractéristiques des échantillons anthracologiques issus de l'ensemble 5O-5/5O-4.

Id	Structure	Type	F	Phase	UE	Vol	PM
Contextes généraux							
1935	5O-4	Remblai de construction		Maax III	N13-1935; N13-1936; N13-1947; N13-1942; N13-1952; N13-1962; N13-1963; N13-1965	31	5
Dépôts spéciaux							
584	5O-5	Concentration sur sol brûlé, pièce centrale	Oui	Muuch	N11-0584	-	1
2108		Concentrations sur sol brûlé, pièce est	Oui	Muuch	N13-2108	50	2
573		Concentration sur sol brûlé de la plate-forme, face à l'entrée de la pièce est	Oui	Muuch	N11-0573	-	1
1925	5O-4	Concentration sur l'escalier nord	Oui	Muuch	N13-1925	20	-

Dépôts exposés

Dans ces deux édifices, plusieurs concentrations cendreuses ont été mises au jour sur les sols. Dans la structure 5O-4, ces concentrations n'ont livré que très peu de charbons identifiables et n'ont donc pas été prises en compte, à l'exception d'un dépôt situé à l'arrière de l'édifice. Résultant d'un ou plusieurs feux *in situ*, cette importante concentration cendreuse (**DS 1925**) d'environ 70 cm de diamètre sur 30 cm d'épaisseur reposait sur un socle en mortier, qui fut aménagé directement sur les marches au pied de la porte nord-est. Le matériel associé (plusieurs fragments de céramique, des éclats de silex brûlés, ainsi que des coquillages d'eau douce et un fragment d'os long humain) et sa localisation devant un accès condamné, font de ce dépôt un probable dépôt d'abandon, effectué entre la fin de la phase Maax III et le début de la phase Muuch (Perla, 2014b, p. 350). Deux échantillons de sédiment y ont été prélevés sur deux niveaux arbitraires.

Dans la structure 5O-5, d'importants dépôts de cendres étaient répandus sur les sols de la pièce centrale et de la pièce est, ainsi que sur le sol de la plate-forme, face à la pièce est (Nondédéo, 2014b, p. 321, 2012, pp. 169–170). Le dépôt central (**DS 584**) est une importante concentration de fragments d'encensoirs portant des marques de combustion, associée à une grande quantité de cendres, de charbons et de restes de résine brulée[15]. Il était situé au centre de la pièce centrale, sur environ 1,4 m de diamètre sur le sol intensément brûlé. Les travaux de restauration ont mis en évidence la présence d'au moins trois récipients différents, dont un encensoir à pointes (Colín, 2016). Il semble que ces

[15] Mise en évidence par fluorescence UV (Colín, 2016, p. 556).

récipients aient été déposés entiers puis détruits par l'effondrement de la voûte (Nondédéo, 2012, p. 170). Un échantillon de cendres et de charbons y a été prélevé manuellement en 2011, lequel a ensuite été tamisé à sec au laboratoire d'archéobotanique à Nanterre.

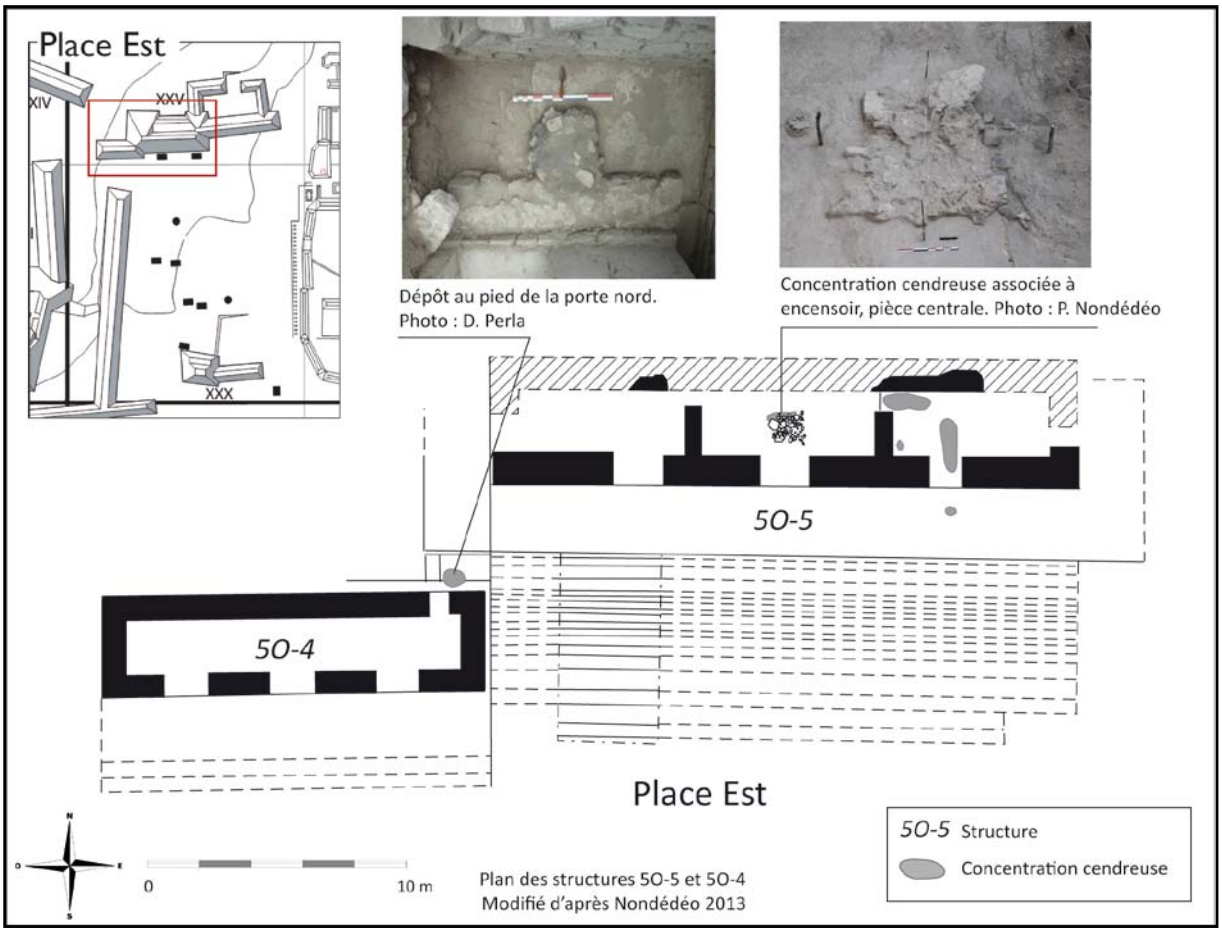


Figure 4.3 Localisation des dépôts spéciaux dans les structures 5O-5 et 5O-4.

Dans la pièce est, plusieurs épandages de cendres étaient répandus sur les sols également brûlés (**DS 2108**). Parmi le matériel associé figurent un fragment d'encensoir identique à ceux du dépôt de la pièce centrale, des restes fauniques, une lame d'obsidienne, un couteau en silex et une plaque de pierre verte polie. Trois échantillons de sédiments ainsi que deux échantillons de charbons ont été prélevés dans les concentrations cendreuses et dans la moitié est de la pièce. Face à cette pièce est, sur le sol de la plate-forme, un dernier dépôt cendreux (**DS 573**) associé à des fragments d'encensoir et des fragments de pierre polie a été prélevé manuellement en 2011 puis tamisé à sec en laboratoire. Il est possible qu'un dépôt similaire ait été effectué également face à la pièce centrale, mais celui-ci aura été détruit par une tranchée de pillage passant dans l'axe de la structure. Dans la pièce ouest, en revanche, malgré les traces de combustion sur les sols, aucun dépôt de cendres n'était présent, et le prélèvement de trois échantillons de sédiment dans chaque tiers de la pièce n'a fourni que très peu de charbons (non intégrés au corpus d'étude).

Ces dépôts résultent vraisemblablement d'une importante cérémonie de terminaison de l'édifice. Or, deux datations successives au radiocarbone ont montré que le dépôt central avait été effectué tardivement, entre le XI^{e} et le XIII^{e} siècle (1051-1254 et 1033-1204 apr. J.-C., âges calibrés à 2σ). Cela suggère que des actions rituelles furent menées dans certains édifices lors d'un possible retour sur le site bien après son abandon.

4.4. Les contextes du Groupe B

4.4.1. Structure 6O-5, Place Río Bec

Édifiée à la fin de la phase Maax II, la Place Río Bec correspond au centre politico-cérémoniel de Naachtun à la fin de la royauté puis durant la période dite post-dynastique, entre la fin du Classique récent et le Classique terminal (Sion, 2016). Délimitant la place au sud, l'ensemble 6O-5 se compose de plusieurs structures dont certaines ouvrent au nord sur la place alors que d'autres s'ouvrent sur le Patio 28 (Figure 4.10). Dans la structure centrale 6O-5, fouillée en 2011 (Michelet et Nondédéo, 2012), l'accès direct à la place via un vaste escalier ainsi que l'absence de banquette interne indiquent qu'il s'agissait d'un édifice politique, qui a pu se substituer à la structure 5O-5 au Classique terminal (Sion 2016, p. 236). La présence d'une niche aménagée dans le mur arrière de l'édifice dans l'axe de la porte, qui contenait des restes amalgamés de résine brûlée et de copeaux de bois plus ou moins carbonisés (Figure 4.4), indique que des rituels de feu furent pratiqués dans cet édifice. Sur le sol au pied de cette niche, un important dépôt de cendres et de charbons issu d'un feu *in situ* (**DS 549**) fut mis au jour, correspondant probablement aux restes d'un rituel lié à l'abandon de l'édifice. Une datation au radiocarbone (990-1154 apr. J.-C., âge calibré à 2σ) montre que ce rituel fut effectué entre la fin du X^{e} et le milieu du XII^{e} siècle, soit relativement tardivement dans l'histoire de la cité.

Tableau 4.5 Caractéristiques des échantillons anthracologiques issus de la structure 6O-5.

Id	Structure	Type	F	Phase	UE	Vol	PM
Dépôts spéciaux							
549	6O-5	Concentration sur sol brûlé intérieur	Oui	Muuch	N11-0549	-	1
564		Concentration à l'angle nord-ouest de la structure sur la plate-forme extérieure	?	Muuch	N11-0564	-	1

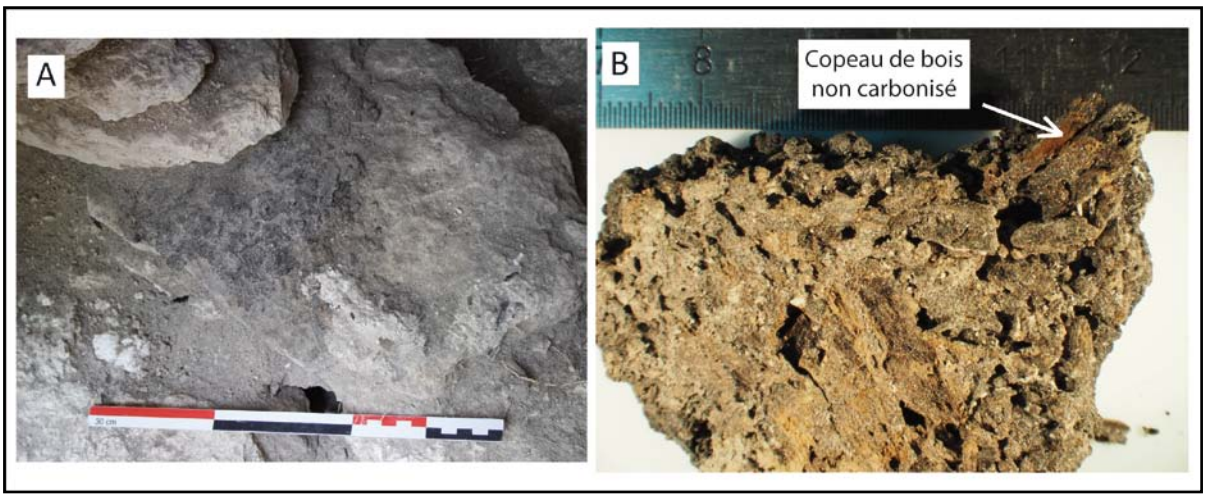


Figure 4.4. Vue (A) et détail (B) de l'amalgame de résine, copeaux et charbons de bois à l'intérieur de la niche axiale de la structure 6O-5, Place Río Bec. Photo A : P. Nondédéo.

Une autre concentration de cendres et de charbons (**DS 564**), cette fois associée à des fragments d'encensoir, était située sur la plate-forme extérieure à l'angle nord-ouest de la structure et pourrait également être liée à un rituel d'abandon. Ces deux dépôts ont été échantillonnés manuellement lors de la fouille en 2011.

4.4.2. Patio 6, Complexe Ouest

Associé à la Place Est, le Complexe Ouest (Figure 4.5) est le principal ensemble résidentiel du Groupe B érigé au début du Classique récent lors des phases Maax I-II (Sion, 2016). Depuis 2014, des fouilles intensives ont été menées dans le Patio 6, situé au centre du complexe, et notamment dans les structures 5O-51 et 5O-69 qui bordent le patio au sud et à l'ouest (Perla, 2016, 2014a). La qualité de l'architecture ainsi que sa situation à proximité de la Place Est indiquent que cette unité résidentielle a très certainement abrité des membres de l'élite de la cité au Classique récent.

Tableau 4.6 Contextes de provenance des échantillons anthracologiques dans le Patio 6.

Id	Structure	Type	F	Phase	UE	Vol	PM
Contextes généraux							
1976	5O-51	Niveau d'occupation		Maax III	N14-1976; N14-1980; N14-1987; N14-1989	25	3
4333		Remblai de construction		Maax II	N14-4333; N14-4321; N14-4332; N14-4349; N14-4351	5	4
4388	5O-69	Remblai de construction		Maax II	N15-4388	6	-
Dépôts spéciaux							
1990	5O-51	Concentration sur sol brûlé au pied de la banquette, pièce est	Oui	Maax III	N14-1990	8	-
4335		Sépulture 48, concentration au-dessus de la ciste et remblai de la fosse sépulcrale	Non	Maax II	N14-4335; (N14-4348)	3	1
4025		Sépulture 48, cendres dans la ciste	Non	Maax II	N14-4025	10	-

Les fouilles ont montré que la structure 5O-69 fut édifiée au début de la phase Maax II. Elle fut suivie peu après lors de cette même phase, par l'édification de la structure 5O-51, dans laquelle les deux pièces de l'espace nord correspondent à une même étape constructive. L'édifice subit plusieurs réaménagements par la suite, dont la construction des banquettes et la condamnation d'une porte à l'est, avant d'être abandonné à la fin du Classique récent (Maax III). La découverte, à l'entrée de la pièce ouest, d'un dépôt d'abandon daté de la phase Muuch (ne contenant pas de charbon) a toutefois montré que cet espace était encore visité au Classique terminal malgré son abandon en tant qu'habitat (Perla, 2014a). Les échantillons issus de ces fouilles correspondent au dernier niveau d'occupation de la structure 5O-51 daté de la phase Maax III (**CG 1976**), ainsi qu'aux remblais de construction de chacune des structures, qui ont été enregistrés comme deux contextes généraux datés de la phase Maax II (**CG 4388** et **CG 4333**).

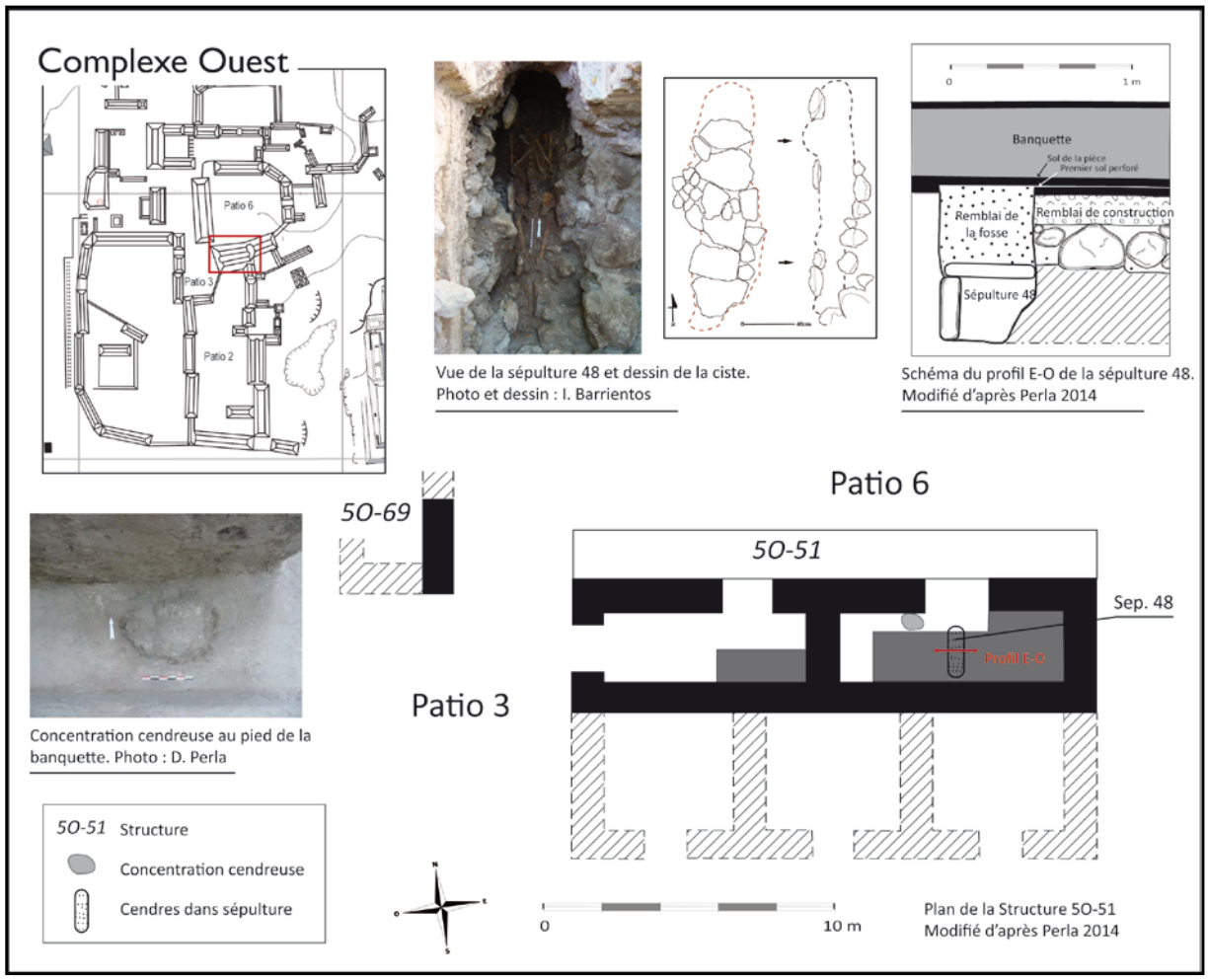


Figure 4.5 Localisation des dépôts spéciaux dans la structure 5O-51, Patio 6.

Contexte funéraire du Patio 6

Dans la structure 5O-51, une sépulture individuelle (sépulture 48 dans la séquence de Naachtun) était située sous la pièce est, dans l'axe de la porte (Barrientos, 2014a, 2014b). Installée dans une fosse intrusive perforant le premier sol de la pièce, puis scellée par le second sol, sa mise en place est probablement en lien avec la construction de la banquette latérale en phase Maax II, à laquelle ce second sol est associé (Perla, 2014a, p. 326). Le corps d'un individu masculin adulte, dont les ossements étaient particulièrement bien conservés, était disposé en décubitus dorsal étendu tête au nord, dans une ciste formée de dalles latérales et supérieures. La fosse fut ensuite remblayée avant d'être scellée par la mise en place du sol le plus récent de la pièce. Très peu de matériel céramique et lithique était associé au dépôt funéraire, mais un important dépôt de cendres et de charbons recouvrait les ossements à l'intérieur de la ciste (**DS 4025**). L'absence de trace de combustion interne permet de penser que ces cendres ne sont pas les vestiges d'un feu *in situ* mais qu'elles ont été déposées intentionnellement à l'intérieur de la ciste au moment de l'inhumation. Compte tenu de l'arrangement sommaire des dalles supérieures, il est possible que cette couche cendreuse ait été contaminée par le remblai de la fosse sépulcrale. En effet, une concentration de charbons (**DS 4335**) était présente dans le remblai recouvrant les dalles de couverture, juste au-dessus du crâne. Sa localisation permet de

penser qu'il s'agit d'un dépôt intentionnel en lien avec l'inhumation. Plusieurs sépultures du site présentent en effet des dépôts de macrorestes carbonisés, déposés sur les dalles de cistes au-dessus des sépultures (e.g. Goudiaby et al., 2016, p. 193). Ce dépôt a fait l'objet d'un prélèvement manuel compte tenu de son extension limitée. À des fins de contrôle et pour permettre une meilleure compréhension des processus de formation de ces dépôts, un prélèvement de sédiment a également été fait dans le niveau de remblai qui recouvrait ce dernier dépôt (UE N14-4348).

Dépôt exposé

Dans la structure 5O-51, une concentration de cendres et de charbons d'environ 0,5 m de diamètre, vestige d'un feu *in situ*, était située sur le sol au pied de la banquette de la pièce est et a probablement été effectuée dans le cadre d'un rituel d'abandon (**DS 1990**).

4.4.3. Patio 22, Complexe Central

Les premières plate-formes du Complexe Central apparaissent vers la fin de la phase Maax II, mais l'édification de la plupart des unités résidentielles se produit en phase Maax III (Sion, 2016). Occupé jusqu'au Classique terminal (phase Muuch), le Complexe Central est considéré comme un ensemble résidentiel d'élite en raison de l'ampleur de ses structures et de sa proximité immédiate avec la Place Río Bec et la pyramide 6O-3. Principale unité résidentielle du complexe, le Patio 22 a fait l'objet de fouilles intensives depuis 2013 (Díaz, 2016; Díaz et Gillot, 2014; Gillot, 2016, 2014) (Figure 4.6). La structure 5O-131 constitue la limite nord du patio. Elle comprend deux files parallèles de pièces suivant un axe est-ouest. Les pièces situées au sud donnent sur le Patio 22, alors que les pièces de l'espace nord donnent sur le Patio 26. À l'ouest du Patio 22, la structure 5O-120 est composée d'au moins cinq pièces disposées selon un axe nord-sud, les trois pièces à l'est ouvrant sur le Patio 22. Cette unité résidentielle connaît une occupation intense en phases Maax III et Muuch, qui s'accompagne de nombreux réaménagements architecturaux (construction de banquettes et de cloisons internes). La fermeture progressive des accès traduit non seulement un phénomène d'accroissement de la population et de contraction de l'habitat identique à celui observé dans le Complexe Sud (Sion, 2016), mais aussi une rupture avec les activités civico-cérémonielles effectuées sur la Place Río Bec, à laquelle le Patio 22 avait un accès direct dans son état initial (Nondédéo, com. pers.). À travers le cloisonnement entre ces deux espaces, le Patio 22 devient plus strictement résidentiel.

Un grand nombre de dépôts spéciaux (dépôts d'abandon et contextes funéraires en particulier) ont été mis au jour dans cette unité résidentielle. Ceux sélectionnés pour l'étude anthracologique sont les dépôts de deux sépultures ainsi que cinq dépôts exposés liés à l'abandon, dont un que l'on peut qualifier de problématique. En revanche, aucun niveau général n'a été retenu dans cette zone, principalement en raison des perturbations subies au Classique terminal. En effet, l'intérêt de cette unité résidait surtout dans son occupation en phase Maax III, où l'on suppose qu'elle abritait l'élite dirigeante de la cité. Elle a donc été considérée comme non prioritaire par rapport aux unités du Complexe Sud, qui connaissent leur apogée au Classique terminal et sont donc plus représentatives de cette dernière phase.

Tableau 4.7 Caractéristiques des échantillons anthracologiques issus du Patio 22.

Id	Structure	Type	F	Phase	UE	Vol	PM
Dépôts spéciaux							
2074	5O-120	Concentration sur sol brûlé intérieur, pièce 1, partie nord	Oui	Muuch	N14-2074	12	-
2051		Concentration sur sol brûlé intérieur, pièce 1, partie sud	Oui	Muuch	N14-2051; N14-2058	15	-
4415		Concentration dans la niche de la pièce 4	?	Muuch	N14-4415	10	-
4479		Dépôt intrusif dans le sol de la pièce 4	?	Muuch	N15-4479	43	-
4023		Sépulture 46, matrice cendreuse associée aux dalles supérieures de la ciste	?	Maax II	N14-4023	6	-
4024		Sépulture 46, cendres dans la ciste	Non	Maax II	N14-4024	11	-
2244	5O-131	Epandage de cendres sur le sol de la pièce b	?	Muuch	N13-2244	12	-
4016		Sépulture 49, niveau cendreux sur les dalles de ciste	?	Maax	N14-4016	10	-
4026		Sépulture 49, cendres dans la ciste	Non	Maax	N15-4026	7	-

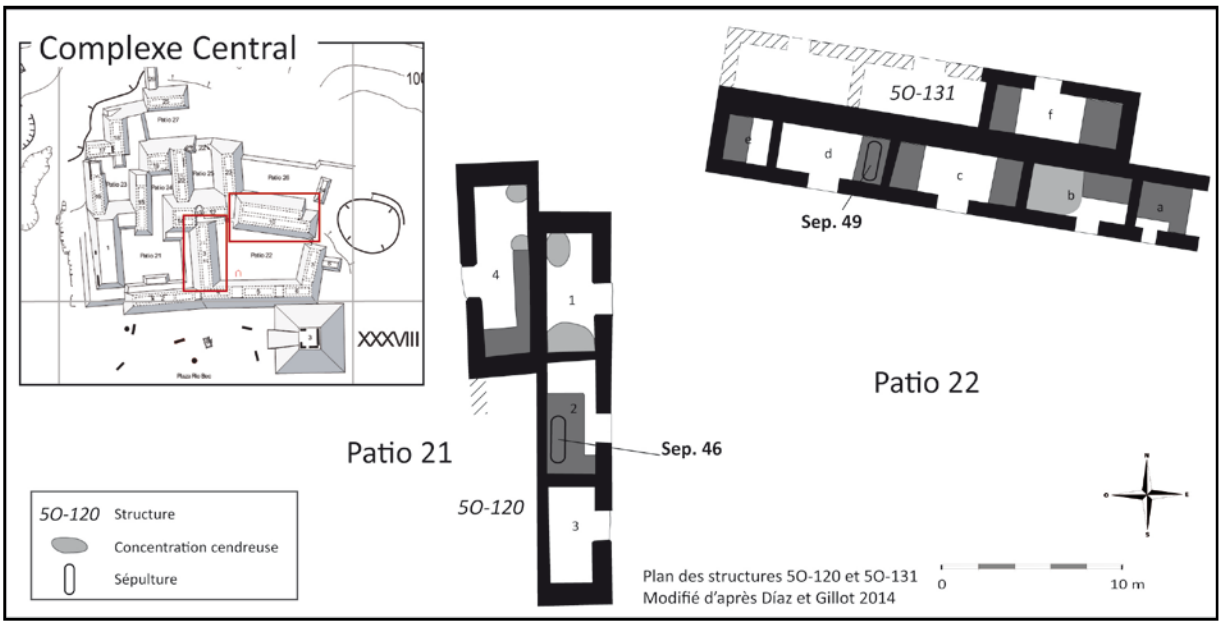


Figure 4.6 Localisation des dépôts spéciaux dans le Patio 22, Complexe Central.

Contextes funéraires du Patio 22

Deux sépultures ont fait l'objet d'un échantillonnage anthracologique en 2014, la sépulture 46 de la structure 5O-120 et la sépulture 49 de la structure 5O-131, dont la fouille s'est poursuivie en 2015.

La sépulture 46 se situe dans la pièce 2 de la structure 5O-120, sous la banquette axiale (Figure 4.7) (Barrientos, 2014a, 2014b). Cette sépulture individuelle en ciste, dans laquelle le corps d'un adulte de sexe indéterminé était disposé en décubitus dorsal étendu et orienté nord-sud, fut mise en place dans le niveau de terrassement initial puis rouverte pour en extraire les ossements des membres inférieurs. Ces deux actions successives se sont vraisemblablement produites avant la construction de la structure 5O-120 en phase Maax II, puisqu'aucune trace d'intrusion n'a été détectée. La réouverture

et l'altération rituelle des sépultures, pour en extraire des ossements ou y déposer des objets, est une pratique maya préhispanique qui participe probablement des dynamiques d'enracinement dans un espace résidentiel et social, elles-mêmes étroitement liées au culte des ancêtres (Barrientos et al., 2015; Chase et Chase, 2003). Le mobilier funéraire de la sépulture 46 comprend deux récipients monochromes fragmentés situés au niveau des membres inférieurs, qui ont probablement été cassés au moment de la réouverture de la ciste, ainsi qu'un plat tripode polychrome déposé à l'envers au niveau du crâne, qui fut probablement ajouté lors de cette même réouverture (Barrientos, 2014a, p. 226). Les dalles supérieures de la ciste furent ensuite replacées de façon à recouvrir la fosse, donnant lieu, dans sa partie sud, à un arrangement de pierres et de terre charbonneuse. Deux échantillons de sédiment ont été prélevés dans ce contexte funéraire, le premier dans la matrice charbonneuse formant la couverture de la ciste (**DS 4023**), le second dans le sédiment interne à la ciste, également riche en charbons (**DS 4024**). S'agissant d'un contexte perturbé, il est difficile de statuer sur le processus de formation de ces dépôts charbonneux. On peut néanmoins affirmer qu'ils correspondent à un ou des dépôts volontaires, en raison de leur densité relativement élevée en charbon (1,1 g/L) par rapport au remblai adjacent qui n'a livré aucun charbon.

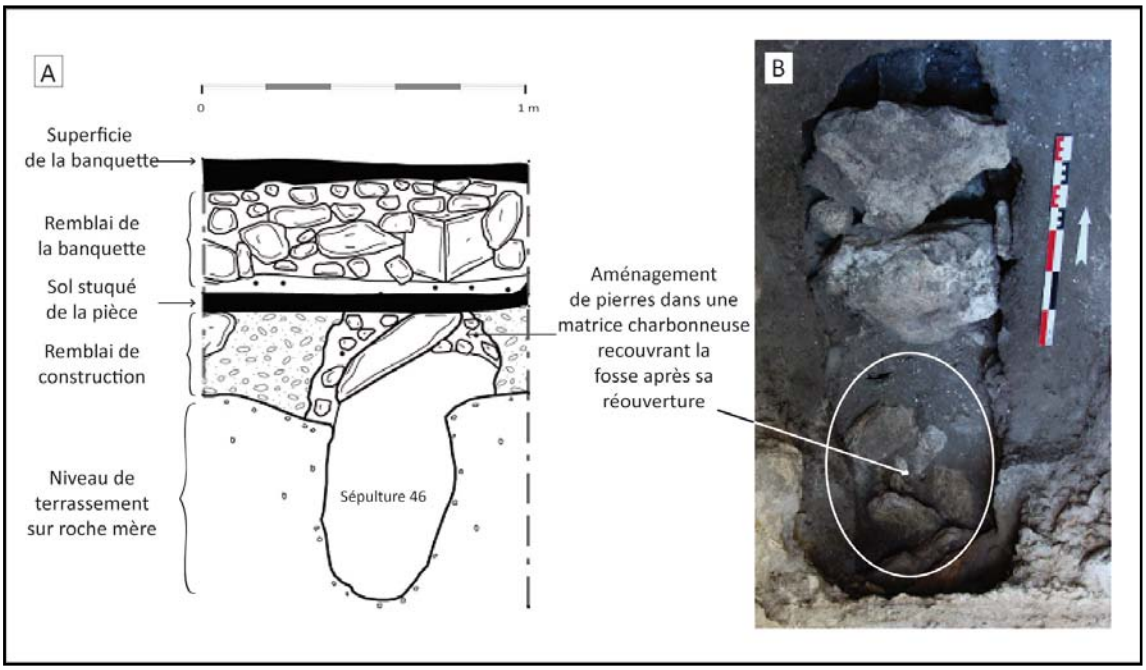


Figure 4.7 Sépulture 46, structure 5O-120, Patio 22. A : profil sud de la ciste, modifié d'après Díaz 2014. B : vue de la couverture de la ciste (photo : I. Barrientos).

La sépulture 49 se situe dans la pièce d de la structure 5O-131, sous la banquette latérale (Barrientos, 2016a, 2016b). Il s'agit cette fois-ci d'une sépulture intrusive, au-dessus de laquelle le sol fut reconstruit avant l'installation de la banquette. La ciste était formée de dalles verticales formant les parois latérales et d'une double couverture de dalles horizontales, dont la partie sud était effondrée à l'intérieur de la fosse. Surmontant ces dalles horizontales, une concentration de charbons et de carporestes dans un sédiment cendreux a fait l'objet d'un premier prélèvement de sédiment (**DS 4016**). Dans la ciste, le corps d'un individu masculin adulte orienté nord-sud était disposé en décubitus dorsal

étendu et recouvert d'un sédiment particulier, mêlant apparemment cendres et *sascab* (marne calcaire). En dehors de cet épandage, dans lequel un second échantillon de sédiment a été prélevé (**DS 4026**), le dépôt funéraire comportait un récipient monochrome déposé à l'extrémité sud de la fosse ainsi qu'un récipient miniature situé au niveau de l'avant-bras droit. Dans ce contexte non perturbé, la nature des deux dépôts de cendres ne laisse que peu de doute sur leur caractère intentionnel en lien avec l'inhumation, d'autant qu'un traitement identique à été mis en évidence dans une autre sépulture du Patio. Mais, à nouveau, le dépôt interne à la ciste a pu être contaminé par le dépôt localisé au-dessus de la ciste lors de l'effondrement partiel de sa couverture.

Dépôts exposés

Contrairement à la structure 5O-51 du Patio 6 où les sols étaient particulièrement propres, les sols des structures du Patio 22 étaient jonchés de nombreuses concentrations cendreuses plus ou moins étendues, contenant souvent de grandes quantités de matériel céramique, lithique, malacologique et faunique. Les traces de combustion sur les sols et les murs indiquent que ces dépôts sont le plus souvent les vestiges de feux *in situ*, effectués directement sur les sols ou bien dans des intrusions dans les sols et les banquettes, probablement dans le cadre de rituels d'abandon. Le temps imparti aux analyses en laboratoire a impliqué une nécessaire sélection de ces dépôts, et seuls les dépôts de trois pièces ont été retenus : pièce b de la structure 5O-131 et pièces 1 et 4 de la structure 5O-120. Les dépôts mis au jour dans ces pièces ont été sélectionnés en raison de leur nature différente, de leur extension, de leur richesse en charbons et du matériel qui leur était associé.

Dans la pièce 1 (nord-est) de la structure 5O-120, un vaste niveau cendreux était répandu sur la quasi totalité de la pièce, atteignant près de 40 cm d'épaisseur contre le mur sud, sans qu'aucun aménagement pierreux ne permette de penser qu'il s'agissait d'une zone de cuisine. Deux zones de combustion y ont été détectées. La première s'étendait sur toute la largeur de la pièce contre son mur sud (**DS 2051**) (Figure 4.8 A). Cette zone a fourni peu de matériel céramique mais présentait en revanche une grande quantité de carporestes carbonisés. Dans la partie nord de la pièce, une seconde zone de combustion était disposée sur le sol intentionnellement détruit sur une zone d'environ 2,6 m sur 3 (**DS 2074**). Ce dépôt était associé à une grande quantité de matériels, dont un fragment de figurine, des coquillages sculptés, des ossements humains ainsi qu'une carapace de tortue presque complète. Bien que n'étant pas situés dans l'axe de la porte, la destruction intentionnelle du sol, les traces d'incendie et la présence d'ossements humains a permis d'interpréter ces dépôts composites comme les vestiges d'un important rituel d'abandon (Díaz et Gillot, 2014, pp. 194–195).

Dans la pièce 4 (nord-ouest) de la structure 5O-120, deux concentrations cendreuses localisées ont été échantillonnées. La première était située à l'intérieur d'une niche aménagée sur le côté nord de la banquette axiale et était associée à quelques fragments de céramique (**DS 4415**) (Figure 4.8 B). Comme il en existe d'autres exemples sur le site, ce dépôt cendreux résulte vraisemblablement du ou des derniers feux effectués *in situ*, probablement dans le cadre de rituels domestiques ou bien d'un rituel d'abandon. La seconde concentration se situe dans une fosse intrusive d'environ 0,9 m sur 0,7 perforant le sol et le remblai de la pièce dans son angle nord-ouest (**DS 4479**) (Figure 4.8 C et D). Il contenait des tessons de céramique des phases Maax III et Muuch, des fragments d'outils lithiques domestiques (meule), des coquillages ainsi que des restes fauniques brûlés. L'intrusion n'ayant été que partiellement rebouchée, ce dépôt « exposé », c'est-à-dire visible, doit être considéré comme lié à

l'abandon de la structure, bien que sa configuration (dépôt enterré dans une fosse intrusive) suggère qu'il fut mis en place avant ou pendant l'occupation (Sion, com. pers.). Il s'agirait alors d'un dépôt initialement scellé (possiblement un dépôt de fondation) qui fut ensuite rouvert au moment de l'abandon.

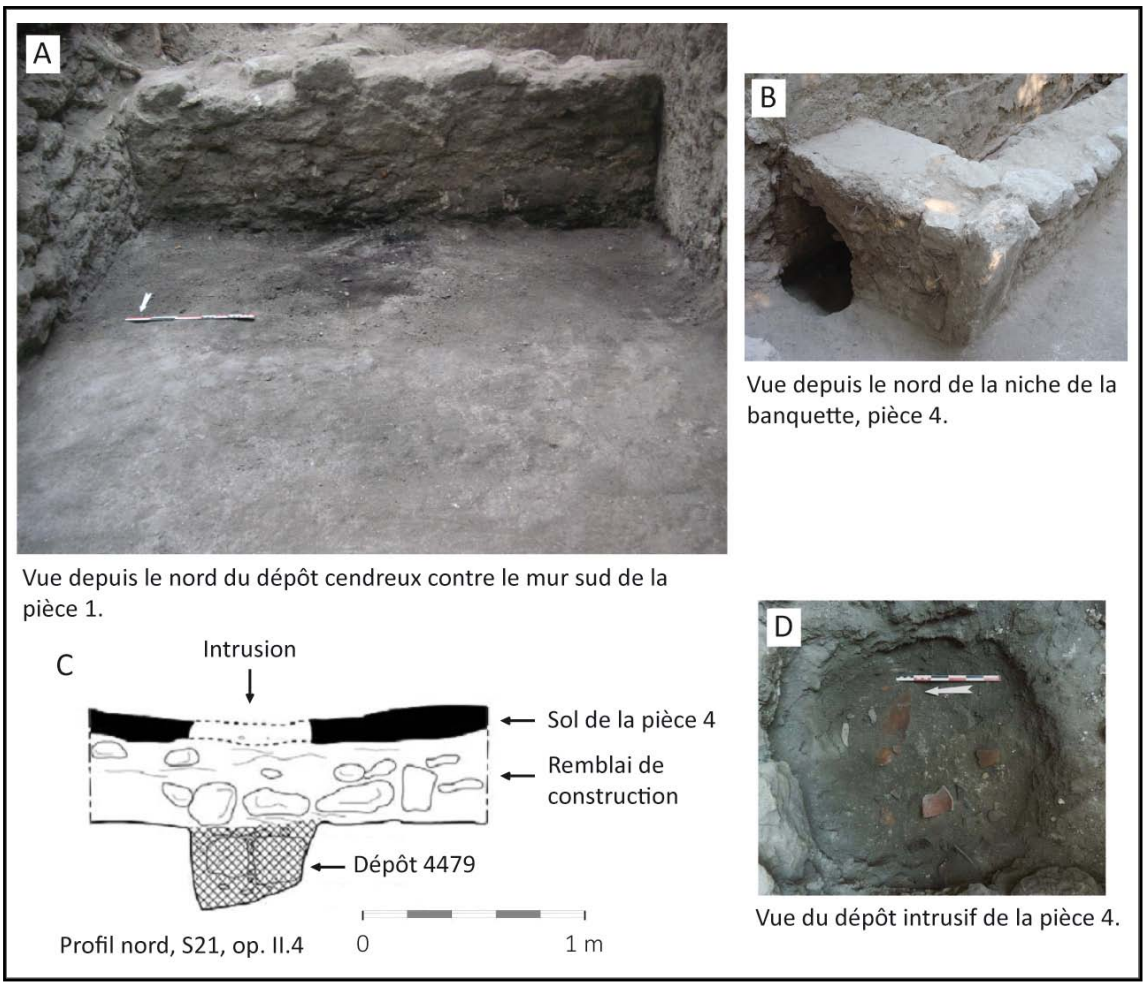


Figure 4.8 Dépôts de la structure 5O-120, Patio 22, Complexe Central. Photos : A. Díaz. Profil : modifié d'après Díaz 2016.

Le dernier dépôt (**DS 2244**) est issu de la pièce b de la structure 5O-131. Ce dépôt est « problématique » dans la mesure où ses caractéristiques ne permettent pas de statuer de façon certaine sur sa fonction ou son origine. Il s'agit d'un épais niveau cendreux contenant des fragments de céramiques et quelques restes fauniques, répandu sur toute la moitié ouest de la pièce (Figure 4.9 A). Dans un premier temps, ce niveau cendreux a été perçu comme un probable dépôt d'abandon, principalement en raison de son homogénéité et de sa plus grande concentration dans l'angle nord-ouest de la pièce (où il atteint 40 cm d'épaisseur), deux observations qui suggéraient un dépôt en une seule étape (Gillot, 2014, p. 272). En effet, la dispersion rituelle de déchets domestiques sur les sols des structures au moment de leur abandon semble avoir été une pratique courante dans les cités mayas (Stanton et al., 2008). À l'inverse, ces observations contredisaient l'hypothèse d'une accumulation

progressive de déchets domestiques telle qu'on l'observerait si la pièce avait été réutilisée comme dépotoir lors d'une ultime phase d'occupation.

Néanmoins, la mise au jour d'aménagements sur le sol de la pièce (recouverts par le niveau cendreux), notamment deux foyers circulaires ainsi qu'un support en mortier (Figure 4.9 B), a permis de déduire qu'après avoir eu auparavant une fonction résidentielle, comme l'atteste la présence d'une banquette dans la partie est de la pièce, celle-ci fut vraisemblablement réutilisée comme cuisine (Gillot, 2014). Dès lors, il devient difficile de distinguer ici ce qui semble bien être un dépôt volontaire lié à l'abandon de la structure, de ce qui relève de déchets domestiques. Dans le cas d'un abandon anticipé par exemple, les déchets domestiques s'accumulent dans des zones qui seraient nettoyées régulièrement dans un contexte pré-abandon (Stanton et al., 2008, pp. 232–233). Néanmoins, et c'est pourquoi ce dépôt intègre provisoirement le corpus des dépôts spéciaux, la récurrence des dépôts de cendres dans les autres pièces de la structure 5O-131 et dans celles de la structure 5O-120 et leur association claire à des actions rituelles de terminaison, permet de penser que le niveau cendreux de la pièce b fait aussi très certainement partie de l'abandon planifié du Patio 22 (Gillot, 2016, p. 147).

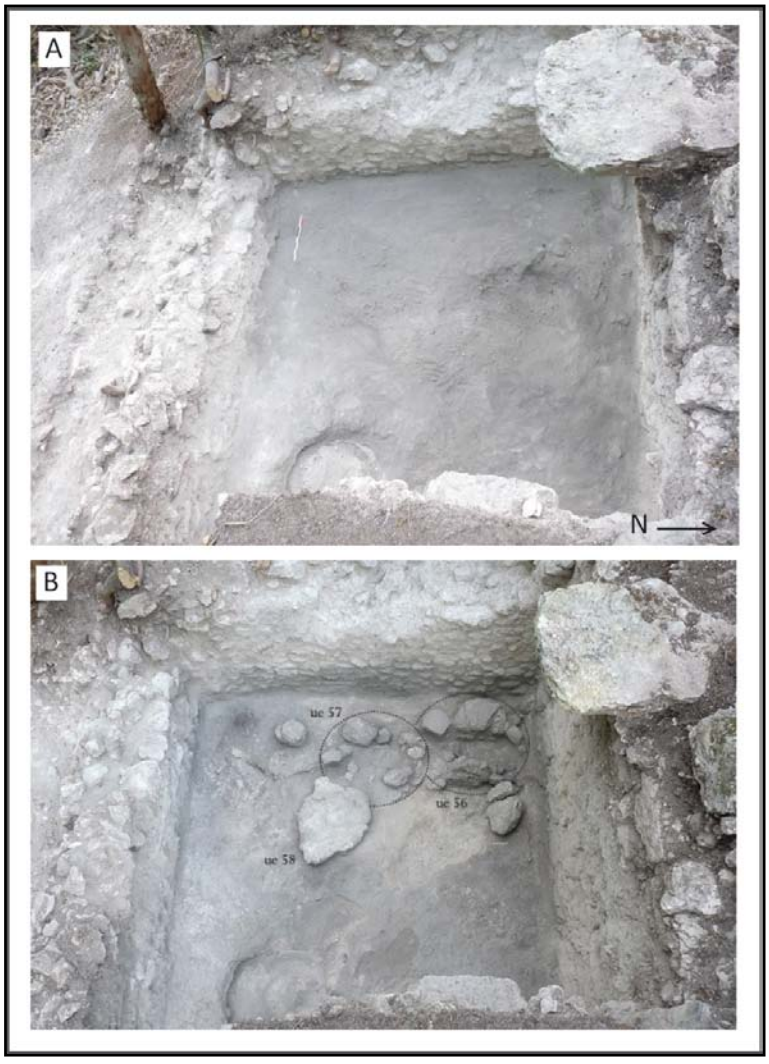


Figure 4.9 Vues depuis l'est de la pièce b, structure 5O-131, Patio 22, Complexe Central. Niveau cendreux N13-2244 (A) recouvrant les aménagements pierreux (B) disposés sur le sol. Photos : C. Gillot.

4.4.4. Patios 28, 31, 32 et 34, Complexe Sud

Délimitant la Place Río Bec au sud, le Complexe Sud est composé de groupes résidentiels à patio, principalement édifiés au Classique récent et dont l'occupation intense jusqu'au Classique terminal correspond à l'ultime phase d'occupation de Naachtun.

Son développement initial se situe en phase Maax II, au cours de laquelle d'importants travaux de terrassement sont menés. Les premières plate-formes apparaissent et les premières structures maçonnées sont construites, notamment dans le Patio 28, en parallèle à l'édification de la Place Río Bec. Mais la majorité des structures est construite lors de la phase Maax III ; un investissement architectural qui traduit l'appropriation de l'espace par des groupes sociaux puissants, au moment où s'opère la transition socio-politique de Naachtun entre l'ancien pouvoir dynastique et la nouvelle société du Classique terminal. Contrairement aux Complexes Ouest et Central, le développement architectural du Complexe Sud continue jusqu'en phase Muuch au Classique terminal. Alors que l'habitat y est initialement moins dense que dans les autres complexes du Groupe B, les nombreux réaménagements architecturaux qui se produisent dès la fin du Classique récent (construction et extension des banquettes, subdivisions internes, réorganisation des espaces) manifestent un besoin d'augmenter la capacité d'accueil des habitats face à un accroissement ou à un phénomène d'attraction de la population. Cette concentration de la population, probablement en provenance des zones résidentielles périphériques, conduit également à une plus forte ségrégation sociale, visible à travers la restriction progressive des accès aux différentes unités d'habitat (Sion, 2016). L'occupation maximale du Complexe Sud au Classique terminal se manifeste également par l'abondance des dépotoirs domestiques (Sion, 2016). L'abondance et la diversité des biens de prestige et matières premières exogènes accumulés dans ces dépotoirs – jade et obsidienne provenant des Hautes Terres du Guatemala et des Hauts Plateaux mexicains, granite issu des Montagnes Mayas au Belize, coquillages marins provenant des côtes caraïbes et pacifiques (Andrieu, 2014a, 2014b, 2009, Cotom-Nimatuj, 2014a, 2014b) – traduisent la prospérité des habitants, qui maintiennent leur dynamisme économique grâce à leur intégration aux réseaux d'échanges interrégionaux.

Dans cet ensemble, les Patios 28, 31/32 et 34/35 ont fait l'objet de fouilles intensives de 2011 à 2014 (Díaz et Sion, 2014; Sion, 2016, 2014a, 2014b, Sion et al., 2013, 2012). Ces fouilles furent complétées par un programme de sondages dans les autres unités résidentielles du Complexe (Hernández et al., 2012; Sion, 2012).

Le Patio 28 (Figure 4.10) est l'unité principale du Complexe Sud, tout d'abord en raison de sa monumentalité et de sa proximité avec le soubassement monumental de la structure 6O-4, mais également par son imbrication avec l'ensemble 6O-5. D'après Sion (2016, pp. 235–236), les liens entre le Patio 28 et la Place Río Bec permettent de considérer cet espace comme un lieu d'exercice du pouvoir politique au Classique terminal. Délimitant le patio à l'ouest, la structure 6O-7 concentre des fonctions politiques centrées sur la pièce centrale, espace d'apparat et de réception. La construction du soubassement de la structure 6O-4 en phase Maax III, en augmentant la monumentalité de l'édifice 6O-7 vu de l'est, est probablement en lien avec sa vocation politique (Sion, 2016, p. 352). À l'inverse, les structures 6O-8 et 6O-9 au sud et à l'est sont des espaces essentiellement résidentiels, alors que les structures de l'ensemble 6O-5 (6O-7 bis, 6O-5 Sud et 6O-6 Sud), dépourvues de banquette, ont

probablement servi de lieu de réunion ou de stockage plus que de véritable lieu de vie. Dans son dernier état au Classique terminal, le Patio 28 est complètement fermé, son unique accès à cette période se situant dans l'angle nord-est, via la structure 6O-6 ter. Aucune zone de cuisine n'a été mise en évidence dans ce patio, ni même ailleurs dans le Complexe Sud. En revanche, la présence de rejets domestiques dans le patio même semble indiquer qu'au Classique terminal, une cuisine en matériaux périssables devait être aménagée à l'intérieur du patio. Cette hypothèse est confortée par le caractère de plus en plus résidentiel, domestique et privé du Patio 28 lors de sa dernière phase d'occupation. L'essentiel des opérations de fouilles menées dans cette unité ayant eu lieu lors des campagnes 2011 et 2012, aucun contexte de remblai n'a pu y être sélectionné. Le corpus des contextes généraux dans cette zone se limite à deux dépotoirs, mis au jour lors de la campagne 2013 (voir ci-après).

Au sud du Patio 28, le Patio 31 (Figure 4.10) est un espace essentiellement résidentiel qui comprend trois structures maçonnées ouvertes à l'ouest, 6O-14, 6O-15 et 6O-15 bis. Construites en une seule étape au début de la phase Maax III, elles sont accolées aux structures 6O-16 Est et Ouest (cette dernière étant plus tardive), qui s'ouvrent au nord sur un espace de circulation défini comme le Patio 32. À l'est du Complexe, le Patio 34 (Figure 4.11) se développe entre la fin de la phase Maax II et le début de la phase Maax III. Au Classique terminal, cet espace est délimité par trois structures. La structure 6O-43 au nord, initialement ouverte au nord sur le Patio 33, est rattachée à l'espace du Patio 34 lors de la phase Muuch par l'ouverture de portes au sud et la condamnation des accès nord. Le patio est encadré par les structures 6O-48 à l'ouest et 6O-46 donnant à l'est sur le Patio 35, cette dernière structure étant partiellement construite en matériaux périssables. À l'instar du Patio 28, ces habitats connaissent plusieurs réaménagements internes au cours des phases Maax III et Muuch (construction de banquettes et de sols surélevés, subdivisions internes, réorganisation spatiale), destinés à multiplier les espaces de vie et à restreindre les accès en réponse à une densification de la population. Dans son dernier état, le Patio 34 est d'ailleurs complètement fermé par la construction d'un long muret au sud et la condamnation de l'accès au Patio 35 dans son angle nord-est, un espace ensuite réutilisé comme dépotoir. Le seul accès au Patio 34 lors de cette dernière phase d'occupation se situe dans son angle nord-ouest, accès qui sera lui-même condamné au moment de l'abandon du patio à la fin du Classique terminal vers 950/1000 apr. J.-C.

Les échantillons anthracologiques provenant des niveaux de construction dans ces deux unités résidentielles ont été rassemblés en quatre contextes généraux : terrassement antérieur à la construction du Patio 34, datant de la fin de la phase Maax II ou du début de la phase Maax III (**CG 1871**) ; terrassement antérieur à la construction du Patio 31 datant du début de la phase Maax III (**CG 1855**) ; réaménagement de la structure 6O-15 au milieu de la phase Maax III (**CG 1851**) ; construction de la structure 6O-43 au milieu de la phase Maax III (**CG 2404**).

Zones de rejets domestiques

Un des principaux objectifs de l'étude du Complexe Sud consistait à caractériser les groupes sociaux qui y résidaient d'un point de vue économique et social, c'est pourquoi les fouilles se sont focalisées sur la recherche de dépotoirs domestiques (Sion, 2016). Plusieurs zones de rejets domestiques distinctes ont ainsi fait l'objet d'un échantillonnage anthracologique par flottation en 2013 et 2014 (Figures 4.10 et 4.11). Tous ces dépotoirs sont datés du Classique terminal puisque l'arrêt des constructions lors de cette phase implique que les accumulations détritiques ne sont plus recyclées

dans des remblais de construction, contrairement à ce qui se produit aux périodes précédentes (Sion, 2016, p. 322).

Tableau 4.8 Caractéristiques des échantillons anthracologiques des Patios 28, 31/32 et 34. Contextes généraux. En gris, les contextes échantillonnés manuellement, non inclus dans le corpus standardisé.

Id	Structure	Type	Phase	UE	Vol	PM
Contextes généraux						
Patio 28						
2009	6O-5 Sud	Zone de rejet	Muuch	N13-2009	14	-
2039	6O-4	Zone de rejet	Muuch	N13-2039	9	1
1377	6O-9	Zone de rejet	Muuch	N12-1377	-	1
444		Niveau d'occupation, pièce nord	Muuch	N11-0444	-	1
279	6O-7	Zone de rejet nord	Muuch	N11-0279	-	1
278		Zone de rejet nord-ouest	Muuch	N11-0278; N11-0280	-	2
Patios 31/32						
2425	6O-16 Est	Zone de rejet	Muuch	N13-2425	8	-
1806	6O-14	Niveau d'occupation / Zone de rejet	Muuch	N13-1806; N13-1810; N13-1820; N13-1824; N13-1829	56	-
1839	6O-15	Niveau d'occupation / Zone de rejet	Muuch	N13-1839; N13-1841; N13-1843; N13-1849; N13-1859	54	-
1851		Remblai de construction de banquette	Maax III	N13-1851; N13-1852	24	-
1855		Niveau de terrassement	Maax III	N13-1855	9	-
Patio 34						
1872	6O-43	Zone de rejet, angle nord-est	Muuch	N13-1872; N13-1880	11	1
2460		Zone de rejet, angle nord-ouest	Muuch	N13-2460	20	1
2404		Remblai de construction	Maax III	N14-2404	12	-
1871		Niveau de terrassement	Maax II-III	N13-1871; N13-2407; N13-2439	30	-

Dans le Patio 28, le premier dépotoir se situe à l'extérieur du patio, au pied du soubassement 6O-4 (**CG 2039**). Il s'est vraisemblablement formé au tout début de la phase Muuch, avant la condamnation de l'accès nord-ouest. La seconde zone de rejet échantillonnée se situe à l'intérieur du patio au pied de la structure 6O-5 Sud dans son angle sud-ouest (**CG 2009**). Elle a été identifiée comme une zone de rejet sporadique plutôt que comme un véritable dépotoir, possiblement en lien avec l'importante accumulation détritique découverte en 2011 dans l'angle nord-ouest du patio (Sion, 2016, p. 322). Après la condamnation de l'accès nord-ouest du patio, cette zone fut en effet réutilisée comme dépotoir. Sion (2016, pp. 324–325) y distingue deux accumulations de déchets successives : la première dans l'espace compris entre les structures 6O-7 et 6O-7 bis (**CG 279**), la seconde sur le sol du patio dans l'angle nord-est de la structure 6O-7 (**CG 278**). Cette dernière serait postérieure au début de l'effondrement de la structure 6O-7 bis et correspondrait donc à la toute fin de l'occupation du patio. Les fouilles ont démontré qu'au moins trois de ces zones de rejets se sont formées successivement, c'est pourquoi elles peuvent être considérées comme des contextes distincts. Une seule réserve demeure s'agissant du lien entre le dépotoir 278 et la zone de rejet 2009, qui ont

provisoirement été considérés séparément. De ces quatre zones de rejet, seules 2039 et 2009 ont fait l'objet d'un échantillonnage standardisé par flottation en 2013 et intègrent donc la séquence anthracologique générale. Aux échantillons 278 et 279, prélevés manuellement en 2011, on ajoutera les charbons d'une dernière zone de rejet située dans l'angle sud-est du patio (**CG 1377**), ainsi que ceux du niveau d'occupation de la pièce 1 de la structure 6O-9 (**CG 444**), également échantillonnés manuellement en 2011 et 2012. L'examen de ces échantillons additionnels, non inclus à la séquence générale puisque statistiquement non valides, devrait permettre, au moins, de tester les tendances observées par ailleurs dans les patios résidentiels du Complexe Sud.

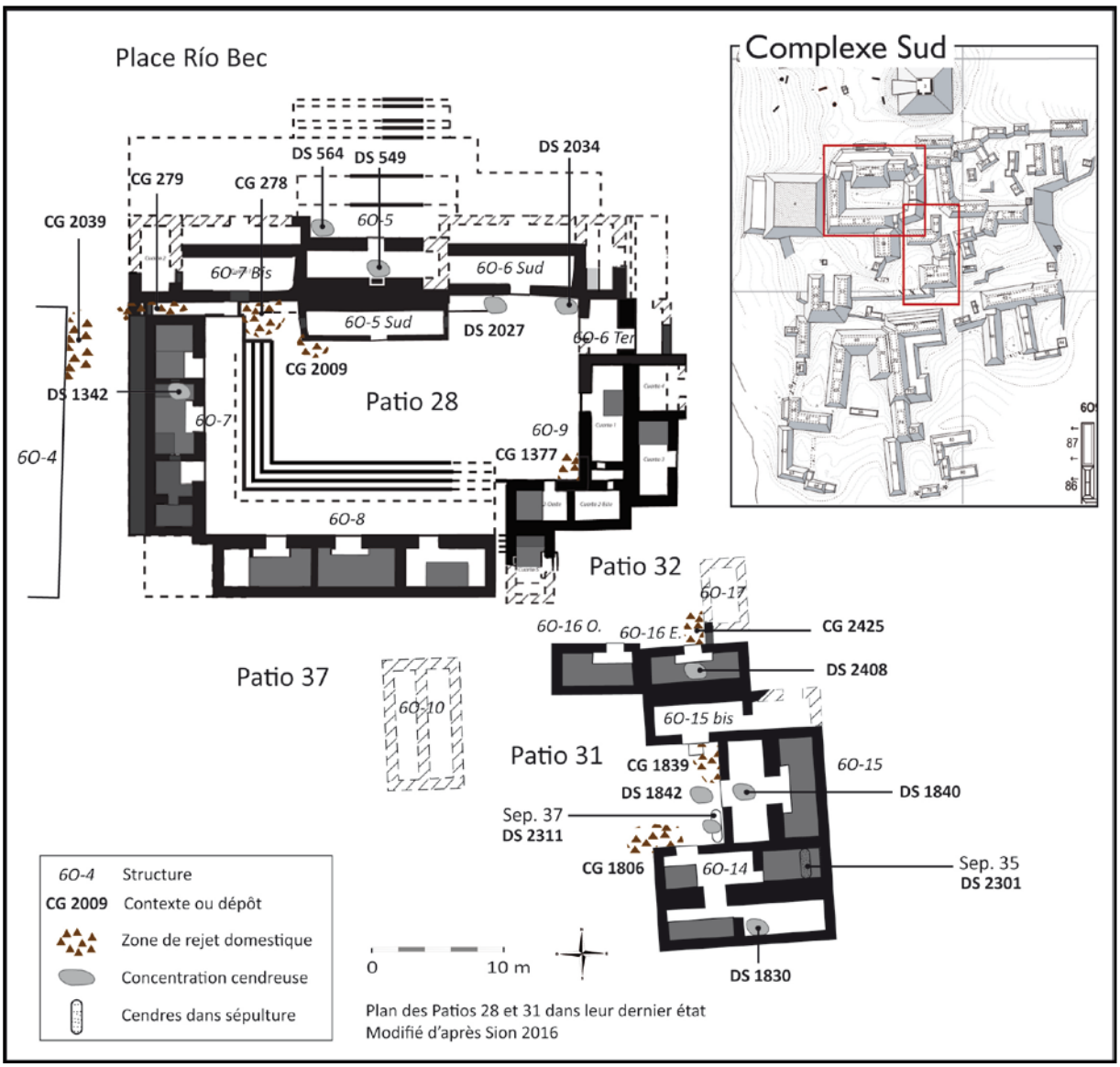


Figure 4.10 Localisation des zones de rejets domestiques et dépôts spéciaux dans les Patios 28, 31 et 32, Complexe Sud.

Dans les Patios 31 et 32, trois accumulations détritiques ont été échantillonnées en 2013. La première se situe au pied de la structure 6O-14 immédiatement à proximité de la porte (**CG 1806**). Ici, les charbons issus des niveaux d'occupation face à l'entrée, à l'intérieur de la pièce comme à

l'extérieur sur le sol du patio, ont été réunis en un unique contexte d'occupation / zone de rejet, dans la mesure où ils caractérisent la dernière occupation de l'édifice 6O-14. De même, l'occupation de la structure adjacente 6O-15 est représentée par une zone de rejet sporadique répandue sur le sol du patio contre sa façade ouest, et par plusieurs échantillons issus de son niveau d'occupation interne (**CG 1839**). Une dernière accumulation de déchets se situe dans l'angle sud-est du patio 32 (**CG 2425**), au pied de 6O-16 Est, et s'est formée après le début de l'effondrement de cette structure.

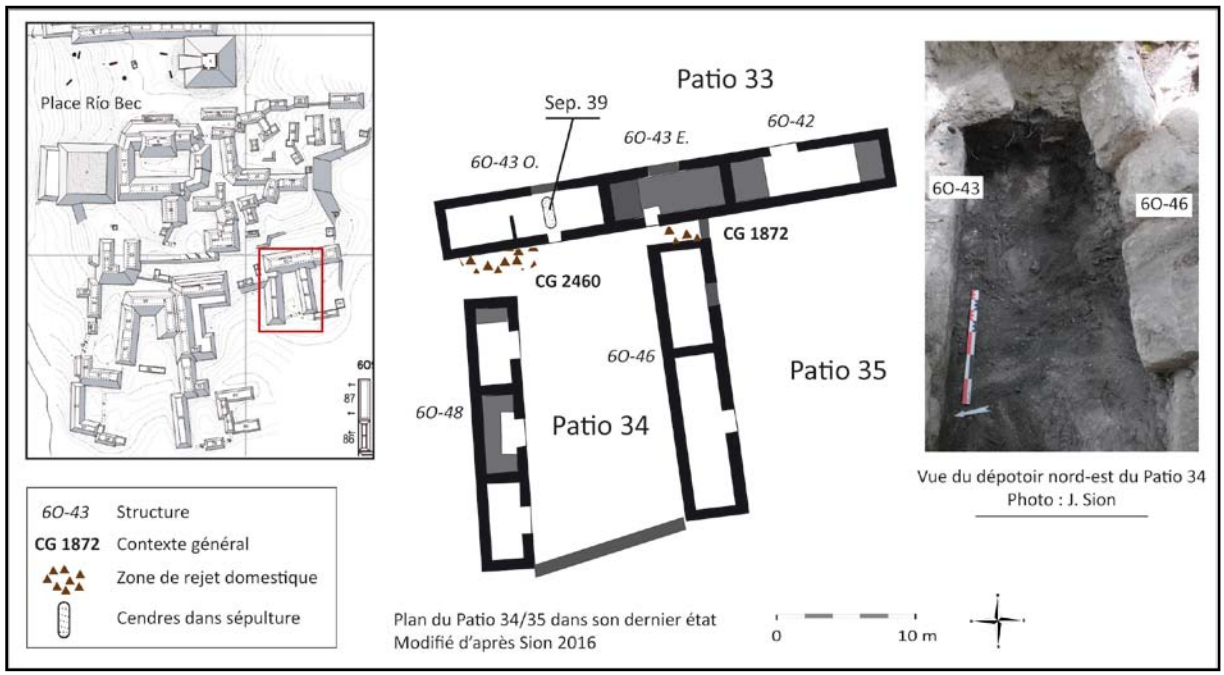


Figure 4.11 Localisation des zones de rejets domestiques et dépôts spéciaux dans le Patio 34, Complexe Sud.

Dans le Patio 34, deux vastes zones de rejets associées à la structure 6O-43 ont fait l'objet d'un échantillonnage anthracologique en 2013 et 2014. La première est située au pied de la façade sud de la structure 6O-43 Ouest dans l'accès nord-ouest du patio (**CG 2460**). La seconde, très riche en grands fragments de charbons, se situe dans l'angle nord-est du patio (**CG 1872**), dans l'espace formé entre les structures 6O-43 Est et 6O-46 suite à la condamnation de l'accès au Patio 35 lors de la phase Muuch (Figure 4.11). Les charbons issus du niveau d'occupation du patio adjacent à ce dépotoir ont été considérés comme appartenant au même contexte.

Contextes funéraires du Complexe Sud

Sur les neuf sépultures mises au jour dans le Complexe Sud (Sion, 2016, p. 507), deux présentaient un sédiment plus ou moins cendreux et ont donc fait l'objet d'un échantillonnage anthracologique : la sépulture 35 du Patio 31 et la sépulture 39 du Patio 34 (Barrientos, 2014c; Sion, 2014a)[16].

La sépulture 39 est une sépulture intrusive en fosse, qui fut installée dans l'axe de la structure 6O-43 Ouest (Patio 34) en phase Muuch du Classique terminal (Figure 4.13). Le corps d'un individu

[16] La sépulture 31 (structure 6O-7, Patio 28), fouillée en 2011, présentait également une petite concentration cendreuse localisée, mais ce dépôt ne contenait pas de charbon (Sion et al. 2012, p. 98).

masculin adulte était disposé en décubitus dorsal étendu tête au nord, auquel était associé un récipient céramique miniature déposé à l'envers au niveau du crâne. Toute sa partie supérieure était recouverte d'un sédiment cendreux très riche en charbons d'environ 6 cm d'épaisseur (**DS 2326**), unique cas d'un tel dépôt funéraire dans le Complexe Sud. D'après Sion (2016, p. 451), ce dépôt pourrait correspondre aux restes d'un feu rituel effectué *in situ*, toutefois sans volonté de crémation puisque les ossements ne présentaient pas de trace de brûlure.

La sépulture 35 fut mise au jour et fouillée dans une tranchée de pillage. Il s'agit d'une ciste mise en place sous une banquette dans la pièce est de la structure 6O-14, qui contenait le corps d'un enfant disposé en décubitus dorsal étendu, tête au nord. Son installation semble avoir été associée à la construction de la banquette en phase Maax III. Le mobilier funéraire survivant comprenait deux fusaïoles ainsi qu'un récipient-figurine miniature en céramique, l'ensemble contenu dans une matrice cendreuse. Du fait de ce pillage moderne, la destruction partielle de la ciste empêche pour l'instant de statuer sur le caractère intentionnel de la présence de ces cendres associées aux ossements. Mais bien que provenant d'un contexte perturbé, les charbons issus de cette sépulture ont tout de même été examinés (**DS 2301**), afin de vérifier si la composition taxonomique de ce dépôt cendreux peut procurer des informations sur son processus de formation.

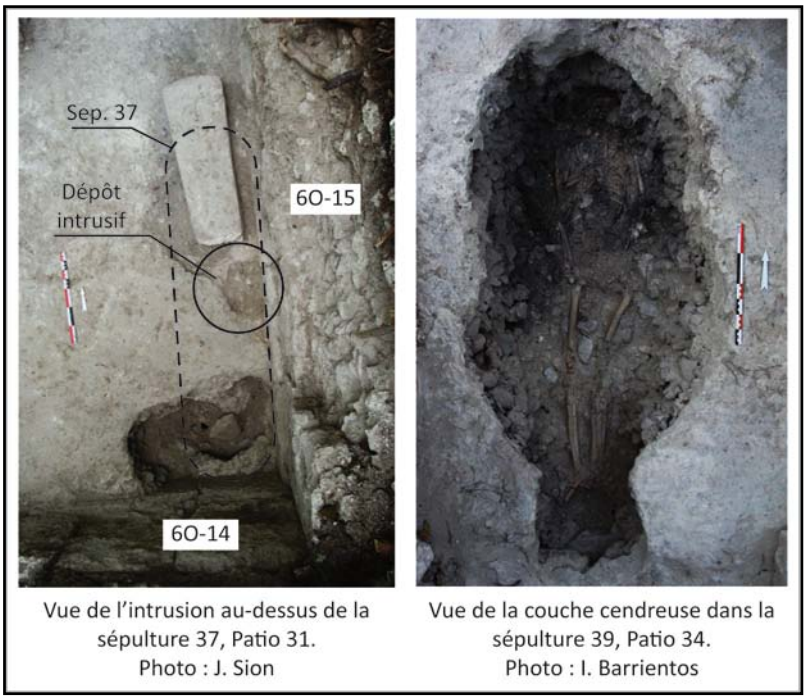


Figure 4.12 Vue de l'intrusion au-dessus de la sépulture 37, Patio 31 et de la sépulture 39, Patio 34.

Dépôts exposés

L'abandon progressif et planifié des unités résidentielles du Complexe Sud à partir de la fin du Classique récent et jusqu'à la fin du Classique terminal (950/1000 apr. J.-C.) se manifeste par la condamnation de l'accès à certains espaces ainsi que par de nombreux dépôts de matériels sur les sols et les banquettes, souvent associés à des concentrations cendreuses ou à des destructions volontaires

des sols. Plusieurs d'entre eux ont fait l'objet d'un échantillonnage anthracologique par flottation, un seul ayant été prélevé manuellement lors d'une campagne ayant précédé la mise en place du protocole d'échantillonnage standardisé.

Dans la pièce centrale de la structure 6O-7 (Patio 28), un dépôt de charbons, coquillages et ossements humains était situé dans la niche latérale nord de la banquette axiale, restée ouverte malgré les réaménagements successifs de la pièce. Ce dépôt (**DS 1342**), prélevé manuellement lors de la campagne 2011, a pu être effectué au moment de l'abandon, mais il peut également résulter d'activités rituelles antérieures qui ont certainement été réalisées au cours de l'occupation dans cette pièce d'apparat.

Dans l'angle nord-est du Patio 28, face à la structure 6O-6 Sud, deux concentrations de matériel dans des matrices cendreuses étaient disposées dans chaque angle formé avec les structures adjacentes. La concentration ouest (**DS 2027**) ne contenait que des fragments de céramique. Initialement perçu comme le résultat de simples rejets domestiques (Díaz et Sion, 2014, pp. 143–144), ce dépôt a ensuite été envisagé comme un possible dépôt d'abandon (Sion, 2016, p. 338). De même, la nature de la concentration est (**DS 2034**), qui contenait de la céramique et des éclats de silex, n'est pas clairement établie. Ce dépôt fut d'abord enregistré comme possiblement lié à l'abandon du patio (Díaz, com. pers.), mais cette hypothèse n'a pas été confirmée (Sion, 2016, pp. 551–552).

Tableau 4.9 Caractéristiques des échantillons anthracologiques issus des Patios 28, 31/32 et 34. Dépôts spéciaux. En gris, les contextes échantillonnés manuellement, non inclus dans le corpus standardisé.

Id	Structure	Type	F	Phase	UE	Vol	PM
Dépôts spéciaux							
Patio 28							
2027	6O-6 Sud	Concentration cendreuse sur sol extérieur, angle ouest	?	Muuch	N13-2027; N13-2033	19	-
2034		Concentration cendreuse sur sol extérieur, angle est	?	Muuch	N13-2034	11	-
1342	6O-7	Concentration cendreuse dans la niche de la banquette axiale	Oui	Muuch	N11-1342; N11-1344	-	2
Patio 31/32							
1840	6O-15	Concentration cendreuse dans les décombres sur le sol, pièce est	?	Muuch	N13-1840	5	-
1842		Concentration cendreuse sur sol extérieur dans l'axe de l'entrée	?	Muuch	N13-1842	9	-
1830	6O-14	Concentration cendreuse au pied de la banquette, pièce sud	Non	Muuch	N13-1830	13	-
2408	6O-16 Est	Concentration cendreuse sur la banquette	?	Muuch	N13-2408	16	-
2311		Dépôt intrusif dans le sol extérieur, au-dessus de la sépulture 37	Non	Muuch	N13-2311	3,5	-
2301		Sépulture 35, sédiment cendreux dans la ciste	Non	Maax III	N13-2301	5	-
Patio 34							
2326	6O-43	Sépulture 39, sédiment cendreux dans la ciste	Non	Muuch	N13-2326	24	-

Dans la structure 6O-15 du Patio 31, le départ des habitants fut marqué par plusieurs dépôts de matériel sur le sol dans l'axe de l'entrée, dont des ossements humains, des ornements en coquillage et un récipient céramique brisé *in situ*. Associé à ces dépôts, une concentration cendreuse (**DS 1842**) d'environ 0,5 m de diamètre était disposée directement sur le sol du patio, au pied de l'entrée de la structure. Elle contenait quelques fragments de céramique et des éclats de silex. Une seconde concentration de cendres (**DS 1840**) d'environ 0,5 m de diamètre, associée à deux fragments de meule en calcaire, était située dans le niveau de décombres sur le sol de la pièce dans l'axe de l'entrée et correspond à un dépôt post-abandon.

Un dépôt similaire, effectué après le début de l'effondrement, a été mis au jour dans la structure 6O-16 Est, donnant sur le Patio 32. Cette concentration cendreuse (**DS 2408**) d'environ 0,5 m de diamètre contenant des fragments de céramique était située dans le niveau de décombres au-dessus de la banquette dans l'axe de l'entrée. Ce dépôt surmontait un dépôt cendreux antérieur (n'ayant fourni que très peu de charbons et donc non intégré à l'étude), qui reposait directement sur la banquette.

Dans la pièce sud de la structure 6O-14 du Patio 31, une concentration cendreuse (**DS 1830**) contenant de grands fragments de céramiques déposées sur le sol au pied de la banquette a également été interprétée comme un possible dépôt d'abandon (Sion, 2016, p. 412).

Également dans le Patio 31, une intrusion contenant une concentration de charbons était située au-dessus de la sépulture 37 (**DS 2311**) (Figure 4.12). La sépulture 37 (qui ne contenait ni cendre ni charbon) est une sépulture infantile qui fut installée dans l'angle sud-est du patio vers le milieu de la phase Maax III, rouverte et démantelée rituellement à la fin de cette même phase, puis scellée à nouveau par la reconstruction du sol du patio (Barrientos, 2014c). Au moment de l'abandon de l'habitat, le sol fut perforé à l'emplacement de cette sépulture et trois dépôts de matériel y furent installés, après quoi le sol ne fut pas reconstruit. Le dépôt central où se trouvaient les charbons consiste en une fosse semi-circulaire peu profonde d'environ 0,2 m de diamètre qui contenait une grande quantité d'obsidienne (lames et nucleus) et de coquillages marins (Barrientos et al., 2015; Sion, 2016).

4.5. La zone résidentielle sud

4.5.1. L'unité 5N6

Situé au nord de la zone résidentielle sud et séparé du Complexe à enceinte par une petite ravine qui rejoint à l'ouest un canal de drainage, l'unité 5N6 (Figure 4.13) a fait l'objet de fouilles intensives depuis 2014 (Arredondo et al., 2014; Goudiaby, 2016; Goudiaby et al., 2016), après qu'un premier sondage a été effectué dans ce groupe en 2011 (Cotom-Nimatuj et al., 2012). Les fouilles ainsi que l'analyse du mobilier céramique ont montré que les six structures maçonnées qui composent l'unité furent édifiées durant la première moitié du Classique récent lors des phases Maax I et II, et occupées jusqu'à la fin de la période en phase Maax III. La nature et la qualité du mobilier mis au jour dans cette unité suggèrent qu'elle pourrait avoir abrité des membres d'une certaine élite sociale vouée à la production artisanale de luxe, au moins durant sa première phase d'occupation (Andrieu, 2016, p. 353; Goudiaby et al., 2016, pp. 210–211). Cela n'exclut pas de possibles activités agraires, ainsi qu'on l'envisage pour les habitats des zones résidentielles périphériques. En effet, les carottes sédimentaires extraites à la tarière au sud du groupe ont révélé la présence d'importants horizons cultivés, qui n'ont toutefois pas encore été datés (Purdue et Goudiaby, 2016, p. 411).

Tableau 4.10 Caractéristiques des échantillons anthracologiques issus de l'unité 5N6.

Id	Structure	Type	F	Phase	UE	Vol	PM
Contextes généraux							
4242	5N-5	Niveau d'occupation		Maax III	N14-4242; N14-4256; N14-4259	62	-
4252	5N-5/9	Zone de rejet, angle sud-ouest		Maax III	N14-4252	11	-
2723	5N-6	Remblai		Maax III	N14-2723	19	
2773	5N-6/8	Remblai de construction		Maax I	N14-2773; N14-2917	15	-
2761	5N-6	Remblai de construction		Balam III	N14-2761; N14-2769	40	-
Dépôts spéciaux							
2759	5N-6	Sépulture 43, sédiment cendreux dans la ciste	Non	Maax III	N14-2759	26	-
2783		Sépulture 41, sédiment cendreux dans la ciste	Non	Maax II-III	N14-2783	11	-
2776		Sépulture 45, sédiment cendreux dans la ciste	Non	Maax II	N14-2776	12	2
2765	5N-6 sub	Concentrations cendreuses sur sol	Oui	Balam III	N14-2765; N14-2766	23	-

Sous le remblai de construction de la structure 5N-6 qui constitue la limite nord du patio, les fouilles ont mis au jour un sol de stuc correspondant à une structure en matériaux périssables antérieure à la construction de l'unité. Cette première structure (5N-6 sub) fut construite en phase Balam II du Classique ancien puis détruite à la fin de la période en phase Balam III. La transition entre cette première structure et la structure 5N-6 qui la surmonte semble avoir été marquée par un « incendie » (volontaire ?), possiblement dans le cadre d'une action rituelle. En effet, les restes d'un ou plusieurs feux *in situ* (présentant au moins deux zones de combustion distinctes) non associé à des

aménagements domestiques de type foyer ont été mis en évidence à son extrémité ouest, sous la pièce O2. Ce niveau d'incendie recouvrait les restes d'un mur orienté nord-sud que l'on suppose correspondre à la limite ouest de la structure 5N-6 sub (Arredondo et al., 2014, p. 247). À cela s'ajoute la forte densité de charbons du remblai de construction de la structure 5N-6, daté de la phase Balam III (mis au jour sous les pièces centrale et E1). En raison de la cohérence stratigraphique de ces deux niveaux, il a été envisagé que les charbons dispersés dans le remblai puissent correspondre aux restes d'une cérémonie liée à la destruction de l'ancienne structure et à la construction de la structure 5N-6. C'est notamment la présence de plusieurs fragments d'un même récipient dispersés sur ce niveau de remblai de construction qui semble indiquer qu'un évènement particulier a eu lieu à cet endroit (Goudiaby et al., 2016, p. 200). Afin de clarifier cette étape de réaménagement architectural, des échantillons de sédiment ont été prélevés dans ce remblai charbonneux dans les sondages des pièces centrale et E1. Dans la zone de combustion à l'ouest, cinq échantillons de sédiment ont été prélevés à différents niveaux de profondeur et dans les deux concentrations visibles. Ces deux contextes ont été provisoirement et respectivement considérés comme un contexte général de remblai (**CG 2761**) et un dépôt spécial (**DS 2765**), correspondant aux restes des feux *in situ*. Ce dernier ne peut pas être considéré comme un dépôt de transition à proprement parler, puisqu'il n'en présente pas les caractéristiques habituelles : notamment, il est visiblement non intrusif et n'est directement associé à aucun matériel archéologique permettant d'en assumer la fonction rituelle. Néanmoins, étant clairement lié à une étape de transition de l'habitat, on l'assimilera à la catégorie des dépôts scellés non funéraires.

Quatre autres contextes généraux ont été sélectionnés dans ce groupe : un niveau de remblai (**CG 2723**) situé dans la pièce E1 de cette même structure 5N-6 et daté de la phase Maax III qui pourrait correspondre au comblement de la pièce avant sa fermeture (Arredondo et al., 2014, p. 246) ; un remblai de construction (**CG 2773**) daté de la phase Maax I, mis au jour sous la pièce centrale de la structure 5N-6 ainsi que sous la structure 5N-8 qui forme le côté est du patio ; une zone de rejet domestique (**CG 4252**) localisée dans l'angle sud-ouest du patio datant de la dernière occupation en phase Maax III ; et enfin, le dernier niveau d'occupation (**CG 4242**) de la structure 5N-5 qui borde le patio à l'ouest, daté de la phase Maax III. Ce contexte inclut différents échantillons de sédiment prélevés sur les sols à l'intérieur de la structure dans les pièces nord et centrale. La pièce centrale, de même que la pièce sud de l'édifice, a vraisemblablement servi d'habitat comme l'atteste la présence de banquettes. En revanche, la pièce nord a probablement été une pièce utilitaire ou un lieu de stockage, en raison de l'absence de banquette, de l'usure manifeste du sol qui révèle un usage intensif de la pièce et son manque d'entretien, et surtout de la quantité et de la diversité du matériel présent sur le sol (tessons de céramique, restes fauniques, matériel lithique, dont une pierre à moudre, et cendres) (Arredondo et al., 2014, pp. 276–277). Précisons que le denier niveau d'occupation de la structure 5N-6 n'a fourni que très peu de charbons identifiables et n'a donc pas été inclus au corpus, malgré un échantillonnage systématique de sédiment dans toutes les unités de fouille.

L'abandon de l'unité a été marqué par des dépôts systématiques de matériel (un ou plusieurs outils lithiques, à savoir hache ou pierre à moudre, os long humain) sur le seuil de chaque porte de la structure 5N-5 et de la pièce ouest de la structure 5N-9, cette dernière bordant le patio dans sa partie sud-ouest. Les petites concentrations cendreuses qui accompagnaient parfois ces dépôts n'ont pas ou peu livré de charbons et n'ont donc pas été prises en compte dans l'étude. Il a également été envisagé

que les cendres répandues principalement dans la pièce nord de la structure 5N-5 puissent être le résultat d'un incendie volontaire dans le cadre de l'abandon de la structure, sans que des traces de combustion sur les sols ou les murs ne permettent de corroborer cette hypothèse (Arredondo et al., 2014, p. 277).

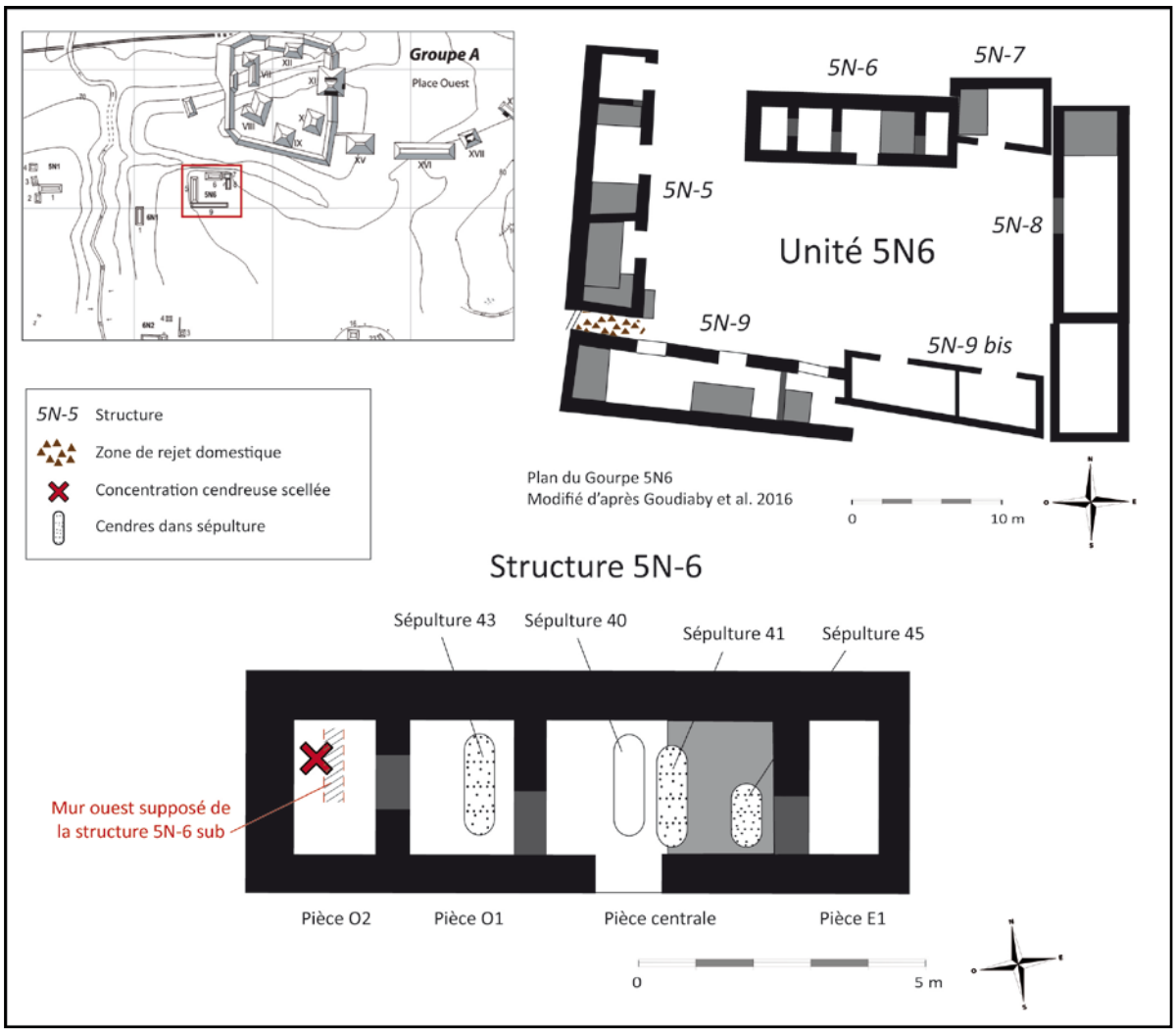


Figure 4.13 Localisation du dépotoir et des dépôts spéciaux dans l'unité 5N6.

Contextes funéraires de l'unité 5N6

L'analyse de la séquence architecturale de la structure 5N-6 indique que les réaménagements successifs qu'elle subit au cours du Classique récent sont probablement en lien avec l'installation des sépultures (Arredondo et al., 2014; Goudiaby et al., 2016). Parmi les quatre sépultures mises au jour dans cette structure en 2014, trois ont fait l'objet d'une étude anthracologique (sépultures 41, 43 et 45). La dernière (sépulture 40) est une ciste vide remplie d'un sédiment blanc de type *sascab* et n'a fourni que très peu de charbons. Ces trois sépultures sont des sépultures individuelles en fosse orientées nord-sud et recouvertes de dalles horizontales. Dans ces cistes, les corps d'individus adultes masculins étaient disposés en décubitus dorsal étendu (sépultures 41 et 43) et fléchi (sépulture 45) (Arredondo et al., 2014; Barrientos, 2014a).

Les sépultures 45 et 41 (**DS 2776** et **DS 2783**) étaient situées sous la banquette latérale de la pièce centrale et ont été datées via l'analyse chrono-céramique respectivement de Maax II et de la transition Maax II-III. Pourtant, la stratigraphie identique et l'absence de trace d'intrusion dans le sol de la pièce au-dessus de ces deux sépultures ont permis d'envisager qu'elles avaient été installées en même temps, peut-être à l'occasion de l'extension de la banquette en phase Maax II (Arredondo et al., 2014, p. 252). Cette hypothèse a été confortée par des datations au radiocarbone quasiment identiques (respectivement 645-765 et 650-768 apr. J.-C., âges calibrés à 2σ). Le mobilier funéraire de la sépulture 41 comprend un plat tripode recouvrant la partie supérieure du corps ainsi qu'un fragment d'ornement en coquillage situé au niveau du crâne. Un plat tripode polychrome a également été découvert dans la sépulture 45, déposé à l'envers sur le crâne, accompagné d'un récipient cylindrique déposé au niveau des pieds, qui contenait les ossements d'un petit rongeur ainsi que des charbons.

La sépulture 43 (**DS 2759**) correspond cette fois à une sépulture intrusive qui fut mise en place sous la pièce O1. Le mobilier funéraire comprend une hache en pierre verte déposée au niveau du fémur gauche, ainsi qu'un récipient céramique brisé déposé sur les dalles recouvrant les ossements. Les traces de combustion au sol sur la quasi-totalité de la pièce indiquent qu'un ou plusieurs feux y furent effectués, possiblement dans le cadre d'un rituel lié à la sépulture. Son installation a peut-être conduit à la condamnation de la pièce par la construction du mur la séparant de la pièce centrale. Quoi qu'il en soit, ce réaménagement architectural s'est produit après que la pièce fut soigneusement nettoyée, puisqu'aucun reste de ces probables feux rituels n'a été retrouvé.

Dans ces trois sépultures, le remplissage interne était composé d'un sédiment superficiel limoneux et organique et d'un niveau cendreux de 5 à 13 cm d'épaisseur, recouvrant directement les ossements dans les sépultures 41 et 45, surmontant les dalles supérieures dans la sépulture 43. Ces cendres apparaissent clairement associées aux inhumations, mais en raison du caractère très sommaire des fosses, on ne peut pas exclure qu'elles aient pu être contaminées par les remblais adjacents. Ces deux niveaux de sédiment ont été prélevés séparément. Les couches cendreuses ont été prélevées sur deux ou trois secteurs nord (tête), sud (pieds) et centre. En plus, dans la sépulture 45, un grand charbon situé sous le crâne fut prélevé manuellement lors de la fouille, et les charbons situés dans le récipient céramique, collés aux parois, ont été extraits par micro-fouille en laboratoire.

4.5.2. Sondages dans les habitats de la zone résidentielle sud

Des échantillons anthracologiques ont été sélectionnés dans dix sondages de la zone résidentielle sud, effectués lors des campagnes 2013 et 2014 dans différentes unités d'habitat (Hiquet, 2014; Hiquet et al., 2014) (Figure 4.14). La plupart sont situés dans la partie sud de cette vaste zone, non loin du marais saisonnier sud et d'une zone inondable au sud-ouest. Deux sondages se situent néanmoins au nord de la zone, à proximité du Complexe Triadique du Groupe C.

L'installation initiale dans la zone résidentielle sud semble se produire lors de la phase Balam I du Classique ancien. Les premiers aménagements apparaissent notamment dans les unités 6L40 et le Groupe 6N124. Un seul contexte, situé au niveau de l'unité 6L40, à l'extrême sud-ouest du secteur, représente cette première phase dans notre corpus (**CG 3730**). Il consiste en un remblai de construction mis en place sur un possible paléosol en contact direct avec la roche-mère, ce dernier

étant particulièrement riche en charbons. Les deux UE ont été considérées comme un même contexte, en raison de l'absence de sol stuqué les séparant et de leur datation identique (Kuts'-Balam 1).

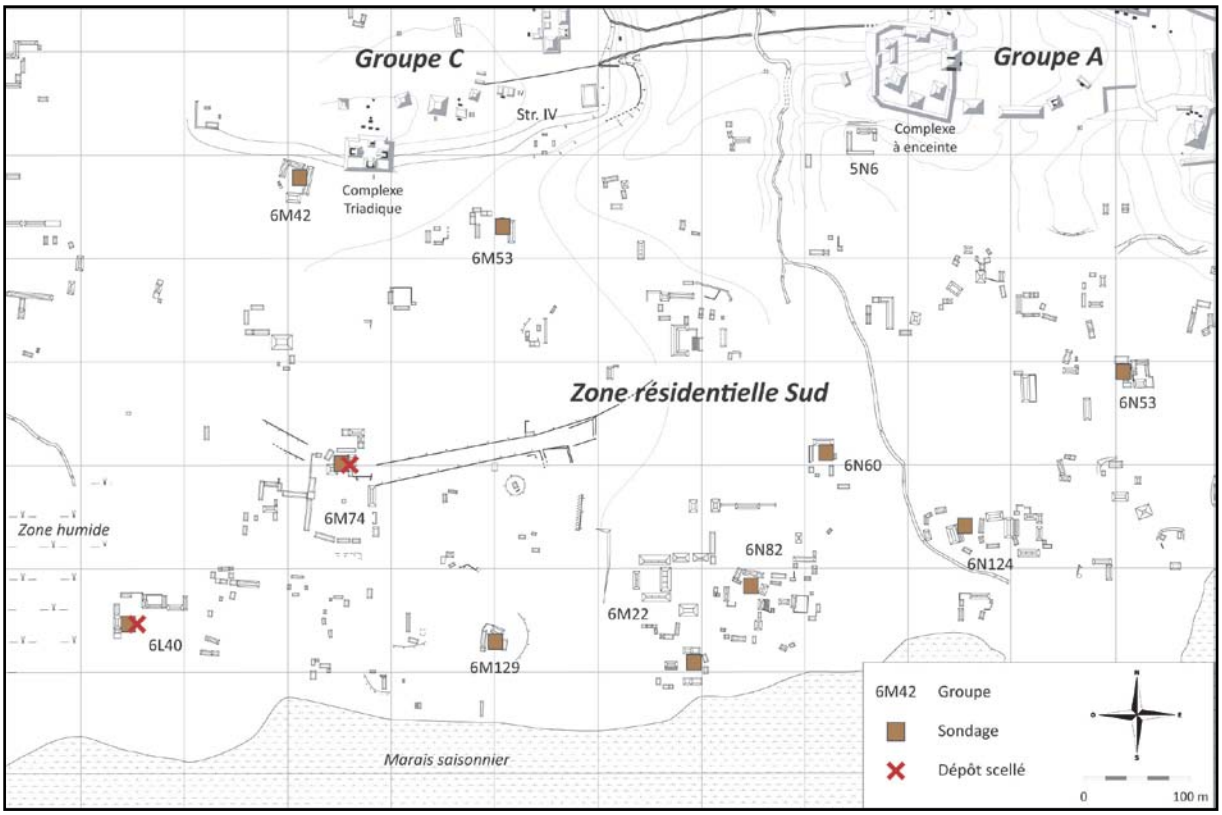


Figure 4.14 Localisation des zones de provenance des échantillons anthracologiques dans les unités de la zone résidentielle sud.

Les établissements humains se multiplient lors de la phase Balam II. Cet essor architectural et démographique, généralisé à l'ensemble de la zone résidentielle, est représenté dans le corpus par huit contextes généraux. Au niveau de l'unité 6N60, un important niveau de remblai (**CG 1785**) a servi à niveler, vraisemblablement en plusieurs étapes, une carrière creusée dans la roche-mère. Cet aménagement fut suivi par la mise en place d'un premier sol associé à un remblai de construction (**CG 1783**). Au nord de la zone résidentielle, l'unité 6M53 connait plusieurs réaménagements architecturaux au cours du Classique ancien et récent et est occupé vraisemblablement jusqu'à la fin de cette période. Quatre contextes généraux datés de la phase Balam II ont fait l'objet d'un échantillonnage anthracologique : trois niveaux de construction successifs séparés par des sols de stuc (**CG 3758**, **CG 3753** et **CG 3754**), ainsi qu'une accumulation de matériel (**CG 3757**) correspondant probablement à des déchets domestiques (J. Hiquet, com. pers.), dont la mise en place est postérieure aux trois niveaux de remblai. Deux autres remblais de construction datés de la phase Balam II ont fourni suffisamment de charbons pour être intégrés à l'étude : un premier dans l'unité 6M129 (**CG 3742**), associé à la mise en place d'un premier sol stuqué sur un possible niveau d'occupation initial ; un second au sud du Groupe 6M22 (**CG 1745**), correspondant à la construction d'une plate-forme, également après une occupation initiale.

À cet endroit, l'occupation qui suit en phase Balam III se matérialise par une accumulation détritique (**CG 1743**) répandue sur cette plate-forme. Les trois autres contextes datés de la phase Balam III dans la zone résidentielle sud se situent dans l'unité 6N60. Ils consistent en deux niveaux d'occupation successifs séparés par des sols stuqués, et en un remblai de construction qui les surmonte (respectivement **CG 1782**, **CG 1780** et **CG 1779**).

Le Classique récent est une période d'occupation intense dans la zone résidentielle sud – tous les groupes et unités d'habitat concernés par l'étude anthracologique présentent une occupation lors de cette période –, mais paradoxalement, celle-ci est fort mal représentée dans le corpus. Cette lacune est principalement due à la difficulté à distinguer les trois faciès au sein du complexe céramique Maax. Ainsi, les phases Maax I et Maax II ne sont pas du tout représentées dans le corpus. Il est donc apparu nécessaire d'inclure trois contextes datés de la phase Maax III, malgré leur pauvreté en charbons (comprenant chacun moins de 30 charbons identifiables). Il s'agit d'un remblai de construction situé dans l'unité 6M129 (**CG 3738**) et de deux niveaux d'occupation situés dans le Groupe 6N82 (**CG 1763**) et l'unité 6N53 (**CG 2563**).

Tableau 4.11 Caractéristiques des échantillons anthracologiques issus de la zone résidentielle sud, par sondage et phase chronologique, du plus ancien au plus récent.

Id	Groupe	Type	F	Phase	UE	Vol (L)	PM
Contextes généraux							
1714	6N124	Zone de rejet		Muuch	N13-1714	20	
1715		Remblai de construction		Muuch	N13-1715; N13-1716	21	
2535	6M42	Remblai de construction		Muuch	N13-2535	9	-
1763	6N82	Niveau d'occupation		Maax III	N13-1763	12	-
2563	6N52	Niveau d'occupation		Maax III	N14-2563	9	-
3738	6M129	Remblai de construction		Maax III	N14-3738	11	-
3742		Remblai de construction		Balam II	N14-3742; N14-3743	20	-
1743	6M22	Zone de rejet		Balam III	N13-1743	14,5	1
1745		Remblai de construction		Balam II	N13-1745	12	1
1779	6N60	Remblai de construction		Balam III	N13-1779	13	1
1780		Niveau d'occupation		Balam III	N13-1780	12	-
1782		Niveau d'occupation		Balam III	N13-1782	13	-
1783		Remblai de construction		Balam II	N13-1783; N13-1784	22	1
1785		Niveau de terrassement		Balam II	N13-1785; N13-1787	24	-
3757	6M53	Accumulation de matériel		Balam II	N14-3757	6	-
3758		Remblai de construction		Balam II	N14-3758	3	-
3753		Remblai de construction		Balam II	N14-3753; N14-3760	17	-
3754		Remblai de construction		Balam II	N14-3754; N14-3759	36	-
3730	6L40	Remblai de construction/Paléosol ?		Balam I	N14-3730; N14-3733	17	-
Dépôts spéciaux							
2520	6M74	Concentration cendreuse sur roche mère	Non	Balam II	N13-2520	10	-
3731	6L40	Concentration cendreuse dans dépôt intrusif	Non	Balam II	N14-3731	12	-

La plupart de ces habitats présentent encore une occupation au Classique terminal, mais les niveaux datés de cette phase n'ont globalement fourni que peu de charbons. La phase Muuch est ainsi représentée dans le corpus par trois contextes. Le premier est un niveau de remblai issu de l'unité 6M42 (**CG 2535**), unité qui fut abandonnée après sa construction en phase Balam II, puis réoccupée

lors de la seconde moitié du Classique terminal, soit à la toute fin de l'occupation de Naachtun. Les deux autres sont issus du Groupe 6N124 et consistent en un remblai de construction (**CG 1715**) mis en place sur la roche-mère, et une accumulation détritique correspondant à l'ultime occupation avant l'abandon du lieu (**CG 1714**). Ces contextes sont particulièrement intéressants pour l'étude puisque ils sont les seuls contextes tardifs de la zone résidentielle sud. Ils constituent donc des contextes de comparaison indispensables pour la validation des hypothèses concernant l'usage des combustibles à la fin de l'occupation du site.

Dépôts spéciaux dans la zone résidentielle sud

Le corpus des dépôts spéciaux dans cette zone est particulièrement restreint puisqu'il ne compte que deux dépôts, identifiés comme des dépôts de fondation. Mais leur interprétation est d'autant plus incertaine que la fouille par sondage ne permet pas d'établir clairement leur lien avec les structures qui les surmontent.

Ces dépôts sont localisés au niveau de l'unité 6L40 et du Groupe 6M74 et appartiennent, d'après l'étude de la céramique, à la phase Balam II du Classique ancien (Figure 4.15). Une datation au radiocarbone a toutefois montré que le dépôt du Groupe 6M74 (**DS 2520**) a plus probablement été effectué au tout début de cette phase (138-345 apr. J.-C., âge calibré à 2σ). Situé au pied de l'angle nord-est de la structure pyramidale 6M-74, il consistait en une concentration cendreuse contenant deux récipients complets, de grands fragments de céramique et du matériel lithique, dont deux fragments de lame d'obsidienne. Ce dépôt fut installé directement sur la roche-mère, au sein d'un niveau de remblai antérieur à la construction du premier sol du patio, et rien ne semble indiquer qu'il résulte d'un feu *in situ* (Hiquet, 2014, pp. 93–94). Le dépôt de l'unité 6L40 (**DS 3731**) était situé au pied de la façade est de la structure 6L-40, dans une fosse circulaire de 30 cm de diamètre perforant le premier sol stuqué et scellée par le sol suivant. Ce dépôt contenait six récipients céramiques dont quatre très fragmentés qui présentaient des traces de brûlure, une lame d'obsidienne, plusieurs éclats de silex brûlés et un fragment de meule. Malgré les évidences de combustion et un sédiment cendreux, ce dépôt n'a fourni que peu de charbons. En revanche, les deux récipients complets (non brulés), qui étaient disposés bord à bord au fond de l'intrusion, contenaient quelques charbons associés aux ossements d'un petit animal qui ont été extraits par micro-fouille. La présence de charbons à l'intérieur des récipients non brûlés, de même que la faible densité en macrorestes du sédiment (< 0,2 g/L, rappelant les matrices cendreuses des dépotoirs domestiques), ne laissent aucun doute sur le caractère secondaire des cendres associées à ce dépôt de fondation.

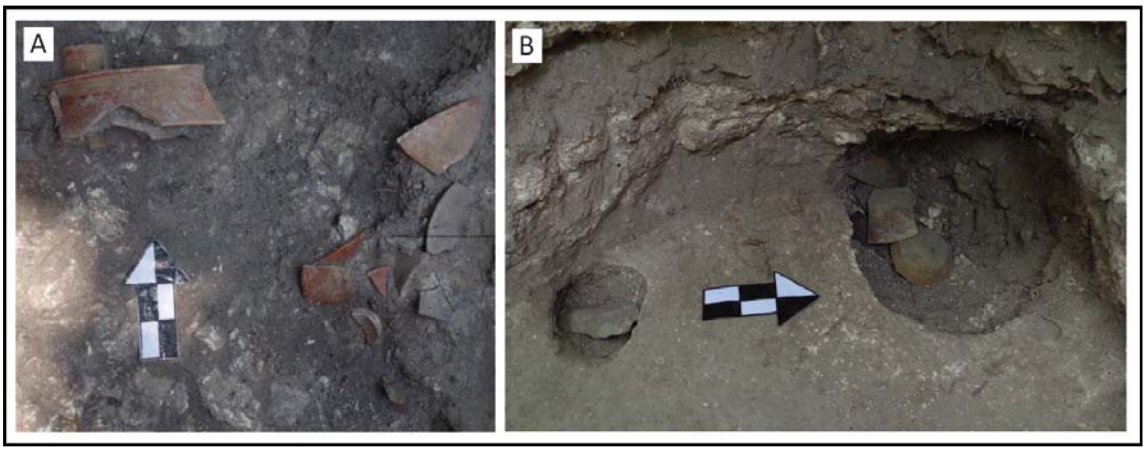


Figure 4.15 Vues des dépôts de matériels scellés A : au pied de la structure 6M-74 (groupe 6M74), B : au pied de la structure 6L-40 (unité 6L40). Photos : J. Hiquet.

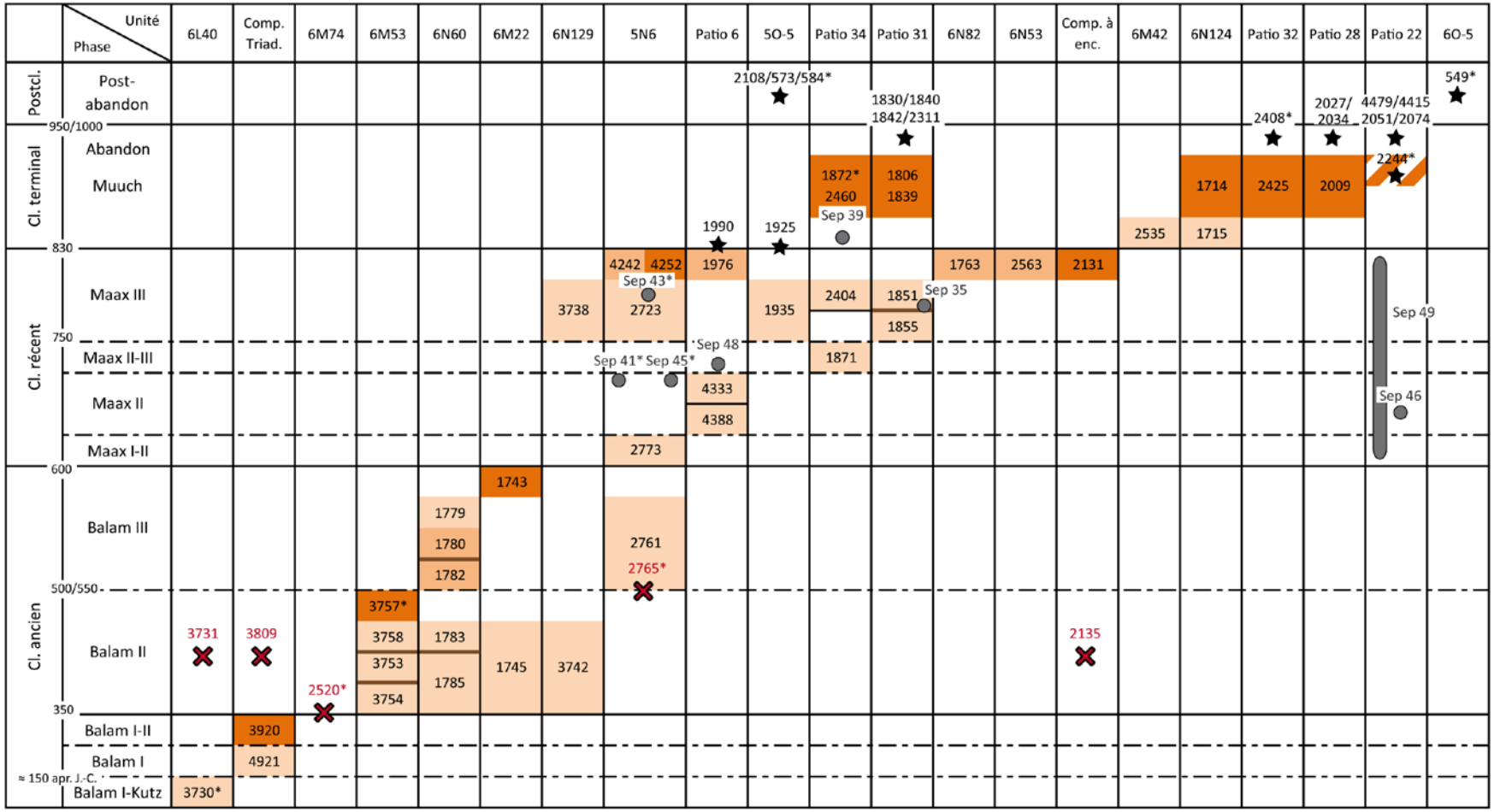
Pour finir, signalons que des dépôts scellés plus ou moins riches en restes archéobotaniques ont également été mis au jour dans des sondages effectués dans la zone résidentielle ouest (Hiquet et al., 2014). Mais afin d'assurer la cohérence spatiale du corpus (voir Chapitre 3.2.1), ces dépôts n'ont pas été jugés prioritaires, puisqu'ils n'étaient comparables à aucun contexte général pouvant produire un spectre « référent » pour l'usage des combustibles dans cette zone relativement éloignée par rapport aux contextes du corpus.

*

L'arrangement de ces contextes par unité d'habitat et structure selon leur chronologie relative entre et au sein de chaque phase chronologique, permet de reconstituer une séquence diachronique des échantillons anthracologiques à travers le site (Tableau 4.12). Celle séquence constitue le cadre chronologique dans lequel s'insèreront, dans les prochains chapitres, les interprétations archéo-environnementales des assemblages anthracologiques. Précisons qu'il s'agit d'une reconstitution en partie hypothétique, l'ordre de certains contextes pouvant être basé sur un raisonnement déductif. Notamment, en l'absence d'informations archéologiques spécifiques, on a provisoirement considéré les niveaux d'occupation et les zones de rejets domestiques comme postérieures aux niveaux de remblais lorsque ceux-ci sont datés de la même phase. Cette séquence a vocation à se préciser grâce, notamment, à l'apport de nouvelles dates radiocarbone.

Tableau 4.12 (ci-contre) Chronologie relative des contextes généraux et dépôts spéciaux par structure et unité d'habitat d'après l'étude chrono-céramique et la stratigraphie et datations au radiocarbone associées.

Chronologie relative des échantillons anthracologiques



***Datations au radiocarbone**

Poznan Radiocarbon Laboratory

N14-3757 : cal AD 321-428 (89.0%)
N14-3733 : cal AD 138-345 (95.4%)
N13-2520 : cal AD 138-345 (95,4%)
N11-549 : cal AD 990-1154 (95,4%)
N11-584 : cal AD 1033-1204 (95,4%)

14CHRONO, Queen's University Belfast

N13-2244 : cal AD 802-979 (94,8%)
N11-584 : cal AD 1151-1254 (91,5%)
N13-1872 : cal AD 768-894 (96,6%)
N13-2408 : cal AD 772-963 (94,9%)

Centre de Datation par le Radiocarbone (Lyon 1)

N14-2765 : cal AD 387-538 (95,4%)
N14-2783 (Sep 41) : cal AD 645-765 (95,4%)
N14-2759 (Sep 43) : cal AD 666-779 (89,1%)
N14-2776 (Sep 45) : cal AD 650-768 (95,4%)

PARTIE III RESULTATS ET DISCUSSION

Dessin page suivante : « *Les jardins forestiers* », J. et G. Joly

5 ÉTUDE EXPERIMENTALE DE LA COMBUSTION

Évaluation de la représentativité des charbons par rapport aux bois mis au feu

Évaluer la représentativité des assemblages anthracologiques par rapport aux combustibles ayant réellement été utilisés, est un point indispensable à toute tentative de reconstitution du système complexe dans lequel s'inscrivent les relations entre les sociétés anciennes et leur environnement végétal. Plusieurs études ont exploré l'impact des processus taphonomiques successifs – combustion, processus post-dépositionnels, échantillonnage – sur la représentation des taxons dans les spectres anthracologiques (voir Chapitre 3.1.3). Les avancées sont certaines, mais les doutes demeurent quant au caractère aléatoire (déterminé par des variables extrinsèques) ou, au contraire, spécifique (déterminé par des variables intrinsèques) de ces processus sur les espèces.

À Naachtun, les différences très marquées entre les proportions de certains taxons dans le spectre anthracologique – *Manilkara sp.* et *Brosimum cf. alicastrum* en particulier – par rapport à leur fréquence dans la végétation moderne, soulèvent la question de l'existence de possibles biais taphonomiques ayant impacté différemment chaque essence de bois. La représentativité paléoécologique des spectres anthracologiques se vérifie notamment s'ils sont en adéquation avec la végétation moderne en termes de richesse taxonomique et d'ordre hiérarchique des essences. Cette question est d'autant plus légitime que de semblables observations peuvent être faites sur d'autres sites des Basses Terres centrales où une étude anthracologique quantitative a été menée (e.g. Dussol et al., 2016; Robinson et McKillop, 2014; Thompson et al., 2015b).

L'étude propose donc d'évaluer, par une approche nouvelle pour la région, la représentativité des assemblages anthracologiques par rapport au bois mis au feu dans les Basses Terres centrales. Deux taxons sont examinés en particulier, le *chicozapote* (*M. zapota*) et le *ramón* (*Brosimum alicastrum*). Ces deux arbres amplement répandus dans les forêts actuelles sont au centre des questionnements liés à la

gestion forestière dans les sociétés mayas anciennes (voir Chapitre 1). Le processus de combustion est ici étudié en tant qu'agent taphonomique pouvant induire une conservation différentielle et spécifique des charbons de ces deux essences. Nous posons l'hypothèse que, si le bois du *chicozapote* laisse plus de charbons au moment de la combustion par rapport aux autres essences, alors cette essence sera sur-représentée dans les assemblages anthracologiques par rapport à son usage réel ; à l'inverse, si le bois du *ramón* laisse moins de charbons, alors ce taxon s'y trouvera sous-représenté.

Après avoir présenté le protocole expérimental de l'étude, nous en exposerons les résultats pour tenter de répondre à la problématique. Pour terminer, nous proposerons des hypothèses sur l'impact des processus de combustion et de fragmentation post-dépositionnelle sur la représentation de *Manilkara* et de *Brosimum* dans les assemblages anthracologiques de Naachtun, et nous discuterons de l'implication de ces résultats pour l'anthracologie dans l'aire maya.

5.1. Sélection des essences 189

5.2. Protocole expérimental 191

5.2.1. Préparation des feux 191
5.2.2. Combustions 191
5.2.3. Traitement des résidus 192
5.2.4. Analyses statistiques des données 192

5.3. Résultats 195

5.3.1. Conditions météorologiques 196
5.3.2. Quantité de charbons résiduels par espèce 196
5.3.3. État de fragmentation 198
5.3.4. Durée de la combustion et densité initiale du bois 200
5.3.5. Résidus dans les feux mixtes 203
5.3.6. Synthèse 204

5.4. Hypothèses sur la préservation des charbons de Manilkara zapota et Brosimum alicastrum 205

5.5. Implications pour l'anthracologie dans les Basses Terres mayas 206

5.1. Sélection des essences

L'étude expérimentale a été menée directement sur le site en avril 2015, lors de la campagne annuelle du Projet Naachtun qui se déroule durant la saison sèche. Cinq essences de la forêt maya ont été sélectionnées : en dehors du *chicozapote* et du *ramón*, nous avons souhaité tester le comportement du *tinto* (*Haematoxylum campechianum*), petit arbre épineux caractéristique des forêts basses des marais, celui du *chakah* (*Bursera simaruba*), arbre pionnier de zones hautes familier des zones perturbées, ainsi que celui du *guayabillo* (*Eugenia sp.*[17]), un petit arbre à croissance lente proche de la *pimienta* (*Pimenta dioica*) et relativement ubiquiste. Plusieurs éléments ont conduit à sélectionner ces essences en priorité :

• **facilité d'accès** dans l'environnement actuel du site. Ces essences sont visiblement parmi les plus abondantes localement (obs. pers.) et les plus facilement identifiables sans l'aide d'un botaniste.

• **importance écologique** dans les forêts actuelles, en termes d'abondance relative et de répartition géographique (Davidse et al., 1994-2018). D'après les données chiffrées disponibles, *Haematoxylum campechianum* est co-dominant avec *Croton sp.* dans les forêts de marais de la région de Tikal (Schulze et Whitacre, 1999, annexe 2; Thompson, 2013, annexe 2). L'espèce est également dominante dans les forêts de marais dans le Campeche (Martínez et Galindo Leal, 2002). Dans les forêts de zone haute sur le site d'Oxpemul, *Bursera simaruba* et *Eugenia sp.* sont respectivement 7^{e} et 10^{e} dans l'ordre d'importance des espèces, sur 91 espèces identifiées (Zamora-Crescencio et al., 2012), et elles appartiennent au groupe des espèces les plus répandues dans la Réserve El Edén dans le Nord du Quintana Roo (Schultz, 2003, Table 2).

• **valeur économique** dans les sociétés mayas contemporaines, attestée par les nombreuses mentions de leurs usages, notamment comme combustible, dans la littérature ethnographique (voir Chapitre 1.2), qui permet de présumer de leur usage également par les anciens Mayas.

• **représentation dans le spectre anthracologique** de Naachtun (voir Chapitre 6), ainsi que dans les autres sites des Basses Terres. Pour ne donner que quelques exemples, *Haematoxylum sp.* fait partie des cinq taxons les plus représentés dans les charbons de Tikal (Thompson, 2013). Ce taxon a également été identifié dans des charbons à Chan (Lentz et al., 2012), Pulltrouser Swamp (Miksicek, 1983), Lamanai (Lentz et al., 2016) et Aguateca (Lentz et al., 2014b). Des charbons de *Bursera sp.* ont été identifiés à Cuello (Miksicek, 1991) et sont probablement représentés dans les charbons de Río Bec (Dussol et al., 2016), et des charbons d'*Eugenia sp.* ont été identifiés parmi les charbons de Tikal (Thompson, 2013).

Si le premier critère était une condition *sine qua non* pour garantir l'efficacité logistique de l'expérimentation, les critères suivants visaient à rendre l'étude plus pertinente sur le plan scientifique,

[17] Parmi les nombreux échantillons de *guayabillos* collectés sur le site en 2013 pour la collection de référence, *E. acapulcensis* est la seule espèce à avoir été identifiée, la plupart des spécimens n'ayant pas pu faire l'objet d'une identification au-delà du niveau générique. Toutefois, le bois d'*Eugenia* collecté en 2015 pour l'étude expérimentale, une fois observé en plan transversal à la loupe binoculaire, présentait des caractères anatomiques plus proches de l'espèce *E. winzerlingii*, d'après le spécimen de référence MEXU1621. Tous les échantillons expérimentaux ayant été traités exclusivement sur le terrain, il n'a pas été possible d'effectuer des photomicrographies de ces bois afin d'en contrôler l'identification à l'espèce.

en permettant non seulement des comparaisons entre données expérimentales et données archéologiques, mais également l'application des résultats à d'autres sites des Basses Terres mayas.

5.2. Protocole expérimental

5.2.1. Préparation des feux

Ces cinq essences ont été collectées dans l'environnement immédiat du site (Figure 5.1). Afin de limiter le temps de séchage, le bois mort provenant de branches de calibres variant de 3,8 à 5,7 cm de diamètre a été sélectionné (correspondant à un périmètre mesuré de 12 à 18 cm). Le taux d'humidité de chaque bois a été mesuré à l'aide d'un humidimètre à bois, lequel était systématiquement bas compte tenu du climat plus sec du mois d'avril. Les bois n'ont donc nécessité qu'un temps de séchage court et superficiel, d'environ deux semaines. Les bois ont ensuite été découpés en tronçons de 20 cm de long, qui ont ensuite été classés par calibre et pesés à l'aide d'une balance de précision 1 g. Les tronçons ont ensuite été répartis de façon à composer des lots de bois homogènes, monospécifiques et mixtes (réunissant les cinq essences), grâce à un tableau croisé dynamique.

Feux monospécifiques

Chaque essence a fait l'objet de feux monospécifiques, à raison de six répliques par essence. Chaque feu monospécifique a été composé de cinq tronçons de bois de différents calibres, assemblés de façon à atteindre 1) un volume systématique de 388 cm^3 de bois pour toutes les essences, et 2) une masse de bois commune à tous les feux d'une même essence, à plus ou moins 10 g près (Tableau 5.1). En effet, la différence de densité entre essences ne permet pas d'obtenir des assemblages de volume et de masse de bois identiques. Par exemple, tous les feux de *Manilkara* ont une masse comprise entre 1206 et 1224 g, alors que les feux de *Bursera* ont une masse comprise entre 450 et 457 g.

Feux mixtes

Chaque feu mixte a été composé à partir d'un tronçon de chaque essence, soit de cinq tronçons de bois, tous de même calibre et donc de même volume au sein de chaque feu. Trois feux mixtes ont été composés avec des tronçons de calibre 4,8 (soit 477 cm^3 de bois par feu), et deux feux ont été composés avec des tronçons de calibre 5,4 (soit 541 cm^3 de bois par feu). Les tronçons de bois ont été distribués de façon à obtenir des assemblages de masse égale par calibre (Tableau 5.2).

5.2.2. Combustions

Au total, 35 feux ont été réalisés sur sept jours, directement sur le terrain dans des foyers aménagés pour l'expérience. Les feux monospécifiques ont été effectués durant les six premiers jours, à raison d'un feu de chaque essence chaque jour (Figure 5.1), ce qui a permis la réalisation de six répliques par essence. Enfin, les cinq feux mixtes ont été effectués le septième jour. Les conditions atmosphériques n'étaient ni neutres, ni contrôlées, contrairement aux expérimentations faites en laboratoire. Cependant, les conditions dans lesquelles ont été réalisées ces expériences sont les conditions réelles de production des charbons archéologiques. De plus, les cinq feux effectués chaque jour, un de chaque essence, ont été démarrés dans un intervalle de temps réduit, de façon à ce que toutes les essences soient soumises aux mêmes variations météorologiques. Bien que ces conditions expérimentales ne soient pas optimales, c'est leur homogénéité entre les essences qui garantit la fiabilité de l'étude. Rappelons en effet que l'objectif de l'expérimentation n'est pas d'identifier le facteur impliqué dans la

production différentielle des charbons, ni d'étudier le déroulement des combustions, mais de comparer les quantités de charbons produites par chaque essence dans des conditions de combustion identiques.

Tous les feux ont été réalisés de façon identique. Les tronçons de bois ont été fendus en deux et disposés selon une structure en tipi, et des feuilles mortes ont été utilisées pour l'allumage. Pour chaque combustion, ont été enregistrés : les paramètres météorologiques à l'heure d'allumage (température et hygrométrie ambiante, force du vent estimée entre faible, moyenne et forte), l'heure d'allumage et la durée de l'incandescence. La fin de l'expérience a été fixée à une température arbitraire de 80°C, mesurée à l'aide de capteurs thermiques à raison de trois sondes par foyer. Une fois la combustion terminée, la totalité des restes (cendres et charbons) a été récupérée et stockée dans des sacs en plastiques étiquetés.

5.2.3. Traitement des résidus

Les restes des feux expérimentaux ont été traités directement sur le terrain. Ils ont été tamisés à sec à l'aide d'une colonne de tamis de mailles 2 et 4 mm. Pour chaque feu monospécifique, les charbons des deux fractions 2-4 mm et > 4 mm ont été dénombrés. Pour chaque feu mixte, les charbons de la fraction > 4 mm ont été triés et dénombrés par essence, à l'aide d'une loupe binoculaire à un grossissement de 40. L'usage d'une loupe binoculaire n'est pas habituel pour l'étude des charbons, mais dans le cas présent, il s'est avéré suffisant pour trier les charbons des cinq essences connues, dont les caractères anatomiques, dans le plan transversal, ne peuvent pas se confondre (Figure 5.2). Les charbons de la fraction 2-4 mm, trop petits pour un contrôle à la loupe binoculaire, n'ont pas été traités pour les feux mixtes.

5.2.4. Analyses statistiques des données

Différents tests statistiques non paramétriques ont été appliqués pour évaluer le degré de significativité des phénomènes observés. Les statistiques non paramétriques sont employées comme solution alterne aux statistiques paramétriques lorsque la normalité des distributions n'est pas vérifiée (test de Shapiro-Wilk), ou lorsque les effectifs sont très réduits. C'est également pour cette raison que les analyses se sont fondées sur les valeurs médianes, plus pertinentes que les moyennes dans le cas de distributions non gaussiennes. Le test de Kruskal-Wallis et le test post-hoc de comparaisons multiples par paires de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner, équivalents non paramétriques à l'analyse de variance ANOVA à un facteur suivie de test de comparaisons multiples par paires, ont été utilisés pour comparer, entre les espèces, les quantités de charbons produites par classe de taille, ainsi que les durées de combustion. Le test du Khi Deux a été appliqué pour comparer les taux de fragmentation entre les espèces, soit les proportions entre les deux classes de tailles. La méthode de Monte Carlo a été employée lorsque certains effectifs théoriques étaient inférieurs à 5. Enfin, les différentes variables ont été comparées via des tests de corrélation de rang de Spearman.

Figure 5.1 Protocole expérimental.

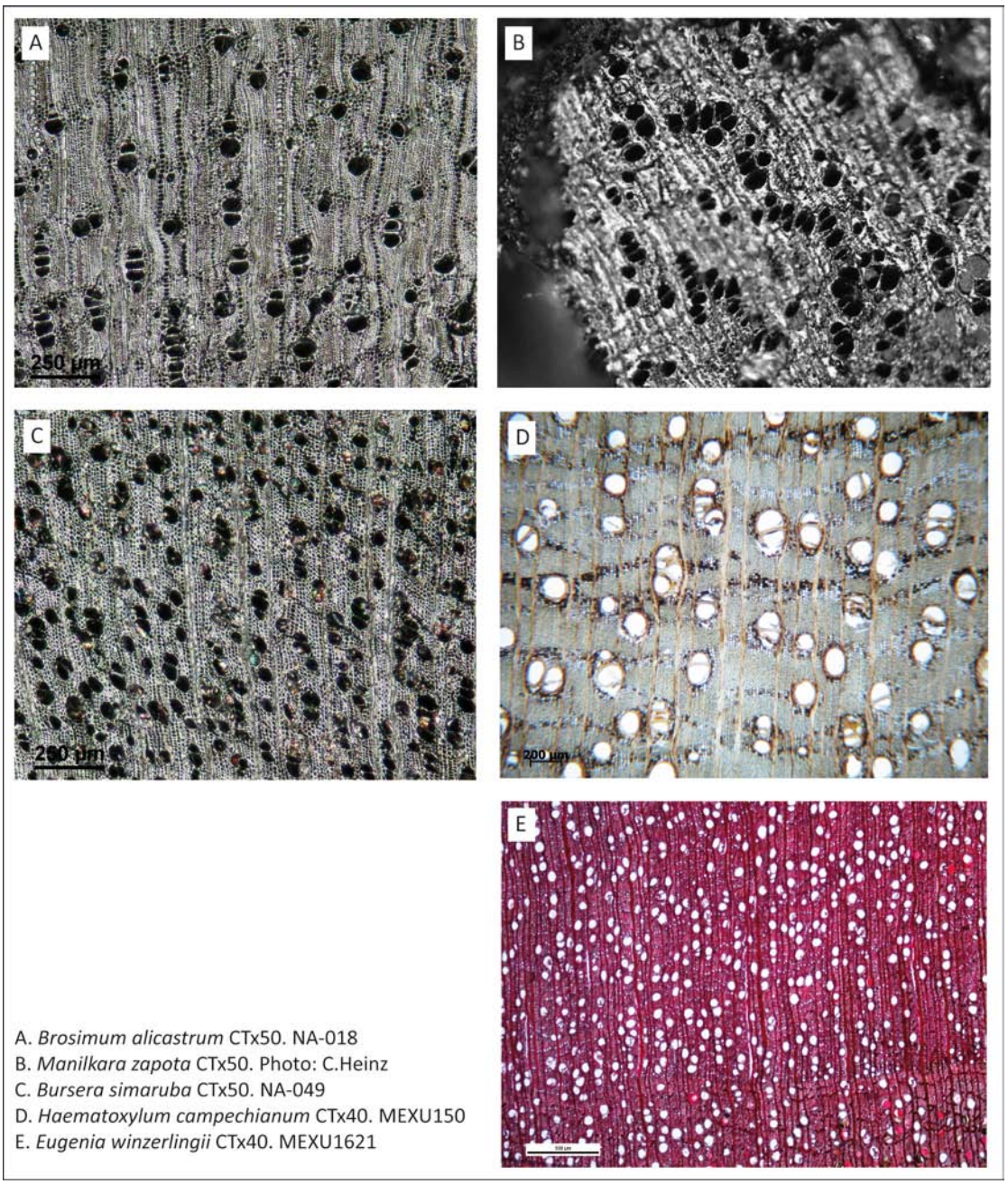


Figure 5.2 Photomicrographies en plan transversal des cinq essences étudiées dans l'expérimentation (Collection de référence des bois des Basses Terres centrales).

5.3. Résultats

Les tableaux 5.1 et 5.2 présentent les résultats des expériences pour les feux monospécifiques et pour les feux mixtes. Sont indiqués dans ces tableaux : les caractéristiques initiales de chaque assemblage (volume et masse initiaux de bois brûlé, densité du bois) ; les conditions de la combustion (température et hygrométrie de l'air, force du vent, durée totale de la combustion) ; les résidus en nombre de charbons, à raison de deux classes pour les résidus des feux monospécifiques (charbons 2-4 mm et charbons > 4 mm) et de cinq classes pour les feux composés (charbons > 4 mm de chaque espèce).

Tableau 5.1 Paramètres des expériences à l'allumage pour les feux monospécifiques. D = densité du bois (données issues de Barajas-Morales et Gómez 1989 et Zanne et al., 2009) ; MI = masse totale de bois brûlé ; T = température ambiante à l'ignition ; H = hygrométrie ambiante à l'ignition ; V = force du vent estimée : F = faible, M = moyenne ; DI = durée d'incandescence ; NF = charbons résiduels, nombre de fragments ; R = ratio des deux classes de taille ; MAN = *Manilkara* ; EUG = *Eugenia* ; BRO = *Brosimum* ; HAE = *Haematoxylum* ; BUR = *Bursera*.

Feu	D	MI (g)	T (°C)	H (%)	V	DI (min)	NF 2-4 mm	NF > 4 mm	R 2-4/4	Total NF
MAN-A	0,81	1224	29,2	64	F	305	66	72	1,09	138
MAN-B	0,81	1223	28	78	F	355	53	68	1,28	121
MAN-C	0,81	1219	28,5	80	F	353	52	29	0,56	81
MAN-D	0,81	1219	27,6	82	M	373	27	17	0,63	44
MAN-E	0,81	1218	27,6	82	M	383	34	29	0,85	63
MAN-F	0,81	1206	29	73	M	393	32	20	0,63	52
EUG-A	0,85	1379	30,5	70	F	593	154	174	1,13	328
EUG-B	0,85	1384	26,8	87	F	482	277	178	0,64	455
EUG-C	0,85	1384	26,8	87	F	445	226	151	0,67	377
EUG-D	0,85	1379	27,2	88	M	387	297	44	0,15	341
EUG-E	0,85	1379	28	78	M	445	320	155	0,49	475
EUG-F	0,85	1387	26,8	84	M	450	441	201	0,46	642
BRO-A	0,59	963	30,5	70	F	340	7	2	0,29	9
BRO-B	0,59	958	28	79	F	394	6	2	0,33	8
BRO-C	0,59	961	26,5	92	F	328	12	1	0,08	13
BRO-D	0,59	961	26,7	89	M	335	4	1	0,25	5
BRO-E	0,59	963	27,8	78	M	363	2	0	0	2
BRO-F	0,59	964	27,4	82	M	318	10	7	0,7	17
HAE-A	0,95	981	29,2	64	F	452	67	45	0,67	112
HAE-B	0,95	985	29,4	76	F	358	66	43	0,65	109
HAE-C	0,95	984	27,9	84	F	332	94	35	0,37	129
HAE-D	0,95	980	26,9	85	M	295	64	42	0,66	106
HAE-E	0,95	985	27	84	M	316	13	7	0,54	20
HAE-F	0,95	986	28,6	76	M	338	15	11	0,73	26
BUR-A	0,33	457	30	68	F	182	14	8	0,57	22
BUR-B	0,33	455	27,8	80	F	175	14	3	0,21	17
BUR-C	0,33	456	27	85	F	124	25	8	0,32	33
BUR-D	0,33	450	26,9	85	M	184	12	12	1	24
BUR-E	0,33	455	27,8	78	M	176	10	0	0	10
BUR-F	0,33	452	27,6	80	M	156	5	2	0,4	7

Tableau 5.2 Paramètres des expériences à l'allumage pour les feux mixtes. Vol = volume de bois brûlé ; MI = masse totale de bois brûlé ; T = température ambiante à l'ignition ; H = hygrométrie ambiante à l'ignition ; V = force du vent estimée : TF = très faible ; DI = durée d'incandescence ; NF = nombre de fragments ; MAN = *Manilkara* ; EUG = *Eugenia* ; BRO = *Brosimum* ; HAE = *Haematoxylum* ; BUR = *Bursera*.

Feu	Vol (cm^3)	MI (g)	T (°C)	H (%)	V	DI (min)	NF MAN	NF EUG	NF BRO	NF HAE	NF BUR	Total NF
MIX-C	477,5	1127	26.7	88	TF	345	5	64	0	5	0	74
MIX-D	477,5	1130	26.7	88	TF	406	2	46	1	0	1	50
MIX-E	477,5	1130	26.8	86	TF	393	3	55	0	2	0	60
MIX-F	541,1	1392	26.8	85	TF	464	4	118	0	5	0	127
MIX-G	541,1	1410	27.2	81	TF	434	5	68	0	1	1	75

5.3.1. Conditions météorologiques

Un test de Kruskal-Walis a permis d'établir qu'il n'y a pas de différence significative dans les conditions atmosphériques entre les répliques de chaque essence (Tableau 5.3) et ne sont donc pas de nature à impacter les résultats.

Tableau 5.3 Comparaison des paramètres météorologiques entre les expériences. Test de Kruskal-Wallis.

	Température ambiante	Hygrométrie	Force du vent
K (Valeur observée)	3,262	3,049	0,000
K (Valeur critique)	9,488	9,488	9,488
DDL	4	4	4
p -value	0,515	0,550	1,000
alpha	0,05	0,05	0,05

5.3.2. Quantité de charbons résiduels par espèce

La figure 5.3 représente les quantités de charbons produites par chaque espèce dans les feux monospécifiques pour les deux classes de taille > 4 mm et 2-4 mm, en échelle linéaire (A) et en échelle logarithmique (B). Les résultats montrent 1) que les quantités de charbons résiduels sont très inégales entre les essences, et 2) que ces quantités varient relativement peu entre les différentes expériences. Ces différences inter-spécifiques dans les quantités de charbons produites sont statistiquement significatives, comme le montrent les résultats des tests de Kruskal-Wallis (2-4 mm : $\chi^2 = 24,7715$, dl = 4, p-value < 0,001 ; > 4 mm : $\chi^2 = 23,726$, dl = 4, p-value < 0,001). Trois groupes peuvent a priori être distingués : *Eugenia* est l'essence qui laisse le plus de charbons (médianes : 164,5 charbons > 4 mm et 287 charbons de 2-4 mm). *Haematoxylum* (médianes : 38,5 > 4 mm ; 65 [2-4] mm) et *Manilkara* (médianes : 29 > 4 mm ; 43 [2-4] mm) semblent être les essences médianes de l'expérimentation. *Bursera* (médianes : 5,5 > 4 mm ; 13 [2-4] mm) et *Brosimum* (médianes : 1,5 > 4 mm ; 6,5 [2-4] mm) laissent systématiquement très peu de charbons voire pas du tout.

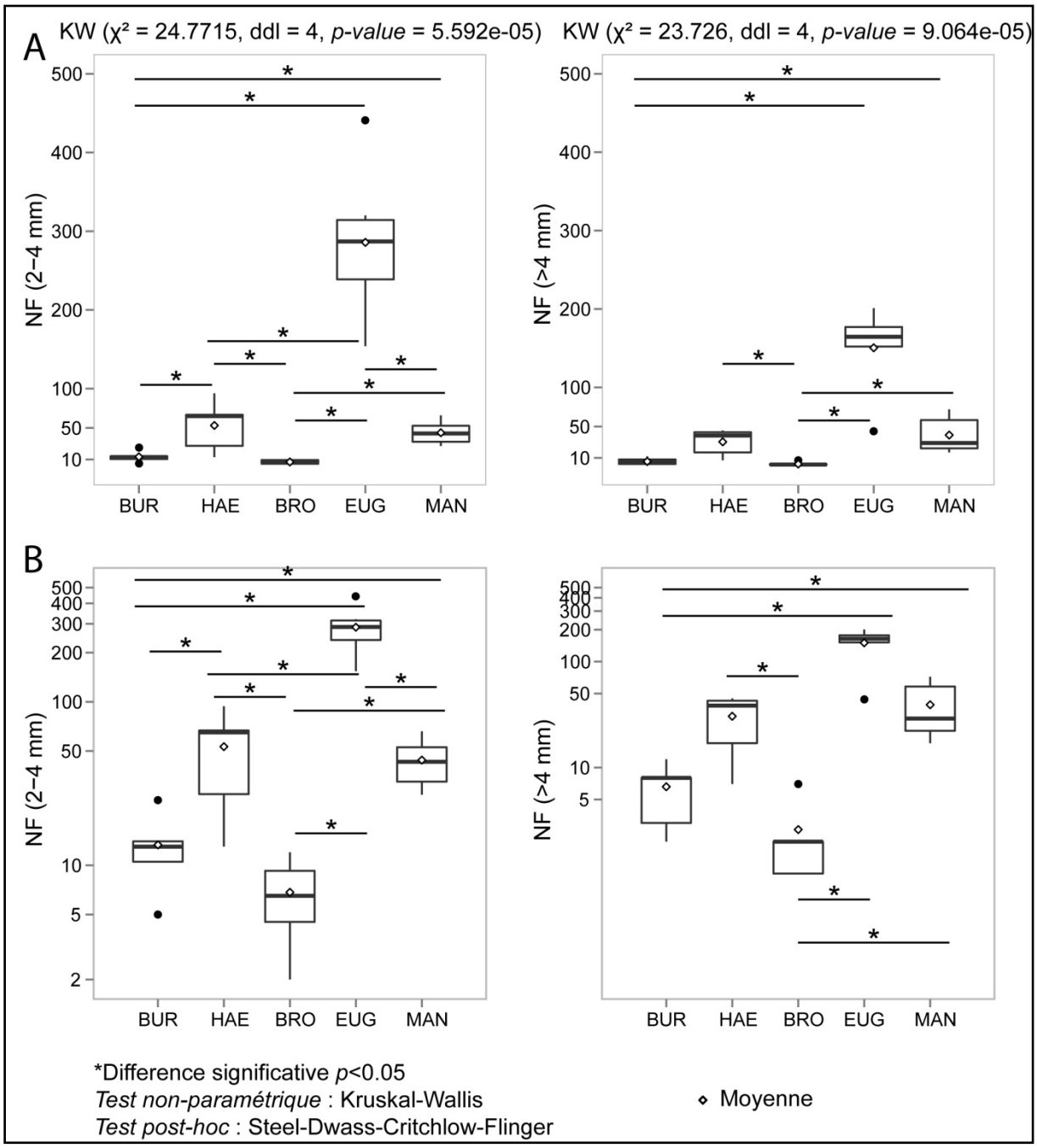


Figure 5.3 Nombre de charbons résiduels > 4 mm et 2-4 mm par essence dans les feux monospécifiques. A) Échelle linéaire B) Échelle logarithmique.

D'après le test de comparaisons multiples par paires de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner (Tableau 5.4), dont les résultats sont représentés graphiquement sur la figure 5.3, la distinction de ces groupes est très nette pour les petits charbons (2-4 mm), alors que des recoupements apparaissent pour les grands charbons (> 4 mm). Considérant la fraction > 4 mm, *Haematoxylum* et *Bursera* forment un groupe intermédiaire B entre le groupe C à plus forte production de charbons (*Eugenia-Manilkara-Haematoxylum*) et le groupe A à plus faible production de charbons (*Brosimum-Bursera*). La présence de ce groupe intermédiaire dans cette classe s'explique probablement par le comportement plus

variable du *Haematoxylum*, pour lequel on observe une très nette différence entre les quantités de charbons produites lors des quatre premiers feux (> 100) et les quantités de charbons produites lors des deux derniers (< 30). Étant donné que les conditions expérimentales étaient homogènes, ce comportement différentiel d'une même espèce reste inexpliqué et pourrait être dû à des variables intrinsèques inconnues. Cette variabilité intraspécifique rappelle la nécessité de multiplier les expériences pour obtenir des modèles statistiques les plus fiables possibles.

Tableau 5.4 Groupes de taxons en fonction des classes de taille de charbons (test de comparaisons multiples par paires de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner).

	> 4 mm			2-4 mm		
Taxon	Groupes			Groupes		
Brosimum	A			A		
Bursera	A	B		A		
Haematoxylum		B	C		B	
Manilkara			C		B	
Eugenia			C			C

Dans les deux classes de taille, les deux extrêmes sont invariablement formés par *Brosimum* et *Eugenia*. Ces deux espèces sont celles dont le comportement semble le plus distinct. On peut donc dire qu'au sein de ce groupe de taxon, *Brosimum* est sous-représenté et *Eugenia* sur-représenté. En revanche, si *Manilkara* tend à se rapprocher du groupe C à plus forte production de charbons, les résultats de cette expérimentation ne permettent pas d'affirmer que cette espèce est significativement sur-représentée par rapport aux autres espèces du groupe. En effet, lorsque l'on considère la place de *Manilkara* dans les deux classes de taille, il ne se distingue systématiquement que du groupe A *Brosimum-Bursera* à faible production de charbons.

5.3.3. État de fragmentation

Manilkara est la seule espèce qui change de groupe selon que l'on considère une classe de taille ou une autre − groupe B médian pour la classe 2-4 mm et groupe C des espèces à forte production de charbons pour la classe > 4 mm. Cela pourrait faire penser que l'espèce laisse proportionnellement plus de grands charbons. Dans la figure 5.4, on observe effectivement que le ratio entre la classe > 4 mm et la classe 2-4 mm est globalement plus élevé pour *Manilkara* que pour les autres espèces.

Toutefois, d'un point de vue statistique, il reste difficile de statuer sur la significativité de ce phénomène, dans la mesure où les deux types de test qui ont été appliqués ont produit des résultats dissemblables. Tout d'abord, le test de Kruskal-Wallis, mené directement sur les ratios (> 4 mm) / (2-4 mm), n'est que peu concluant (χ^2 = 9,7301, dl = 4, *p*-value = 0,04523), probablement en raison de la présence de ratios nuls, et le test de comparaisons multiples par pairs de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner n'a permis de mettre en évidence aucune différence significative dans les degrés de fragmentation entre les espèces. Ensuite, le test du Khi deux a été appliqué aux charbons des deux classes de taille de chaque espèce individuellement. La méthode de Monte Carlo a été employée en raison de la présence d'effectifs réduits chez *Brosimum* et *Bursera*. Les résultats (Tableau 5.5)

suggèrent que seuls *Manilkara* et *Eugenia* pourraient avoir un degré de fragmentation constant. S'agissant de *Bursera*, bien que la *p*-value soit inférieure au niveau de significativité $\alpha = 0,05$, les effectifs sont trop variables, d'une part, et trop faibles, d'autre part (5,5 charbons > 4 mm en moyenne par feu), pour considérer ce résultat comme significatif et affirmer que l'espèce a un degré de fragmentation homogène. Un degré de fragmentation plus homogène chez *Manilkara* pourrait traduire cette tendance à laisser plus de grands charbons, puisque l'espèce laisse en moyenne 45 % de charbons > 4 mm, alors qu'*Eugenia* n'en laisse en moyenne que 35 %. Mais il ne s'agit là que d'une hypothèse très préliminaire sur le phénomène de fragmentation à la combustion de ces espèces. Une étude précise du comportement de fragmentation spécifique nécessiterait de nouvelles expériences, ainsi qu'une analyse approfondie de la distribution d'un plus grand nombre de classes de taille et de masse au sein de chaque espèce. Il n'est cependant pas exclu que *Manilkara* ait tendance à moins se fragmenter au moment de la combustion et donc à produire plus de grands charbons par rapport aux autres espèces.

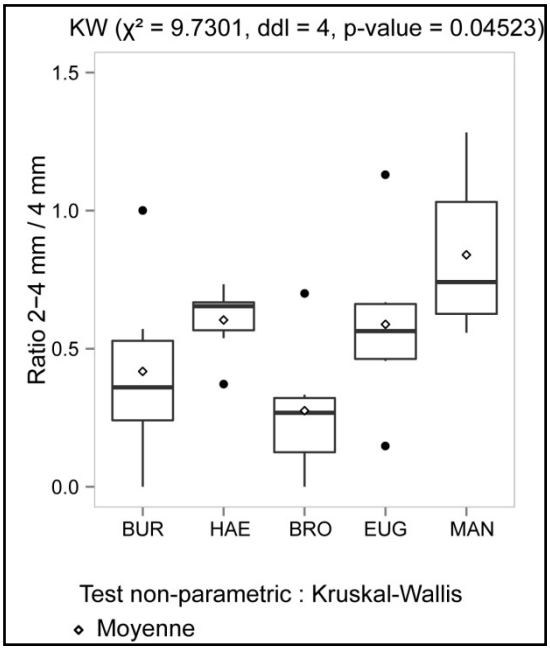


Figure 5.4 Ratio (>4 mm) / (2-4 mm) par essence dans les feux monospécifiques.

Tableau 5.5 Rapport entre les deux classes de tailles par espèce (Khi-deux, méthode de Monte Carlo / Nombre de simulations = 5000).

	MAN	EUG	BRO	HAE	BUR
Khi² (Valeur observée)	12,447	133,409	5,329	6,795	11,183
Khi² (Valeur critique)	11,270	11,070	10,843	10,670	10,942
DDL	5	5	5	5	5
p-value	0,032	< 0,0001	0,376	0,224	0,045
alpha	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

5.3.4. Durée de la combustion et densité initiale du bois

La durée d'incandescence a été systématiquement enregistrée pour évaluer l'impact de la durée de combustion sur la perte de masse globale du bois.

Malgré une certaine variabilité intraspécifique, les durées de combustion semblent similaires entre *Manilkara*, *Haematoxylum* et *Brosimum* (durées médianes : respectivement 364, 335 et 337,5 minutes). *Eugenia* a tendance à brûler plus longtemps (durée médiane : 447,5 minutes), alors que *Bursera* se consume toujours très rapidement (durée médiane : 175,5 minutes) (Figure 5.5). D'après le test de Kruskal-Wallis, il existe effectivement des différences significatives dans les durées de combustion entre les espèces (χ^2 = 20,886, ddl = 4, *p*-value = 0,00033). Cependant, le test de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner indique que seul *Bursera* se différencie statistiquement des quatre autres espèces par des durées de combustion beaucoup plus courtes (Tableau 5.6).

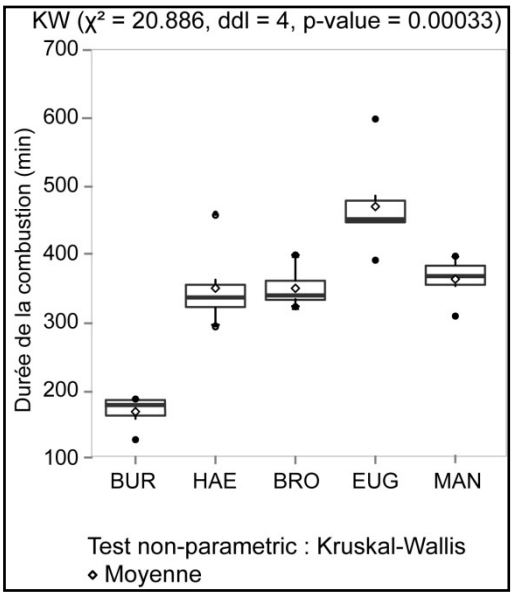


Figure 5.5 Durée de combustion par essence dans les feux monospécifiques.

Tableau 5.6 Groupes de taxons en fonction des durées de combustion (test de comparaisons multiples par paires de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner).

	Groupes	
BUR	A	
HAE		B
BRO		B
MAN		B
EUG		B

La régression de la durée de combustion par rapport à la quantité de charbons ($R^2 = 0,445$) semble indiquer qu'il existe une corrélation positive entre ces deux variables (Figure 5.6). Cependant, cela n'est vrai que pour *Eugenia*, qui laisse sensiblement plus de charbons et tend à brûler plus lentement que les autres essences, même si les durées de combustion ne sont pas statistiquement discriminées. Par ailleurs, l'apparente corrélation positive entre durée de combustion et densité initiale du bois ($R^2 = 0,558$) n'est vraie que pour *Bursera*, dont le bois très léger tend à se consumer beaucoup plus vite (Figure 5.7). Il est donc difficile, à ce stade, de savoir si ces observations sont liées à l'espèce, ou bien si elles indiquent une corrélation effective entre durée de combustion et quantité de charbons, ou entre densité initiale du bois et durée de combustion. Si l'on considère l'impact de la densité initiale du bois sur la production de charbons, la tendance générale semble être que les bois les plus légers laissent moins de charbons, et que les bois les plus denses laissent plus de charbons (Figure 5.8). Mais, d'une part, *Brosimum* laisse très peu de charbons malgré une densité initiale significativement plus importante que celle de *Bursera* (respectivement 0,59 et 0,33) et, d'autre part, *Haematoxylum* (0,95) laisse moins de charbons qu'*Eugenia* (0,85) malgré sa densité plus élevée. Cela suggère que la densité initiale du bois ne peut pas complètement expliquer la variabilité qui existe dans la production de charbons entre essences.

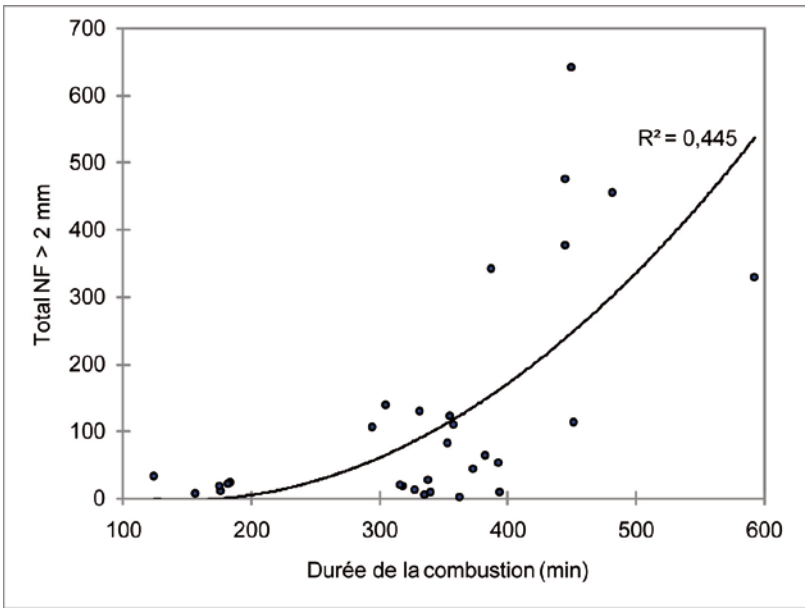


Figure 5.6 Durées de combustion en fonction des quantités totales de charbons.

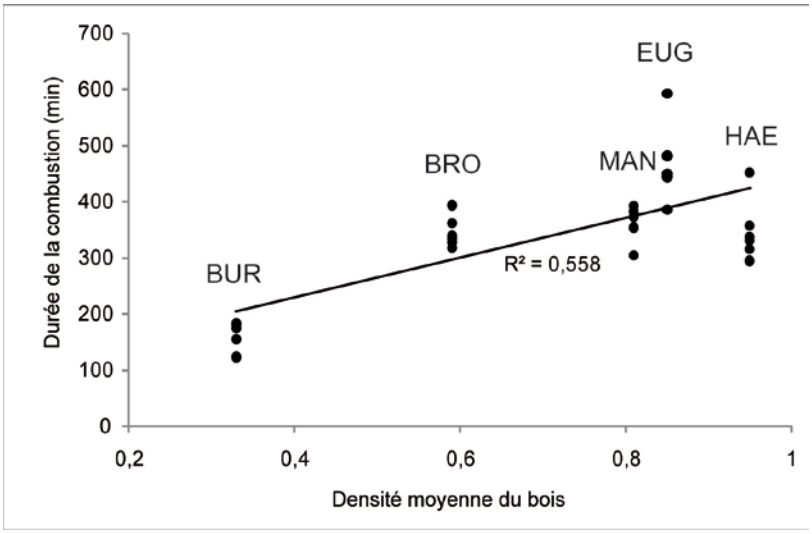


Figure 5.7 Durées de combustion en fonction de la densité initiale du bois par essence dans les feux monospécifiques.

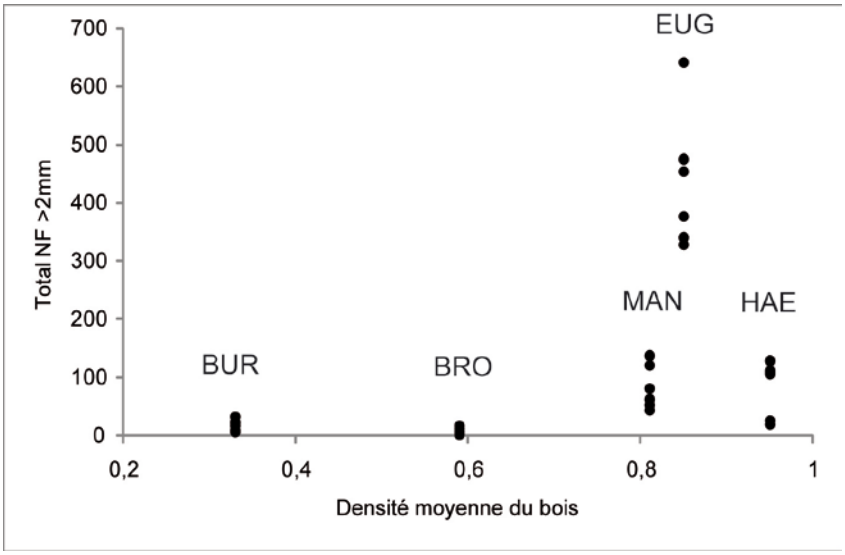


Figure 5.8 Nombre total de charbons > 2 mm en fonction de la densité initiale du bois par essence dans les feux monospécifiques.

Étant donné 1) qu'il existe une corrélation significative entre l'espèce et la durée de combustion, et entre l'espèce et la quantité de charbons, et 2) qu'il n'existe pas de corrélation significative entre densité initiale du bois et quantité de charbons, ni entre densité initiale du bois et durée de combustion, il apparaît que les processus de perte de masse et de fragmentation dépendent d'une ou plusieurs caractéristiques physico-chimiques de l'espèce (quantité et composition chimique des résidus résineux intracellulaires, structure anatomique du bois, etc.), autre que la densité. La corrélation positive observée plus haut entre quantité de charbons et durée de combustion ne peut donc être extrapolée à un autre groupe d'espèces. Cela suggère, par conséquent, qu'une propriété intrinsèque encore indéterminée serait responsable du comportement au feu de chaque essence.

5.3.5. Résidus dans les feux mixtes

Des feux mixtes ont été effectués pour évaluer la variabilité dans le comportement des espèces une fois brûlées ensemble (Tableau 5.2). Rappelons que malgré la différence de volume total de bois initial entre les feux mixtes, la comparaison inter-spécifique est valide, puisque les volumes de bois sont égaux entre toutes les essences au sein de chaque feu. Les tendances observées dans les quantités de charbons produites par les feux mixtes sont les mêmes que pour les feux monospécifiques – *Eugenia* domine les assemblages, suivi de *Manilkara* et de *Haematoxylum*, alors que *Bursera* et *Brosimum* disparaissent presque complètement – et cette similitude est statistiquement significative (Khi^2 = 64.865, dl = 4, *p*-value < 0,001). Cependant, l'écart qui existait déjà entre *Eugenia* dominant et les autres espèces s'amplifie lorsque ces bois sont brûlés ensemble (Figure 5.9). Malgré leur représentation initialement identique dans tous les feux, le fait que l'une des essences les plus denses soit systématiquement sur-représentée dans les charbons résiduels est notable. Il a été démontré qu'il n'existe pas de relation linéaire stricte entre densité du bois et production de charbons, mais le cas d'*Eugenia* permet de penser que ce paramètre physique du bois joue néanmoins un rôle dans son comportement au feu, probablement en interaction avec d'autres caractéristiques intrinsèques qu'il reste à identifier.

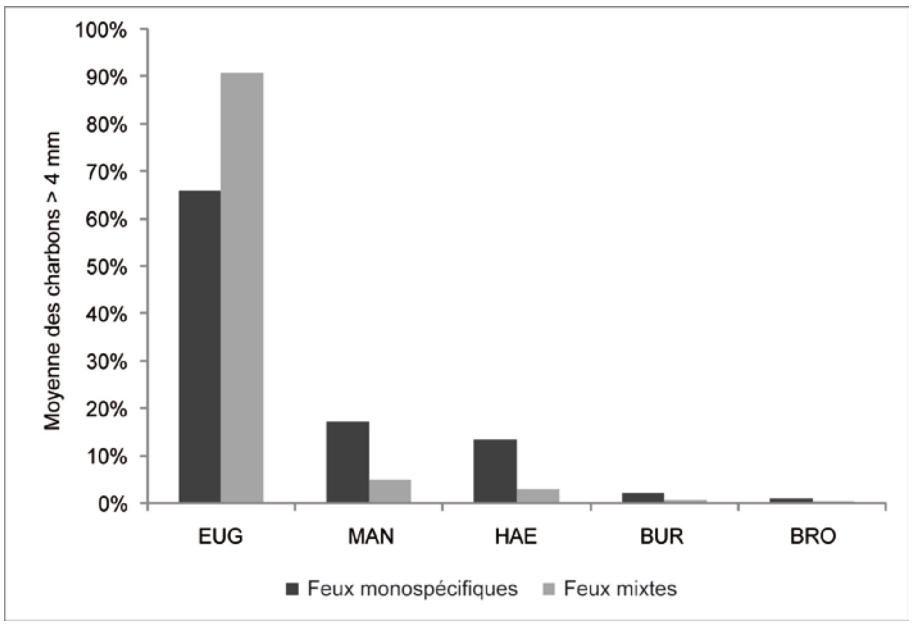


Figure 5.9 Proportions moyennes des charbons > 4 mm par essence dans les feux monospécifiques et dans les feux mixtes.

5.3.6. Synthèse

Les résultats de cette expérimentation sont reproductibles et homogènes au sein de chaque essence, confirmant leur solidité. Nous avons notamment mis en évidence que, dans des conditions de combustion identiques :

- les proportions de charbons laissés par chaque essence ne reflètent pas les proportions de bois mis au feu ;

- *Eugenia* laisse systématiquement plus de charbons que toutes les autres essences, alors que *Bursera* et *Brosimum* laissent toujours très peu de charbons.

- la densité du bois ne permet pas d'expliquer complètement la variabilité dans la production de charbons entre les essences ;

- *Manilkara* tend à laisser plus de grands charbons que les autres espèces ;

- le fait de brûler toutes les essences ensemble amplifie l'écart qui existe entre les essences qui laissent plus de charbons et celles qui en laissent moins ;

Les résultats de cette expérimentation permettent ainsi d'avancer l'hypothèse que ces espèces ont des comportements au feu différents et que ces variations interspécifiques ne peuvent pas s'expliquer par une seule variable.

5.4. *Hypothèses sur la préservation des charbons de* Manilkara zapota *et* Brosimum alicastrum

Nos résultats montrent que le processus de combustion joue certainement un rôle dans la faible représentation du *ramón* (*Brosimum alicastrum*) dans les assemblages anthracologiques des Basses Terres centrales. Ce comportement au feu ne s'explique ni par sa durée de combustion, statistiquement semblable à celles du *chicozapote*, du *tinto* et du *guayabillo*, ni par sa densité, bien supérieure à celle du *chakah*. Au sein de ce groupe de cinq essences, le *ramón* constitue donc une exception. Le fait que les bois de la famille des Moracées produisent du latex encourage à penser que le comportement du bois au feu puisse être déterminé par un facteur chimique. Le *chicozapote* et le *chakah* produisent également, l'un du latex, l'autre de la résine, mais les différences de comportement au feu entre ces essences viennent peut-être de la composition chimique de ces substances. La composition chimique du bois avait déjà été envisagée comme un facteur pouvant impacter le processus de combustion (Ford, 1988; Rossen et Olson, 1985). Les expérimentations de Théry-Parisot et al. (2010b) ont, par ailleurs, démontré que même des bois structurellement très proches, notamment différentes espèces d'un même genre, peuvent avoir des comportements au feu très différents. Cela conforte l'idée que le comportement des bois au feu est au moins en partie régi par un facteur non structurel (et donc potentiellement chimique).

En revanche, contrairement à ce qui avait été envisagé initialement, le bois du *chicozapote* (*Manilkara zapota*) brûlé indépendamment ne laisse pas particulièrement plus de charbons que les autres espèces. La forte représentation de cette espèce dans les assemblages anthracologiques par rapport à la végétation actuelle ne semble donc pas pouvoir s'expliquer par sa moindre réduction de masse à la combustion. Toutefois, il a été proposé que le *chicozapote* puisse avoir tendance à laisser proportionnellement plus de grands charbons. Bien qu'il ne s'agisse que d'une hypothèse, ceci pourrait faire penser que la forte représentation du *chicozapote* dans les assemblages anthracologiques des Basses Terres pourrait être due, non à une plus grande production de charbons à la combustion (moindre réduction de masse), mais à un effet de fragmentation différentielle, à la combustion et/ou au cours des processus post-dépositionnels. En effet, Chrzazvez et al. (2014) ont montré que certaines structures anatomiques, et notamment l'organisation radiale des vaisseaux, étaient corrélées à une plus grande fragmentation post-dépositionnelle des charbons. L'explication avancée est que cette organisation radiale des vaisseaux, de même que les zones poreuses ou les rayons multisériés chez le chêne (*Quercus sp.*), créent des zones de fragilité qui contribuent à fragmenter le charbon en un plus grand nombre de charbons une fois le point de rupture atteint, et ce, indépendamment de la densité initiale du bois. À l'inverse, des bois à structure plus homogène ont tendance à se fragmenter en un plus petit nombre de charbons. Or, le *chicozapote* et les Sapotacées en général se caractérisent justement par une organisation radiale et diagonale des vaisseaux. Par conséquent, si le *chicozapote* produit proportionnellement plus de grands charbons et si ces charbons se fragmentent plus lors des processus post-dépositionnels, il devient concevable que cette essence soit sur-représentée dans les assemblages anthracologiques par rapport aux autres essences. Cette hypothèse ne pourrait être validée que grâce à une étude des taux de fragmentation par taxon, tant sur des charbons expérimentaux que sur du matériel archéologique.

5.5. Implications pour l'anthracologie dans les Basses Terres mayas

Les écarts observés dans les quantités de charbons produites par des espèces parmi les plus importantes d'un point de vue économique et environnemental, nécessitent de s'interroger sur la pertinence de l'approche quantitative en anthracologie dans cette région. Ce questionnement est d'autant plus légitime que désormais, on peut s'attendre à ce que d'autres essences soient nettement sur- ou sous-représentées dans les assemblages anthracologiques.

Les différentes approches quantitatives et semi-quantitatives en anthracologie (e.g. comptage des charbons, pesée, classes de nombre, de masse et de taille, ubiquité) ont été largement discutées, évaluées et critiquées au sein de la communauté scientifique (Asouti et Austin, 2005; Boyd, 1988; Chabal, 1994, 1992; Chabal et al., 1999; Ford, 1988; Hastorf, 1999; Jones, 1991; Marston, 2015; Miller, 1988; Popper, 1988; Thompson, 1994). Ainsi que l'a fait remarquer Popper (1988, p. 70), la pertinence de telle ou telle approche dépend avant tout des problématiques et objectifs de chaque cas d'étude, des types de contextes et des méthodes d'analyse employées (e.g. statistique descriptive, analyse spatiale et diachronique, statistiques multivariées, etc.). Dans les Basses Terres mayas et, plus largement en Mésoamérique, différentes méthodes ont été appliquées, du simple enregistrement de la présence/absence des taxons à la quantification absolue par comptage ou pesée des charbons (e.g. Adriano-Morán et McClung de Tapia, 2008; Dussol et al., 2016; Lentz, 1991; Lentz et al., 2014a; Miksicek, 1991, 1983, Morehart, 2011, 2002, 2001; Robinson et McKillop, 2014; Thompson et al., 2015b). Mais la méthode la plus couramment utilisée dans la région, et probablement considérée comme la plus représentative, reste le calcul des taux d'ubiquité, ou la fréquence des taxons dans les contextes archéologiques.

La seule prise en compte de la présence/absence des taxons limite considérablement le potentiel des données anthracologiques et n'est donc pas recommandable. En revanche, au vu des résultats de cette étude, l'ubiquité des taxons intra-site au travers de l'analyse de multiples contextes pourrait bien être à même de fournir une image plus juste de la fréquence d'utilisation des bois, puisque cette mesure réduit en partie les biais dus à la préservation différentielle. À Naachtun, des charbons de Moracées (incluant le *ramón*) ont été identifiés dans 30 % des contextes généraux (correspondant à une occupation longue), ce qui tend à démontrer que malgré leur faible proportions (seulement 3% du nombre total de fragments), ces bois ont dû être utilisés comme combustibles de façon relativement commune. De même, les assemblages de Río Bec n'ont fourni que 2 % de charbons de Moracées, provenant pourtant de 56 % des contextes (Dussol et al., 2016). Même si cette dernière étude a concerné essentiellement des dépôts de cendres liés à des activités rituelles ponctuelles, qui correspondent à des contextes spécifiques et ne sont donc pas forcément représentatifs des combustions ordinaires, ces données n'en révèlent pas moins l'écart qui peut exister entre proportions et ubiquité relatives. La principale différence entre ces deux mesures est que le taux d'ubiquité d'un taxon n'affecte pas celui des autres taxons et, par conséquent, ceux-ci peuvent être analysés indépendamment (Popper, 1988, p. 61). Toutefois, d'après Popper, une des principales limites de l'ubiquité réside en ce qu'elle dépend étroitement des stratégies d'échantillonnage et des éventuels regroupements de contextes, eux-mêmes dépendants de l'interprétation de l'archéobotaniste (Popper, 1988, pp. 60–64).

Cela étant, ne pas tenir compte des données quantitatives dans l'étude des charbons, comme on le voit dans certaines études nord-américaines, en raison de l'existence de possible biais taphonomiques, revient à se priver de nombreux outils de l'anthracologie. La quantification est une approche importante pour mettre en évidence l'évolution des usages des bois au cours du temps, grâce à des représentations graphiques (diagrammes anthracologiques) et des méthodes analytiques telles que la sériation statistique (Desachy, 2004; Lyman et al., 1998). Une sériation statistique à partir des taux d'ubiquité des taxons pourrait être envisageable. Mais le minimum statistique requis pour cette méthode (de 30 individus au minimum par phase chronologique, les individus étant ici les contextes ou les échantillons) fait que cette approche est difficilement applicable. On a vu au Chapitre 3 en quoi l'obtention d'échantillons anthracologiques exploitables provenant de contextes archéologiques chronologiquement fiables, pouvait être problématique sur un site maya (voir 3.2.1).

Or, même si les proportions de certains taxons dans les assemblages ne reflètent pas les proportions réelles de bois mis au feu, il peut être assumé que l'évolution de ces taxons dans le diagramme – augmentation/diminution, apparition/disparition – reste significative. D'une part, s'il existe effectivement un biais taphonomique impactant les espèces de façon différentielle, on peut s'attendre à ce qu'il s'applique de la même façon pour tous les niveaux archéologiques. D'autre part, même si la préservation des charbons n'est pas réellement liée à l'espèce, alors les proportions de chaque taxon s'équilibrent mutuellement dans l'ensemble des contextes d'un site. Dans les deux cas, l'approche quantitative et les statistiques descriptives telles que la sériation demeurent des approches pertinentes et probablement indispensables en anthracologie maya, malgré leurs limites.

*

L'étude expérimentale menée sur cinq essences tropicales des Basses Terres centrales a démontré que ces bois se comportent différemment durant la combustion et que les proportions de charbons résultant de leur combustion ne reflètent pas les proportions de bois mis au feu. Il a été démontré que le *guayabillo* laisse plus de charbons que les autres essences. À l'inverse, les bois du *ramón* et du *chakah* tendent à disparaître presque complètement dans l'assemblage anthracologique final. La variabilité inter-spécifique dans le comportement des bois au feu a également été mise en évidence dans des études expérimentales antérieures menées sur des essences tempérées (e.g. Rossen et Olson, 1985; Théry-Parisot et al., 2010b). Une conclusion commune à toutes ces études est que le comportement des bois au feu ne semble pas pouvoir s'expliquer par la seule densité initiale du bois, et pourrait au contraire dépendre d'une combinaison de facteurs chimiques et physiques inhérents à chaque taxon et restant à déterminer. Cela illustre non seulement le risque lié à l'extrapolation de données expérimentales d'une région biogéographique à une autre, mais également la nécessité de reproduire les expériences de façon à mieux comprendre l'impact du processus de combustion sur la représentation des taxons.

Parmi les résultats attendus, nous avons démontré que la combustion à proprement parler ne joue pas un rôle déterminant dans la représentation anthracologique du *chicozapote*. Mais les différences observées dans les ratios entre les deux classes de taille des fragments, entre le *chicozapote* et les autres essences, suggèrent que d'autres processus, notamment la fragmentation post-dépositionnelle

des charbons, pourraient expliquer la forte représentation de ce taxon dans les assemblages anthracologiques. L'effet de la fragmentation post-dépositionnelle pourra être étudié pour l'ensemble de ces taxons, via l'analyse des différentes classes de tailles des charbons dans le matériel archéologique (Chabal, 1997, 1992). Par ailleurs, il est très probable que la reproduction d'une telle expérimentation sur d'autres essences de la forêt maya donnerait au *chicozapote* une place différente dans l'ordre de dominance. On peut également se demander si les différences observées entre les essences seraient aussi significatives si le *guayabillo* était exclu. Enfin une dernière piste de recherche pourra être envisagée, relative au rôle de la vitrification dans la conservation des charbons archéologiques. Bien que cette variable n'ait pas été systématiquement enregistrée dans le cadre de l'étude anthracologique de Naachtun, on a pu constater empiriquement que les charbons archéologiques de *Manilkara* présentent très souvent un niveau élevé de vitrification. Or une récente étude expérimentale tend à démontrer que la vitrification pourrait contribuer à une meilleure conservation des charbons, notamment lors du processus de flottation qui a tendance à fragmenter les charbons fragiles (Arranz-Otaegui et al., 2015). Il est, par conséquent, difficile pour le moment d'éliminer la possibilité d'un biais taphonomique responsable d'une sur-représentation du *chicozapote* dans les assemblages anthracologiques, au-delà de tout facteur socio-culturel ou environnemental.

Il semble clair néanmoins, que la combustion impacte chaque essence différemment. Il serait intéressant de reproduire cette expérimentation sur d'autres espèces du genre *Brosimum* ainsi que sur d'autres Moracées locales telles que le *manax* (*Pseudolmedia glabrata* et *P. spuria*) ou le *ramón colorado* (*Trophis racemosa*), afin de déterminer si le *ramón* présente un comportement au feu spécifique, ou bien si celui-ci serait, en fait, généralisé à l'ensemble des Moracées. Si la reproduction de telles expériences venait à confirmer ces résultats, cela signifierait que le *ramón* est bien sous-représenté dans les assemblages anthracologiques de Naachtun et, par extension, dans ceux des Basses Terres mayas. Cela impliquerait que son usage comme combustible par les anciens Mayas et donc son abondance dans l'environnement des sites pourraient avoir été bien plus importants que ce que les données anthracologiques laissent voir.

6 RUPTURES ET CONTINUITES DANS L'ECONOMIE GLOBALE DES BOIS

Exploration de la séquence anthracologique générale de Naachtun

Ce chapitre traite des aspects socio-économiques et environnementaux de l'usage des ressources ligneuses à Naachtun, principalement comme combustible quotidien, sur une période de 800 ans au cours de la période classique. Il s'articule en deux parties. La première est consacrée aux résultats des analyses anthracologiques et des analyses statistiques associées portant sur les contextes généraux (remblais, dépotoirs et niveaux d'occupation), dont la chronologie relative a été exposée au Chapitre 4 (Tableau 4.12). Rappelons que, dans ces contextes, les charbons dispersés sont essentiellement les restes des feux domestiques accumulés sur une longue durée, mais ils peuvent aussi inclure les restes d'autres feux réalisés dans le cadre d'activités spécialisées, rituelles ou artisanales par exemple. Ils sont donc représentatifs de l'usage global des combustibles. La seconde partie est une proposition d'interprétation de ces résultats, menée selon une perspective diachronique. Celle-ci s'articule autour de trois thèmes principaux, traités en parallèle : les sources d'approvisionnement en bois, le degré d'anthropisation des boisements exploités et les facteurs sociaux et environnementaux qui ont impacté ce système économique et son évolution au cours de l'histoire de la cité.

Afin d'alléger ce chapitre ainsi que le suivant (Chapitre 7), nous présentons à la fin de ce manuscrit un *Catalogue des taxons identifiés*. Ce document rassemble des informations plus détaillées sur les principales espèces représentées ou potentiellement représentées dans les charbons archéologiques, concernant notamment leurs caractéristiques écologiques, leur distribution dans les Basses Terres et leurs usages dans les sociétés contemporaines. Par ailleurs, afin de faciliter la lecture d'une première partie descriptive et quelque peu technique, on procèdera au fil du texte à de courts bilans rappelant les points les plus importants.

6.1. Présentation et analyse des assemblages anthracologiques 211
6.1.1. Richesse taxonomique 211
6.1.2. Description des résultats par phases chronologiques 212
6.1.3. Analyses multivariées 233
6.1.4. Synthèse : la séquence anthracologique 243

6.2. Essai d'interprétation de la séquence anthracologique 249
6.2.1. Six siècles de stabilité d'une économie agroforestière du Classique ancien au milieu du Classique récent (150-750 apr. J.-C.) 249
6.2.2. Nouveaux systèmes d'approvisionnement en bois : les mutations économiques et sociales à partir de la seconde moitié du Classique récent (750-950 apr. J.-C.) 261

6.1. Présentation et analyse des assemblages anthracologiques

Cette section présente les résultats des analyses anthracologiques. Après avoir commenté la richesse taxonomique du spectre anthracologique (6.1.1), on présentera en détail les données anthracologiques par phase chronologique et on analysera systématiquement la cohérence des échantillons entre eux afin de mettre en évidence les éventuelles anomalies (6.1.2). Des analyses multivariées simples permettront d'identifier les associations signifiantes de taxons et de déterminer quelles variables sont les plus probablement impliquées dans leur distribution à travers le site (6.1.3). Cela nous amènera à exposer et expliquer, à titre de synthèse, la séquence anthracologique du site, entre évolution globale et possibles phénomènes localisés (6.1.4).

6.1.1. Richesse taxonomique

Sur l'ensemble des contextes généraux (2753 charbons identifiables, prélèvements par flottation uniquement), qui s'étalent sur une durée d'occupation d'au moins 800 ans, un total de 94 taxons différents, dont 9 types indéterminés, et 27 familles a été identifié. Par comparaison, dans d'autres sites de milieu tropical forestier ayant fait l'objet d'un échantillonnage anthracologique systématique à visée paléoécologique, on peut citer les éléments suivants : Dotte-Sarout (2010) identifie, sur des sites kanak précoloniaux, entre 79 et 120 taxons différents, pour des durées d'occupation de l'ordre de 300 à 400 ans. Dans le Sud-est brésilien, Scheel-Ybert (1998) identifie, pour sa part, 112 taxons sur un ensemble de sites côtiers dont l'occupation s'étend sur environ 4000 ans durant l'Holocène récent. Au plus proche de Naachtun, l'étude pédoanthracologique menée par Thompson (2013) dans le Parc de Tikal a livré quelques 77 taxons différents, issus de contextes dont la datation s'étale sur environ 2000 ans, du Préclassique moyen au Postclassique.

La courbe de saturation du site (Figure 6.1) montre toutefois que cette richesse n'a pas atteint sa limite, malgré un ralentissement dans la progression du nombre de nouvelles identifications à partir de 80 taxons. L'absence de stabilisation de la courbe est un résultat prévisible, puisque l'on sait que dans les forêts tropicales, la richesse floristique augmente continuellement avec l'aire de forêt étudiée (voir Chapitre 3). D'ailleurs, les prélèvements manuels dans les contextes généraux (847 charbons) et les échantillons des dépôts spéciaux (4218 charbons) ont livré 29 taxons et six familles supplémentaires qui n'apparaissent pas dans le spectre général. Cela montre bien que le potentiel taxonomique du site n'est pas totalement exprimé, malgré un échantillonnage large.

Cette richesse taxonomique est néanmoins cohérente, bien qu'inférieure, avec la richesse attendue pour les forêts actuelles des Basses Terres centrales. Dans le Parc de Tikal, Schulze et Whitacre (1999) identifient 146 espèces ligneuses et 42 familles au total, dans une zone d'échantillonnage qui s'étale sur 17 x 9 km, soit 153 km². Dans le Nord-ouest du Belize, les inventaires floristiques de Campbell et al. (2006) autour de trois sites archéologiques séparés d'environ 30 km (El Pilar, Terra Nove et Ix Chel), atteignent 44 familles au total (88, 93 et 103 espèces ligneuses, avec un début d'inflexion des courbes de saturation aux alentours de 80 à 90 espèces. Zamora-Crescencio et al. (2012) obtiennent des résultats semblables dans les forêts plus sèches du Centre du Campeche, avec 91 espèces ligneuses et 35 familles identifiées autour du site d'Oxpemul, bien que sur une zone plus restreinte (0,48 ha).

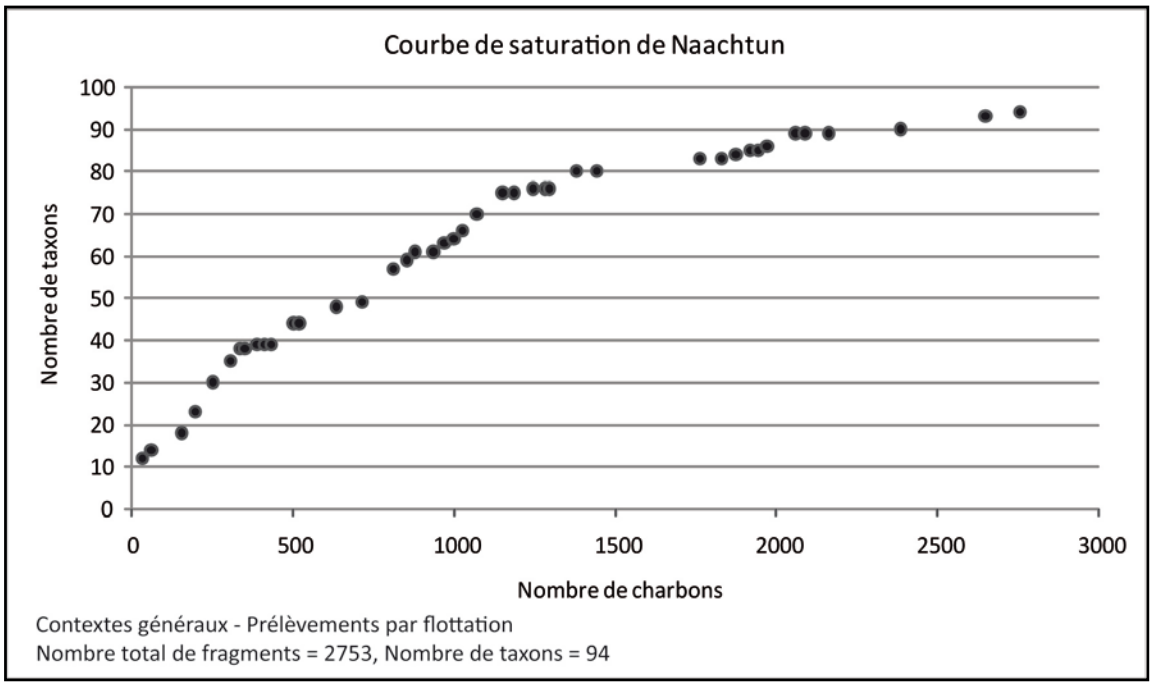


Figure 6.1 Courbe de saturation de Naachtun. Nombre de nouveaux taxons apparus en fonction du nombre de charbons analysés dans les contextes généraux.

6.1.2. Description des résultats par phases chronologiques

Les assemblages anthracologiques sont présentés par phases chronologiques dans les tableaux 6.1 à 6.6. Les proportions relatives des taxons (en nombre de charbons) sont indiquées pour chaque contexte général comprenant plus de 30 charbons identifiables. Pour les contextes ayant livré moins de 30 charbons identifiables, on indique uniquement les occurrences des taxons. Le nombre total de charbons et les proportions globales de chaque taxon dans l'assemblage sont néanmoins calculées à partir de l'ensemble des échantillons, à l'exclusion des charbons ayant été classés comme indéterminables (273 fragments au total, soit 9 % des charbons analysés). Les nombres de taxons dans chaque contexte, ainsi que dans l'assemblage global n'incluent pas les taxons indiqués en gris, qui correspondent à de possibles doublons (voir Chapitre 3.2.2). On indique également les occurrences supplémentaires (O.S.) de taxons identifiés uniquement dans les prélèvements manuels associés à ces contextes généraux, ou dans les dépôts spéciaux datés de la même phase. Rappelons que ces échantillons caractérisés ici par leur seule présence/absence sont logiquement exclus des analyses quantitatives. C'est la raison pour laquelle les taxons identifiés uniquement dans ces échantillons n'ont ni nombre de charbons, ni proportions relatives. L'ensemble des données quantitatives mentionnées, proportions relatives et valeur d'ubiquité, ne concerne donc que les échantillons issus des contextes généraux et prélevés par flottation. Les taxons sont regroupés en fonction de leurs associations possibles aux différentes formations végétales principales : forêt de zones hautes, forêt basses de marais, végétation secondaire et savane (voir Chapitre 3.2.2).

Phase Balam I (150-350 apr. J.-C.)

L'assemblage de la phase Balam I comporte 591 charbons issus de trois contextes des secteurs sud et ouest. Au moins 47 taxons différents appartenant à au moins 19 familles, dont trois types indéterminés, ont été identifiés. Étant donné que l'assemblage n'inclut que trois contextes, on ne tiendra pas compte ici de la valeur d'ubiquité des taxons.

La famille des Fabacées est la mieux représentée dans l'assemblage, avec un minimum de 13 taxons qui rassemblent 31,6 % des charbons (Figure 6.2). Les Fabacées ici présentes correspondent essentiellement à des arbustes ou petits arbres héliophiles, parmi lesquels *Lysiloma aurita* est majoritaire, avec 9,8 % des charbons. Les autres Fabacées sont *Haematoxylum sp.* (*tinto*), *Gliricidia sepium* (*madre cacao*), *Diphysa cf. carthagenensis* (*guachipilin*), ainsi que plusieurs Mimosoidées : les taxons-valise *Havardia/Pithecellobium*, *Cojoba/Pithecellobium/Zygia*, ce dernier correspondant majoritairement à des arbustes ou arbres hygrophiles, et *Enterolobium cyclocarpum/Lysiloma acapulcensis/L. latisiliiquum*, correspondant à des espèces héliophiles pionnières ou post-pionnières. *E. cyclocarpum* (*guanacaste*) peut néanmoins être un grand arbre de canopée, de même que *Piscidia piscipula* (*habín*) et *Lonchocarpus sp.* (*balche*). Enfin, le genre *Swartzia* peut correspondre à des arbres de canopée ou bien à des petits arbres héliophiles.

Les Sapotacées représentent 20,8 % des charbons de l'assemblage, essentiellement concentrés par *Manilkara sp.* (13 %) et le taxon Sapotaceae (7,3 %), qui peut inclure diverses espèces des genres *Pouteria*, *Sideroxylon* et *Chrysophyllum*. Les deux autres Sapotacées du spectre sont mineures et correspondent probablement à deux arbres fruitiers : une espèce du genre *Chrysophyllum* et l'espèce *Pouteria sapota* (*zapote*). Ces taxons sont des arbres des strates forestières supérieures et intermédiaires des zones hautes, bien que les espèces *Manilkara zapota* (*chicozapote*, espèce du genre la plus répandue dans les Basses Terres) et *Chrysophyllum mexicanum* (*caimito silvestre*) puissent se retrouver dans les forêts basses des marais et aux abords des savanes.

Quatre taxons de Polygonacées, rassemblant 14 % des charbons, ont été identifiés. *Gymnopodium floridundum* (*dzidzilche*), un arbuste héliophile caractéristique des forêts basses sèches et des marais saisonniers perturbés, est le plus représenté. Avec 9,5 % des charbons, il est le troisième taxon du spectre après *Manilkara sp.* et *Lysiloma aurita*. Les trois autres Polygonacées rassemblent 4,6 % des charbons. Elles appartiennent au genre *Coccoloba*, et possiblement aussi au genre *Neomillspaughia*.

La famille des Myrtacées est également bien représentée avec 11,7 % des charbons. Ils se répartissent entre le taxon valise *Eugenia/Psidium* (7,8 %), désignant des arbustes ou petits arbres héliophiles, pionniers et ubiquistes, et probablement l'espèce *Myrciaria floribunda* (3,7 %), petit arbre des zones hautes.

Deux taxons de la famille des Anacardiacées ont été identifiés, *Astronium sp.* (*jobillo*, 5,8 %) et *Metopium brownei* (*chechem negro*, 0,8 %), deux arbres des strates forestières supérieures et intermédiaires. Quant aux Sapindacées (6,8 %), elles sont représentées par une espèce du genre *Allophylus*, et probablement une espèce du genre *Exothea* et l'espèce *Thouinia paucidentata* (*canchunup*).

Tableau 6.1 Assemblage anthracologique de la phase Balam I et formations végétales associées. Chronologie relative des contextes : a = remblai Kuts-Balam I, b = remblai Balam I, c = remblai fin Balam I.

	a	b	c		
Balam I	3730	4921	3920	**Total phase**	
	%	%	%	**NF**	**%**
Haematoxylum sp.	3,7	0,8	8,6	**25**	**4,2**
Allophylus sp.		0,8		**2**	**0,3**
cf. Allophylius sp.	0,9			**1**	**0,2**
cf. Exothea sp.		4,2	1,8	**15**	**2,5**
cf. Thouinia paucidentata	5,6	4,2	1,4	**20**	**3,4**
Allophylus sp./Exothea sp./Thouinia paucidentata			0,9	**2**	**0,3**
Brosimum alicatrum		0,4		**1**	**0,2**
Mosannona depressa			0,5	**1**	**0,2**
Erythroxylum sp.		0,4		**1**	**0,2**
Swartzia sp.1			0,9	**2**	**0,3**
Gliricidia sepium		0,8		**2**	**0,3**
Gymnopodium floribundum		20,2	1,4	**56**	**9,5**
Croton sp.1		1,1	0,9	**5**	**0,8**
Croton sp.2		0,8		**2**	**0,3**
Diospyros sp.1	0,9	0,8		**3**	**0,5**
Cojoba/Pithecellobium/Zygia T1		2,3		**6**	**1,0**
Cojoba/Pithecellobium/Zygia T2		1,1		**3**	**0,5**
Licaria sp./Nectandra sp.		1,5	0,5	**5**	**0,8**
Havardia albicans/Pithecellobium sp.	2,8	2,3	3,6	**17**	**2,9**
Eugenia sp./Psidium sp.		11,0	7,7	**46**	**7,8**
Metopium brownei			2,3	**5**	**0,8**
Astronium sp./Metopium brownei			0,9	**2**	**0,3**
Burseraceae, cf. Bursera simaruba		0,4		**1**	**0,2**
Coccoloba sp.1		6,5	0,5	**18**	**3,0**
Coccoloba sp.2		3,0		**8**	**1,4**
Coccoloba sp./Neomillspaughia sp.			0,5	**1**	**0,2**
Manilkara sp.	20,6	2,7	21,7	**77**	**13,0**
cf. Chrysophyllum sp.		0,8		**2**	**0,3**
Sapotaceae indet	2,8	4,9	12,2	**43**	**7,3**
Byrsonima cf. bucidifolia		0,4		**1**	**0,2**
Bourreria sp.		0,4		**1**	**0,2**
cf. Olacaceae, cf. Ximenia americana		1,1		**3**	**0,5**
Lonchocarpus sp.		0,4		**1**	**0,2**
Piscidia piscipula	48,6		0,5	**53**	**9,0**
Enterolobium cyclocarpum/Lysiloma acapulcensis/L. latisiliiquum		0,4		**1**	**0,2**
Lysiloma aurita	2,8	11,0	11,8	**58**	**9,8**
Alvaradoa amorphoides		1,1		**3**	**0,5**
Guettarda cf. gaumeri		0,8		**2**	**0,3**
Astronium sp.		2,3	12,7	**34**	**5,8**
Diphysa cf. carthagenensis			0,9	**2**	**0,3**
cf. Pouteria sapota	0,9			**1**	**0,2**
cf. Myrciaria floribunda	1,9	3,4	5,0	**22**	**3,7**
Maytenus cf. schippii		1,5	0,5	**5**	**0,8**
Bunchosia sp.		0,4		**1**	**0,2**
Ubiquistes ou indéterminés					
Semialarium mexicanum	1,9	2,7		**9**	**1,5**
Fabaceae Mimosoideae-Caesalpinoideae T2	4,7			**5**	**0,8**
Fabaceae	1,9	1,5	2,7	**12**	**2,0**
cf. Myrtaceae		0,4		**1**	**0,2**
Indet T9 (Type Apocynaceae/Myrtaceae/ Polygonaceae)		0,4		**1**	**0,2**
Indet T10 (Type Apocynaceae/ Rubiaceae)		0,4		**1**	**0,2**
Indet T13 (type liane)		0,8		**2**	**0,3**
Total (%)	100	100	100		**100**
Total nombre de fragments	107	263	221	**591**	
Indéterminables	5	18	18	**41**	
Total nombre de taxons	14	40	23	**47**	

Proportions (%)

> 30	6-9,9
20-29,9	3-5,9
10-19,9	< 3

Ecologie

- Taxons forestiers de zones hautes
- Taxons forestiers de zones basses
- Taxons de savane
- Taxons pionniers / Végétation secondaire

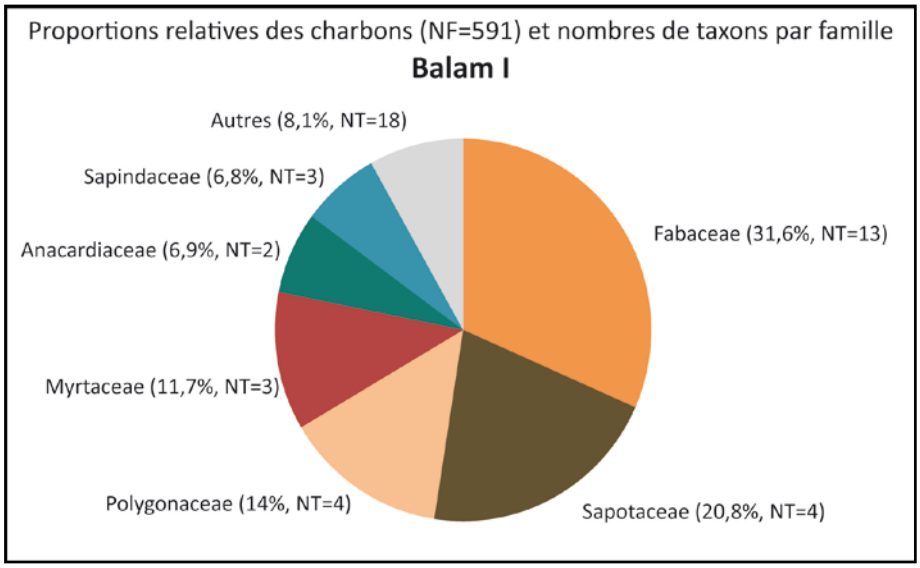


Figure 6.2 Proportions relatives et nombre de taxons (NT) des principales familles dans la phase Balam I.

Le reste de l'assemblage se compose de taxons mineurs, le plus souvent représentés par moins de 1 % des charbons. *Maytenus sp.* (probablement *M. schippi*, Celastracée), *Bunchosia sp.* (Malpighiacée) et *Erythroxylum sp.* sont des arbustes de sous-bois. *Alvaradoa amorphoides* (*palo de hormigas*, Picramniacée) et *Guettarda sp.*, probablement *G. gaumeri* (*siip che*, Rubiacée) sont des arbustes héliophiles pionniers des zones hautes, à quoi on peut ajouter l'identification probable de *Ximenia americana* (*albalche*, Olacacée). *Mosannona depressa* (*elemuy*, Annonacée) ainsi qu'une Lauracée du genre *Licaria* ou *Nectandra* correspondent à des arbres des strates forestières intermédiaires, de même qu'une Burseracée, probablement *Bursera simaruba* (*chakah*). *Semialarium mexicanum* (guaracho, Celastracée) désigne une liane arborescente complètement ubiquiste. *Croton spp.* (Euphorbiacée) et *Diospyros sp.* (Ebenacée) sont majoritairement des arbustes héliophiles pionniers, parmi lesquels plusieurs espèces sont caractéristiques des marais saisonniers. Également typique des forêts basses des marais, *Byrsonima cf. bucidifolia* (*nance agrio*, Malpighiacée) est un arbuste fruitier héliophile, abondant par ailleurs dans les savanes. *Bourreria sp.* (Boraginacée) peut correspondre à plusieurs espèces arborées ou arbustives d'écologie variée. Enfin, *Brosimum alicastrum* (*ramón*, Moracée), un grand arbre de canopée très abondant dans les forêts actuelles des zones hautes, n'est ici représenté que par 0,2 % des charbons.

La distribution des taxons dans les trois contextes présente une bonne cohérence en présence/absence et ordre hiérarchique des taxons. La seule anomalie possible se situe au niveau du contexte 3730, consistant en un niveau de remblai associé à un possible paléosol, l'ensemble étant installé sur la roche-mère. Ici, le spectre est composé pour moitié de charbons de *Piscidia piscipula* (48,6 %), l'autre moitié étant globalement cohérente avec les deux autres contextes de la phase Balam I. Or, dans tous les autres contextes généraux du site, non seulement ce taxon ne dépasse que rarement les 10 %, mais aucun autre taxon, en dehors de *Manilkara sp.* et Sapotaceae qui sont les taxons dominants, n'atteint jamais les 50 % de l'échantillon. La seule autre exception se situe au

niveau du contexte 1872 (phase Muuch) et constitue aussi probablement une anomalie (voir plus avant).

Phase Balam I : 3 contextes - 591 charbons - 47 taxons (3 indéterminés) - 19 familles

L'assemblage de la phase Balam I est riche. Il se compose d'un vaste panel d'essences arborées et arbustives associées aux forêts de zones hautes et aux forêts basses de marais. Une majorité correspond à des taxons pionniers de végétation secondaire. Ces résultats indiquent que différentes formations végétales étaient exploitées par les populations locales. Les essences dominantes sont Manilkara sp.*, grand arbre à croissance lente,* Lysiloma aurita *et* Gymnopodium floribundum*, petits arbres héliophiles de végétation secondaire, ainsi que le taxon valise* Eugenia/Psidium *qui désigne des petits arbres ubiquistes* . Piscidia piscipula *est dominant dans le contexte 3730 (zone résidentielle sud).*

Phase Balam II (350-500/550 apr. J.-C.)

L'assemblage anthracologique de la phase Balam II est très similaire à l'assemblage de la phase Balam I, bien que plus riche. Il se compose de 399 charbons issus de huit contextes du secteur Sud, parmi lesquels 51 taxons différents ont été identifiés, dont un type indéterminé, appartenant à au moins 19 familles. À cela s'ajoutent 7 taxons et 3 familles supplémentaires identifiées dans les prélèvements manuels et les dépôts spéciaux datés de la même phase.

L'ordre hiérarchique des familles est identique à celui de la phase Balam I. Les Fabacées dominent l'assemblage avec 29,6 % des charbons et au moins 14 taxons (Figure 6.3), les mieux représentés étant *Lysiloma aurita* (6,3 % des charbons, présent dans 7 contextes sur 8), *Haematoxylum sp.* (6 % des charbons, 7 contextes) et le taxon valise *Havardia/Pithecellobium* (2,8 % des charbons, 6 contextes). Associé à *Lysiloma aurita* sur les zones hautes, on retrouve l'ensemble de végétation secondaire formé par *Lonchocarpus sp.*, *Piscidia piscipula*, *Enterolobium/Lysiloma sp.*, auquel s'ajoutent les espèces probables *Caesalpinia yucatanensis* (*tak'inche*) et *Lonchocarpus sericeus* (*rosa morada*), cette dernière étant par ailleurs hygrophile. Cet ensemble réunit 6,8 % des charbons et est représenté dans 6 contextes sur 8. On retrouve également *Diphysa cf. carthagenensis*, ainsi qu'un nouveau taxon correspondant probablement à l'espèce *Caesalpinia violacea* (*chaltecoc*), petit arbre de forêt climacique. Présents dans les zones basses, on retrouve *Gliricidia sepium* et le taxon valise *Cojoba/Pithecellobium/Zygia*. Trois nouveaux taxons apparaissent : l'espèce probable *Lonchocarpus guatemalensis* (*palo gusano*) ainsi qu'une espèce probable du genre *Inga*, correspondant à des petits arbres héliophiles et hygrophiles, et une espèce du genre *Albizia* ou *Acacia*, pouvant correspondre aussi bien à des arbres de canopée qu'à des arbustes pionniers.

Tableau 6.2 (ci-après) Assemblage anthracologique de la phase Balam II et formations végétales associées. Chronologie relative des contextes : a = remblai, b = rejets domestiques/dernière occupation.

Balam II			a					b	Total phase		O.S.
	3742	1745	1785	1783	3754	3753	3758	3757			
	P/A	P/A	%	%	P/A	%	%	%	NF	%	P/A
Haematoxylum sp.	X	X	6,7	6,8		7,0	6,7	6,2	24	6,0	
cf. Haematoxylum sp.			4,0	1,1					4	1,0	
Cordia cf. dodecandra											X
Allophylus sp.			2,7	1,1			4,4		5	1,3	
cf. Allophyllus sp.					X				1	0,3	
cf. Exothea sp.				6,8		4,7	4,4		10	2,5	
cf. Thouinia paucidentata	X		1,3	1,1			6,7		7	1,8	
Allophylus sp./Exothea sp./Thouinia paucidentata		X							2	0,5	
Mosannona depressa								1,5	1	0,3	
Erythroxylum sp.								3,1	2	0,5	
cf. Inga sp.			2,7	1,1					3	0,8	
cf. Psychotria sp.2				1,1					1	0,3	
Ardisia sp./Myrsine sp.											X
Brosimum alicatrum	X			1,1					3	0,8	
Brosimum alicastrum/Pseudolmedia sp.				1,1				3,1	3	0,8	
Gliricidia sepium				5,7		2,3			6	1,5	
Gymnopodium floribundum	X		10,7	3,4	X	2,3	6,7	15,4	30	7,5	
Cascabela sp./Thevetia sp.						2,3			1	0,3	
Croton sp.1				2,3					2	0,5	
Croton sp.2						2,3			1	0,3	
Diospyros sp.1					X		6,7		5	1,3	
Cojoba/Pithecellobium/Zygia T1	X								2	0,5	
Lonchocarpus cf. guatemalensis											X
Licaria sp./Nectandra sp.	X			4,5	X				7	1,8	
Havardia albicans/Pithecellobium sp.			4,0	1,1		2,3	4,4	6,2	11	2,8	
Albizia sp./Acacia sp.			2,7						2	0,5	
Eugenia sp./Psidium sp.		X	5,3	10,2	X	11,6	2,2	15,4	34	8,5	
Astronium sp./Metopium brownei	X	X		1,1					4	1,0	
Coccoloba sp.1	X	X	1,3	4,5	X	4,7	2,2	3,1	15	3,8	
Coccoloba sp.2				1,1					1	0,3	
Manilkara sp.	X	X	17,3	20,5	X	30,2	4,4	4,6	71	17,8	
Manilkara cf. sp.2			2,7						2	0,5	
Sapotaceae			2,7	1,1	X		22,2	16,9	26	6,5	
Byrsonima cf. bucidifolia	X							1,5	2	0,5	
Pinus sp.			1,3				2,2	1,5	3	0,8	
Bourreria sp.											X
cf. Olacaceae, cf. Ximenia americana							2,2		1	0,3	
Lonchocarpus sp.			1,3			2,3		3,1	4	1,0	
Lonchocarpus cf. sericeus				1,1			4,4		3	0,8	
Piscidia piscipula			12,0						9	2,3	
Enterolobium cyclocarpum/Lysiloma acapulcensis/L. latisiliquum			1,3	3,4					4	1,0	
Lysiloma aurita	X		2,7	5,7	X	7,0	8,9	10,8	25	6,3	
cf. Caesalpinia yucatanensis		X							7	1,8	
Phyllanthaceae, cf. Astrocasia sp./ cf. Phyllanthus sp.											X
Astronium sp.				2,3					2	0,5	
Astronium sp./Tapirira sp.			4,0						3	0,8	
Diphysa cf. carthagenensis						2,3			1	0,3	
cf. Caesalpinia violacea		X							1	0,3	
cf. Pouteria sapota		X							1	0,3	
Myrcianthes fragrans			2,7						2	0,5	
cf. Myrciaria floribunda	X		6,7	2,3		2,3		1,5	10	2,5	
Maytenus cf. schippii		X		1,1	X		2,2		4	1,0	
cf. Randia armata				1,1					1	0,3	
cf. Randia aculeata											X
Bunchosia sp.											X
Ubiquistes ou indéterminés											
Arecaceae	X							4,6	6	1,5	
Monocotylédones						7,0			3	0,8	
Semialarium mexicanum			1,3				2,2		2	0,5	
Euphorbiaceae	X								2	0,5	
Fabaceae	X		1,3	5,7		2,3	6,7		12	3,0	
Indet T13 (type liane)			1,3			7,0		1,5	5	1,3	
Total (%)	-	-	100	100	-	100	100	100		100	
Total nombre de fragments	29	27	75	88	27	43	45	65	399		
Indéterminables	5	6	4	11	3	7	5	3	44		
Total nombre de taxons	15	10	23	27	10	17	18	17	51		

Proportions (%)

> 30 | 6-9,9
20-29,9 | 3-5,9
10-19,9 | < 3

Ecologie

- Taxons forestiers de zones hautes
- Taxons forestiers de zones basses
- Taxons de savane
- Taxons pionniers / Végétation secondaire

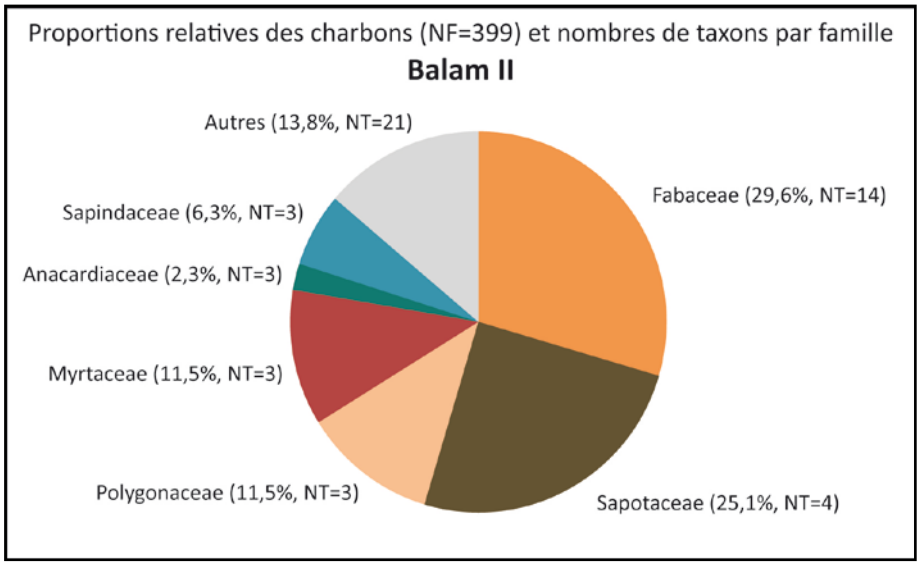


Figure 6.3 Proportions relatives et nombre de taxons (NT) des principales familles dans la phase Balam II.

Les Sapotacées représentent 25,1 % des charbons de l'assemblage. Présent dans tous les contextes, *Manilkara sp.* est le taxon dominant avec au moins 17,8 % des charbons, suivi du taxon Sapotaceae (6,5 % des charbons, 5 contextes). Un deuxième taxon a été identifié comme appartenant au genre *Manilkara*. Il est possible qu'il s'agisse d'une espèce différente, mais les différences anatomiques observées entre ces deux taxons pourraient aussi être dues à des conditions de croissance différentes (voir annexe E). La dernière Sapotacée de l'assemblage, présente dans un seul contexte, correspond probablement à *Pouteria sapota* (0,3 % des charbons), taxon déjà identifié dans la phase Balam I.

La représentation des Polygonacées, des Myrtacées et des Sapindacées n'évolue pas. Avec respectivement 8,5 et 7,5 % des charbons, les taxons *Eugenia/Psidium* et *Gymnopodium floribundum* font de nouveau,partie des taxons dominants de l'assemblage, chacun étant présent dans 7 contextes sur 8. Les deux espèces de *Coccoloba* et l'espèce probable *Myrciaria floribunda* restent également bien représentées avec respectivement 4,1 et 2,5 % des charbons, présents dans 8 et 5 contextes. La Myrtacée *Myrcianthes fragrans* (*guayabillo*), petit arbre des zones hautes, apparait dans un unique contexte. Les Sapindacées *Allophylus sp.* et probablement *Exothea sp.* et *Thouinia paucidentata* représentent 6,3 % des charbons et sont présentes dans 7 contextes sur 8. Les Anacardiacées ne représentent plus, en revanche, que 2,3 % des charbons. Elles sont représentées par trois taxons : *Astronium sp.*, et possiblement *Metopium brownei* et une espèce du genre *Tapirira*.

Parmi les taxons mineurs ou supplémentaires, on retrouve les taxons arbustifs de marais *Erythroxylum sp.*, *Croton spp.*, *Diospyros sp.* et *Byrsonima cf. bucidifolia*, et les taxons arbustifs de zones hautes *Maytenus cf. schippi*, *Bunchosia sp.* et l'espèce probable *Ximenia americana*. D'autres apparaissent, correspondant à des arbustes de sous-bois : trois Rubiacées, probablement les espèces *Randia aculeata* et *R. armata*, ainsi qu'une espèce probable du genre *Psychotria*, et une Primulacée du genre *Ardisia* ou *Myrsine*. L'Apocynacée du genre *Cascabela* ou *Thevetia* désigne des arbustes pionniers héliophiles, de même que la Phyllanthacée du genre *Astrocasia* ou *Phyllanthus*. L'espèce probable

Cordia dodecandra (*siricote*) désigne un arbuste ou petit arbre fruitier qui pousse naturellement dans les forêts basses des marais saisonniers. On retrouve, par ailleurs, les taxons *Mosannona depressa*, *Semialarium mexicanum*, *Bourreria sp.*, *Licaria/Nectandra* et *Brosimum alicastrum*, auquel s'ajoute le taxon *Brosimum alicastrum/Pseudolmedia sp.*, majoritairement arborés. Les espèces du genre *Pseudolmedia* correspondent à des arbres fruitiers des strates forestières supérieures ou intermédiaires. Mentionnons enfin l'apparition dans le spectre de charbons de monocotylédones (0,8 %) et d'Arecacées ou palmiers (1,5 %), ainsi que de charbons de pin (*Pinus sp.*, 0,8 %) dans trois contextes. Absent actuellement dans la région du site, *Pinus caribaea* (pin caribéen) est le seul conifère de basse terre dans l'aire maya. Il s'agit d'une espèce héliophile pionnière caractéristique des savanes, qui peut également se trouver associée à la végétation des marais saisonnier dans certains secteurs (voir Chapitre 2.2.6).

Phase Balam II : 8 contextes - 399 charbons - 51 taxons (1 indéterminé) - 19 familles
Occurrences supplémentaires : 7 taxons - 3 familles

*Lors de la phase Balam II, l'assemblage anthracologique s'enrichit, notamment avec l'apparition de monocotylédones (dont des Arécacées) et d'un conifère (*Pinus sp.*). Il reste néanmoins stable par rapport à la phase Balam I, en termes d'ordre hiérarchique des essences et de représentation des formations végétales. Les taxons dominants sont* Manilkara sp.*, les Sapotacées,* Eugenia/Psidium, Gymnopodium floribudum, Lysiloma aurita *et* Haematoxylum sp.*, et leur distribution est régulière dans les contextes.*

Phase Balam III (500/550-600 apr. J.-C.)

L'assemblage de la phase Balam III comprend 518 charbons provenant de 5 contextes de la zone résidentielle sud. Il compte au minimum 51 taxons différents, dont deux types indéterminés, appartenant à au moins 20 familles. Un seul taxon supplémentaire a été identifié dans un prélèvement manuel.

La famille des Fabacées est à nouveau la mieux représentée, avec au moins 14 taxons différents rassemblant cette fois 41,5 % du total des charbons (Figure 6.4). Taxon dominant de la phase Balam III, *Haematoxylum sp.* y est représenté par 16,8 % des charbons, présents dans 4 contextes sur 5, suivis de *Lysiloma aurita* (8,3 % des charbons, 3 contextes) et des taxons valise *Havardia/ Pithecellobium* (6,6 % des charbons, 5 contextes) et *Enterolobium/Lysiloma spp.* (2,3 % des charbons, 4 contextes). L'ensemble *Lonchocarpus spp. - Piscidia piscipula* représente 1,6 % des charbons, présents dans 3 contextes, à quoi s'ajoutent plusieurs Fabacées mineures présentes dans les phases antérieures : *cf. Inga sp.*, *Swartzia sp.*, *Gliricidia sepium*, *Diphysa cf. carthagenensis* et les taxons valise *Cojoba/Pithecellobium/Zygia* et *Albizia/Acacia*.

Si la proportion globale des Sapotacées est stable dans l'assemblage (22,2 % des charbons, 5 taxons), la représentation des taxons dans les contextes est ici beaucoup plus variable que ce qui est observé dans les deux premières phases d'occupation. Les deux taxons de *Manilkara* rassemblent 11,9 % des charbons et sont présents dans 4 contextes sur 5. Ils représentent jusqu'à 70 % du spectre dans le contexte 1743, qui comprend par ailleurs d'autres charbons de Sapotacées (10,8 %). Le taxon Sapotaceae a été identifié dans tous les contextes et rassemble 8,7 % des charbons. Il faut rappeler ici

que ce taxon inclut certainement des charbons de *Manilkara* passés inaperçus pour des raisons de conservation. C'est probablement ce qui explique que ce taxon soit abondant dans les deux contextes 1780 et 1782, alors que *Manilkara* n'y est que peu ou pas représenté. Deux autres Sapotacées mineures ont été identifiées : l'espèce probable *Pouteria sapota* et probablement l'espèce hygrophile *Pouteria durlandii*.

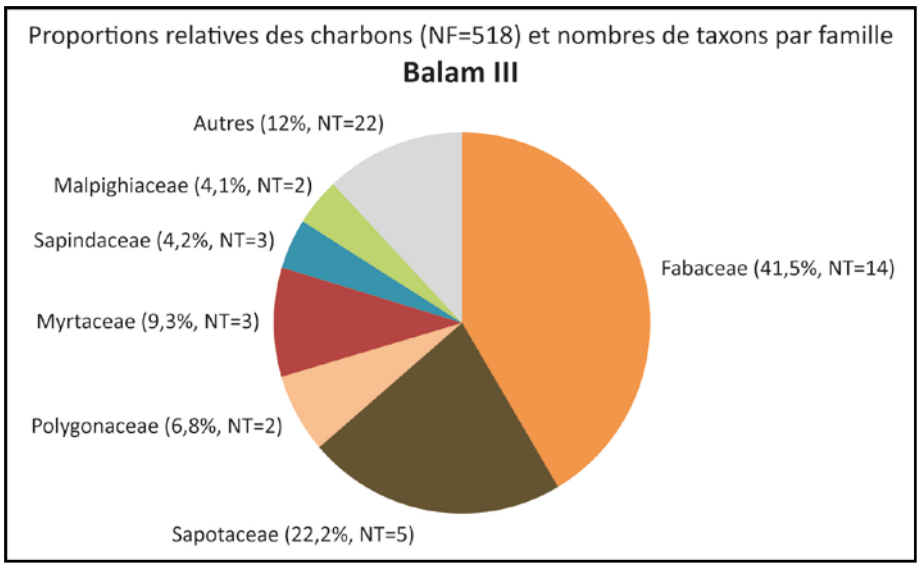


Figure 6.4 Proportions relatives et nombre de taxons (NT) des principales familles dans la phase Balam III.

La Myrtacée *Eugenia/Psidium* (8,1 % des charbons, 4 contextes), les Polygonacées *Gymnopodium floribundum* et *Coccoloba sp.* (6,7 % des charbons, 4 contextes) et les Sapindacées *Allophylus sp.*, *cf. Exothea sp.* et *cf. Thouinia paucidentata* (4,2 % des charbons, 3 contextes) sont encore bien représentées dans l'assemblage. Mais *Gymnopodium floribundum* ne constitue plus un taxon dominant. On retrouve les Myrtacées mineures *Myrcianthes fragrans* et *cf. Myrciaria floribunda*, dont la proportion diminue encore par rapport aux phases antérieures.

La famille des Malpighiacées, essentiellement représentée par *Byrsonima cf. bucidifolia* (3,9 % des charbons, présents dans 2 contextes), constitue la sixième famille de l'assemblage, qui inclut également l'arbuste *Bunchosia sp.* Il est intéressant de constater que le *nance* (*Byrsonima sp.*) est ici associé au pin (*Pinus sp.*) dans les deux seuls contextes où il apparait au sein de cette phase, alors que ces deux taxons se distinguent, parmi l'ensemble des taxons identifiés à Naachtun, par leur double association à la végétation de savane et aux forêts basses des marais. Parmi les 22 taxons mineurs qui composent le reste de l'assemblage, les seules nouveautés sont une Meliacée du genre *Trichilia*, correspondant à des arbres ou arbustes des forêts humides, et une monocotylédone, probablement de la sous-famille des Bambusoidées (Poacées). Les monocotyléones, incluant les Arecacées, rassemblent ici 1,7 % des charbons et sont présentes dans 4 contextes.

Tableau 6.3 Assemblage anthracologique de la phase Balam III et formations végétales associées. Chronologie relative des contextes : a = remblais/occupation, b = rejets domestiques.

	a				b			
Balam III	2761	1782	1780	1779	1743	**Total phase**		O.S.
	%	%	%	P/A	%	NF	%	P/A
Haematoxylum sp.	25,9	1,6	2,4	X		87	16,8	
Cordia cf. dodecandra	0,3					1	0,2	
Allophylus sp.	0,3	1,6	1,2			3	0,6	
cf. Exothea sp.	3,8					12	2,3	
cf. Thouinia paucidentata	1,9					6	1,2	
Allophylus sp./Exothea sp./Thouinia paucidentata	0,3					1	0,2	
Mosannona depressa	0,3					1	0,2	
Erythroxylum sp.	0,3					1	0,2	
cf. Erythroxylaceae, cf. Erythroxylum sp.	0,3					1	0,2	
cf. Inga sp.	0,6					2	0,4	
cf. Pouteria durlandii	1,6					5	1,0	
Swartzia sp.1				X		1	0,2	
Brosimum alicatrum		4,7				3	0,6	
Brosimum alicastrum/Trophis racemosa		1,6				1	0,2	
Gliricidia sepium	0,9					3	0,6	
Gymnopodium floribundum	5,6	3,1	4,8			24	4,6	
cf. Bambusoideae		1,6				1	0,2	
Croton sp.1								X
Croton sp.2		6,3				4	0,8	
Diospyros sp.1	1,9				5,4	8	1,5	
Diospyros sp.2	0,9					3	0,6	
Cojoba/Pithecellobium/Zygia T2	1,3					4	0,8	
Trichilia sp.			1,2			1	0,2	
Licaria sp./Nectandra sp.	0,9					3	0,6	
Havardia albicans/Pithecellobium sp.	6,3	12,5	4,8	X	2,7	34	6,6	
Albizia sp./Acacia sp.			2,4			2	0,4	
Eugenia sp./Psidium sp.	7,5	10,9	12,0	X		42	8,1	
Coccoloba sp.1	2,5		1,2	X		11	2,1	
Manilkara sp.	9,1			X	51,4	51	9,8	
Manilkara cf. sp.2			4,8		18,9	11	2,1	
Sapotaceae	5,3	18,8	14,5	X	5,4	45	8,7	
Byrsonima cf. bucidifolia	5,6		2,4			20	3,9	
Pinus sp.	0,9		1,2			4	0,8	
Gymnosperme		1,6				1	0,2	
Lonchocarpus sp.		4,7	1,2			4	0,8	
Lonchocarpus cf. sericeus			1,2			1	0,2	
Piscidia piscipula			1,2			1	0,2	
Lonchocarpus spp./Pisicidia piscipula	0,3	1,6				2	0,4	
Enterolobium cyclocarpum/Lysiloma acapulcensis/L. latisiliquum	2,5		2,4	X	2,7	12	2,3	
Lysiloma aurita	3,1	21,9	22,9			43	8,3	
Guettarda cf. gaumeri	0,3	1,6				2	0,4	
Astronium sp.	0,3	1,6	1,2			3	0,6	
Diphysa cf. carthagenensis	0,3					1	0,2	
cf. Pouteria sapota	0,3				5,4	3	0,6	
Myrcianthes fragrans					2,7	1	0,2	
cf. Myrciaria floribunda	1,6					5	1,0	
Maytenus cf. schippii	2,2	1,6	2,4			10	1,9	
cf. Randia aculeata	0,3					1	0,2	
Bunchosia sp.			1,2			1	0,2	
Ubiquistes ou indéterminés								
Arecaceae	0,9					3	0,6	
cf. Arecaceae		1,6			5,4	3	0,6	
Monocotylédones	0,3			X		2	0,4	
Semialarium mexicanum	0,3		1,2			2	0,4	
Fabaceae	2,2	1,6	12,0			18	3,5	
Indet T1 (Type Apocynaceae)	0,3					1	0,2	
Indet T13 (type liane)	0,3			X		2	0,4	
Total (%)	100	100	100	-	100		100	
Total nombre de fragments	320	64	83	14	37	518		
Indéterminables	16	9	19	7	5	56		
Total nombre de taxons	38	19	22	10	9	51		

Proportions (%)

> 30	6-9,9
20-29,9	3-5,9
10-19,9	< 3

Ecologie

- Taxons forestiers de zones hautes
- Taxons forestiers de zones basses
- Taxons de savane
- Taxons pionniers / Végétation secondaire

Finalement, que peut-on dire de la nature du remblai 2761 (unité 5N6, zone résidentielle sud) ?

On avait envisagé que les charbons issus du remblai de construction de la structure 5N-6 pouvaient être les vestiges d'une cérémonie effectuée dans le cadre d'une étape de réaménagement architectural du groupe d'habitat, en raison de la présence d'un niveau « d'incendie » sous la pièce O2 de la structure, stratigraphiquement cohérent avec le ce remblai (voir Chapitre 4.5.1). Mais d'une part, le spectre anthracologique du remblai s'avère très différent de celui du niveau d'incendie, indiquant que les charbons du remblai ne sont pas les restes du feu *in situ* adjacent (voir Chapitre 7) : celui-ci a, en effet, été réalisé principalement avec le bois d'une Lauracée du genre *Licaria* ou *Nectandra* qui n'est représentée que par trois charbons (0,9 %) dans le remblai, et secondairement avec des bois de *Manilkara sp.*, de deux Myrtacées (*Eugenia/Psidium* et *cf. Myrciaria floribunda*), *Piscidia piscipula* et *Croton sp.*, ces deux derniers taxons étant complètement absents dans le remblai. Et d'autre part, le spectre du remblai est cohérent avec ceux des autres contextes de la phase Balam III (voir plus avant, analyses multivariées), bien qu'il présente une plus grande proportion de *Haematoxylum sp.*, et également avec ceux d'autres contextes de l'unité 5N6 (voir phase Maax I-II), démontrant ainsi sa « normalité » dans la séquence anthracologique. Sa richesse en taxons apparemment plus importante que celle des autres contextes s'explique en fait simplement par un échantillonnage plus large (320 charbons identifiés dans ce remblai contre 49,5 en moyenne dans les autres contextes). Les charbons de ce remblai semblent donc davantage correspondre à des déchets domestiques accumulés sur le long terme, qui auraient été recyclés pour la construction de la structure 5N-6, comme cela s'observe ailleurs sur le site (Sion, 2016, pp. 321–322). Sans exclure pour autant que cette étape de transition ait été marquée par une cérémonie incluant un usage rituel de déchets domestiques, cela démontre que ce remblai est bien un contexte pertinent dans la séquence anthracologique globale.

Phase Balam III : 5 contextes - 518 charbons - 51 taxons (2 indéterminés) - 20 familles
Occurrences supplémentaires : 1 taxon

L'assemblage de la phase Balam III est en relative continuité avec les phases Balam I et Balam II, dans la représentation des familles et des formations végétales. Mais l'ordre hiérarchique des taxons change : Haematoxylum sp. *devient le taxon dominant (bien que principalement représenté dans le remblai 2761, unité 5N6), suivi de* Manilkara spp.*, du taxon* Sapotaceae*, de* Lysiloma aurita *et des taxons valise* Eugenia/Psidium *et* Havardia/Pithecellobium.

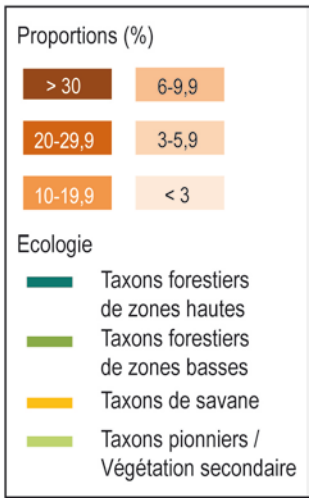
Phase Maax I-II (600-750 apr. J.-C.)

La phase Maax I-II du Classique récent est fortement sous-représentée par rapport aux autres phases chronologiques, tant en nombre de contextes (3) qu'en nombre de charbons (174). Ces contextes se situent dans deux unités résidentielles : l'unité 5N6 et le Patio 6 du Groupe B. 30 taxons différents ont néanmoins été identifiés, dont deux types indéterminés, appartenant à au moins 17 familles (Figure 6.5). 30 taxons supplémentaires, incluant également deux types indéterminés, et 9 familles ont par ailleurs été identifiés dans les prélèvements manuels et les dépôts spéciaux. Ces chiffres élevés sont dus à la richesse des dépôts spéciaux datés de la phase Maax I-II (voir Chapitre 7).

Tableau 6.4 Assemblage anthracologique de la phase Maax I-II et formations végétales associées. Chronologie relative des contextes : a = remblai Maax I-II, b = 1er remblai Maax II, c = 2nd remblai Maax II.

	a	b	c			
Maax I-II	2773	4388	4333	**Total phase**		O.S.
	%	%	%	**NF**	**%**	P/A
Hyperbaena sp.						X
Haematoxylum sp.	13,6	30,6	7,6	**25**	**14,4**	
Cordia cf. dodecandra						X
Bucida buceras			1,3	**1**	**0,6**	
cf. Exothea sp.						X
cf. Thouinia paucidentata						X
Allophylus sp./Exothea sp./Thouinia paucidentata	5,1			**3**	**1,7**	
Mosannona depressa			2,5	**2**	**1,1**	
Erythroxylum sp.		2,8	8,9	**8**	**4,6**	
cf. Inga sp.						X
cf. Pouteria durlandii						X
Dalbergia sp./Swartzia sp.						X
Ardisia sp./Myrsine sp.						X
Ardisia sp./Myrsine sp./Bonellia sp.			1,3	**1**	**0,6**	
cf. Guettarda sp.						X
Brosimum alicastrum/Pseudolmedia sp.						X
Gliricidia sepium						X
Gymnopodium floribundum		8,3	8,9	**10**	**5,7**	
Cascabela sp./Thevetia sp.						X
Croton sp.1						X
Croton sp.2			1,3	**1**	**0,6**	
Diospyros sp.1		2,8		**1**	**0,6**	
cf. Ebenaceae, cf. Diospyros sp.3			1,3	**1**	**0,6**	
Cojoba/Pithecellobium/Zygia T1						X
Licaria sp./Nectandra sp.	1,7			**1**	**0,6**	
Adelia sp./Gymnanthes lucida/ Sebastiania sp.						X
Havardia albicans/Pithecellobium sp.	13,6			**8**	**4,6**	
Albizia sp./Acacia sp.						X
Eugenia sp./Psidium sp.	8,5	8,3	10,1	**16**	**9,2**	
Metopium brownei						X
Coccoloba sp.1	20,3			**12**	**6,9**	
Manilkara sp.	10,2	5,6	25,3	**28**	**16,1**	
Sapotaceae	3,4		5,1	**6**	**3,4**	
Byrsonima cf. bucidifolia	5,1			**3**	**1,7**	
Pinus sp.	1,7			**1**	**0,6**	
Bourreria sp.		2,8		**1**	**0,6**	
cf. Olacaceae, cf. Ximenia americana						X
Lonchocarpus sp.		2,8		**1**	**0,6**	
Piscidia piscipula			1,3	**1**	**0,6**	
Enterolobium cyclocarpum/Lysiloma acapulcensis/L. latisiliiquum						X
Lysiloma aurita	10,2	16,7	2,5	**14**	**8,0**	
Euphorbia sp. (groupe Chamaesyce)						X
Phyllanthaceae, cf. Astrocasia sp./ cf. Phyllanthus sp.						X
Cynophalla sp./Quadrella sp.						X
Guapira sp./Neea sp.						X
Astronium sp.	5,1			**3**	**1,7**	
Dalbergia cf. stevensonii						X
cf. Pouteria sapota			1,3	**1**	**0,6**	
Cymbopetalum sp.			1,3	**1**	**0,6**	
Myrcianthes fragrans		5,6		**2**	**1,1**	
cf. Myrciaria floribunda						X
Maytenus cf. schippii		8,3	17,7	**17**	**9,8**	
Bunchosia sp.						X

Maax I-II (suite)	a 2773	b 4388	c 4333	Total phase		O.S.
	%	%	%	NF	%	P/A
Ubiquistes ou indéterminés						
cf. Arecaceae						X
Monocotylédones						X
Fabaceae		5,6		2	1,1	
Indet T4 (Type Bignoniaceae/ Combretaceae/Sapindaceae, Type Talisia/ Crescentia)	1,7			1	0,6	
Indet T6 (Type Rubiaceae/Salicaceae, Type Prockia/Guettarda)						X
Indet T13 (type liane)			2,5	2	1,1	
Indet T15 (Type Rubiaceae, Type Randia)						X
Total (%)	100	100	100		100	
Total nombre de fragments	59	36	79	174		
Indéterminables	4	4	8	16		
Total nombre de taxons	13	12	17	30		



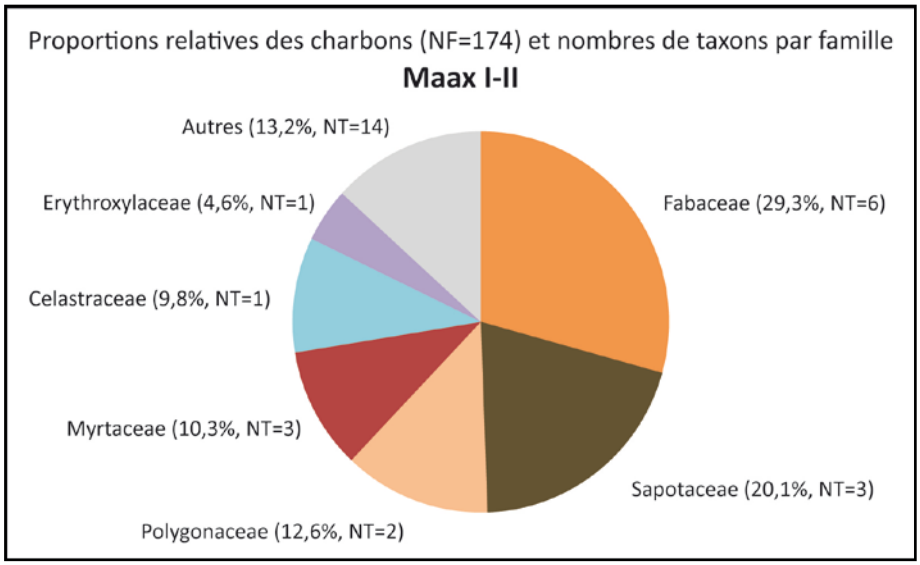


Figure 6.5 Proportions relatives et nombre de taxons (NT) des principales familles dans la phase Maax I-II.

L'assemblage de la phase Maax I-II se rapproche de ceux des phases Balam I, II et III dans la représentation des quatre premières familles (Figure 6.5), les Fabacées (29,3 %, dominées par *Haematoxylum sp.* et *Lysiloma aurita*), les Sapotacées (20,1 %, dominées par *Manilkara sp.*), les Polygonacées (12,6 % avec *Coccoloba sp.* et *Gymnopodium floribundum*) et les Myrtacées (10,3 %, dominées par *Eugenia/Psidium*). Il s'oppose néanmoins à toutes les phases du Classique ancien par la forte représentation de la Celastracée *Maytenus cf. schippi* (9,8 %), associée à *Erythroxylum sp.* (4,6 %, Erythroxylacée). Ces deux taxons sont des taxons mineurs récurrents des assemblages de Naachtun, dès la phase Balam I. Mais ils font ici partie des taxons dominants dans les contextes du Patio 6 (4388 et 4333).

Plusieurs nouveaux taxons apparaissent dans l'assemblage de la phase Maax I-II : *Hyperbaena sp.* (Menispermacée) est un arbuste pionnier hygrophile qui se développe à proximité des zones humides

et dans les forêts basses des marais, de même que la Combretacée *Bucida buceras* (*pukté*) ; une Fabacée du genre *Dalbergia* ou *Swartzia* correspond probablement à une espèce hygrophile ; une Primulacée du genre *Ardisia*, *Myrsine* ou *Bonellia*, correspondant à des espèces arbustives des forêts hautes humides ou basses caducifoliées ; une probable nouvelle espèce du genre *Diospyros* ; une Euphorbiacée du genre *Adelia*, *Gymnanthes* ou *Sebastiania*, petits arbres pionniers héliophiles, et une autre du genre *Euphorbia*, plantes suffrutescentes de végétation secondaire ; une Capparacée du genre *Cynophalla* ou *Quadrella*, arbustes ou petits arbres héliophiles ; une Nyctaginacée du genre *Neea* ou *Guapira*, arbustes de sous-bois ; et enfin, une Annonacée du genre *Cymbopetalum*, arbre des strates forestières intermédiaires.

Phase Maax I-II : 3 contextes - 174 charbons - 30 taxons (2 indéterminés) - 17 familles
Occurrences supplémentaires : 30 taxons (2 indéterminés) - 9 familles

Malgré un échantillonnage restreint, l'assemblage de la phase Maax I-II semble en continuité avec ceux des phases antérieures, en raison de la prédominance de Manilkara sp., Haematoxylum sp., Eugenia/Psidium, Lysiloma aurita *et des Polygonacées* Coccoloba sp. *et* Gymnopodium floribundum. *Il se distingue toutefois par les proportions importantes de* Maytenus cf. schipii *et* Erythroxylum sp. *dans les contextes du Patio 6, indiquant un possible phénomène localisé.*

Phase Maax III (750-830 apr. J.-C.)

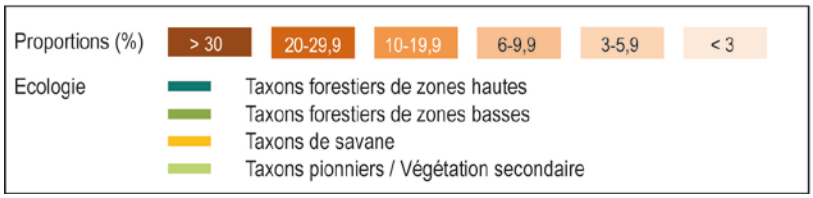
À l'opposé de la phase Maax I-II, la phase Maax III du Classique récent est la mieux représentée à Naachtun, tant en nombre de contextes (13) qu'en nombre de charbons (658). Ces contextes sont majoritairement localisés dans les secteurs Sud et Est, et un contexte se situe dans le secteur Central. L'assemblage anthracologique est riche. Il comprend au moins 60 taxons différents, dont 5 types indéterminés, appartenant à au moins 19 familles. Il faut ajouter 11 taxons, dont 2 types indéterminés, et 6 familles supplémentaires, identifiés dans les prélèvements manuels et les dépôts spéciaux.

L'assemblage de la phase Maax III constitue une rupture par rapport aux phases précédentes. La proportion des Fabacées diminue considérablement (12,6 % des charbons), malgré un nombre de taxons toujours élevé (15) (Figure 6.6). Parmi les anciens taxons dominants, *Haematoxylum sp.*, *Lysiloma aurita* et *Havardia/Pithecellobium* ne sont plus représentés que par 5 %, 1,5 % et 0,3 % des charbons respectivement, bien que le premier soit encore bien distribué (présent dans 7 contextes sur 13). Les Fabacées mineures sont néanmoins toujours présentes : *cf. Inga sp.*, *Swartzia spp.*, *Gliricidia sepium*, *Lonchocarpus spp.*, *Piscidia piscipula*, *cf. Caesalpinia yucatanensis*, et les taxons-valise *Cojoba/ Pithecellobium/Zygia* et *Enterolobium/Lysiloma*. À l'inverse, la proportion des Sapotacées (40,6 %) est à son maximum en phase Maax III. *Manilkara spp.* cumule 26,4 % des charbons et se retrouve dans 12 contextes sur 13, redevenant le taxon dominant de l'assemblage comme dans les phases Balam du Classique ancien. Le taxon Sapotaceae (incluant possiblement d'autres charbons de *Manilkara*) rassemble 14,1 % des charbons issus de 10 contextes, ce à quoi s'ajoute l'espèce probable *Pouteria sapota* (2 % des charbons, 5 contextes).

Tableau 6.5 (ci-après) Assemblage anthracologique de la phase Maax III et formations végétales associées. Chronologie relative des contextes : a = remblai Maax II-III, b = remblais Maax III, c = rejets domestiques mélangés, d = rejets domestiques/occupation.

	a	b						c	d					Total phase		O.S.
Maax III	1871	3738	2723	1935	1855	2404	1851	2131	4252	4242	2563	1976	1763			
	%	P/A	P/A	%	P/A	%	%	%	%	%	P/A	%	P/A	NF	%	P/A
Haematoxylum sp.		X	X	8,9	X			17,3	1,3	1,7				33	5,0	
cf. Haematoxylum sp.													X	3	0,5	
Cordia cf. dodecandra				1,8	X	2,9		2,0	30,8		X			31	4,7	
cf. Exothea sp.			X	1,8					2,6					9	1,4	
cf. Thouinia paucidentata	2,2		X											3	0,5	
Allophylus sp./Exothea sp./Thouinia paucidentata										0,9		2,9	X	9	1,4	
cf. Simira salvadorensis																X
Erythroxylum sp.												10,1		7	1,1	
cf. Inga sp.								2,0						2	0,3	
Swartzia sp.1								2,0						2	0,3	
cf. Swartzia sp.2	2,2													1	0,2	
cf. Swietenia sp.										1,7				2	0,3	
Brosimum alicatrum	2,2	X				11,8	14,0		24,4	17,2				62	9,4	
Brosimum alicastrum/Pseudolmedia sp.	4,3			1,8	X	5,9				2,6	X		X	12	1,8	
Gliricidia sepium	2,2					2,9	7,0							5	0,8	
Gymnopodium floribundum	2,2	X				2,9		3,1		1,7		1,4		9	1,4	
cf. Bambusoideae						2,9								1	0,2	
Cascabela sp./Thevetia sp.																X
Croton sp.1						8,8		1,0						4	0,6	
Croton sp.2																X
Diospyros sp.1				3,6				1,0						3	0,5	
Diospyros sp.2					X							1,4		2	0,3	
Cojoba/Pithecellobium/Zygia T2	2,2													1	0,2	
Licaria sp./Nectandra sp.								1,0						1	0,2	
Adelia sp./Gymnanthes lucida/ Sebastiania sp.					X									1	0,2	
Havardia albicans/Pithecellobium sp.								2,0						2	0,3	
Miconia sp.																X
Eugenia sp./Psidium sp.	2,2			8,9	X	11,8		17,3		0,9		4,3		32	4,9	
Metopium brownei												1,4		1	0,2	
Astronium sp./Metopium brownei				1,8		5,9		3,1					X	8	1,2	
Burseraceae, cf. Bursera simaruba																X
Coccoloba sp.1	4,3			3,6	X	5,9		2,0				1,4	X	11	1,7	
Manilkara sp.	6,5	X	X	44,6	X	5,9		23,5	11,5	16,4	X	62,3	X	155	23,6	
Manilkara cf. sp.2										16,4				19	2,9	
Sapotaceae	34,8		X	14,3	X		62,8	1,0	2,6	27,6	X	4,3		93	14,1	
Byrsonima cf. bucidifolia	6,5	X	X				7,0	1,0	1,3					12	1,8	
Pinus sp.							2,3	1,0	3,8	0,9	X	1,4	X	14	2,1	
Gymnosperme				1,8										1	0,2	
Bourreria sp.												1,4		1	0,2	
Lonchocarpus sp.								1,0						1	0,2	
Lonchocarpus cf. sericeus				1,8	X							1,4		3	0,5	
Piscidia piscipula	2,2					2,9		1,0	6,4					8	1,2	
Lonchocarpus spp./Pisicidia piscipula									1,3					1	0,2	
Enterolobium cyclocarpum/Lysiloma acapulcensis/L. latisiliiquum						5,9				0,9				3	0,5	
Lysiloma aurita					X	14,7		4,1						10	1,5	
cf. Caesalpinia yucatanensis												2,9		2	0,3	
Swartzia guatemalensis								1,0						1	0,2	
Cecropia sp.								1,0						1	0,2	
Euphorbia sp. (groupe Chamaesyce)		X												1	0,2	
Cynophalla sp./Quadrella sp.																X
Alvaradoa amorphoides			X											1	0,2	
Guettarda cf. gaumeri																X
Astronium sp.	4,3				X			1,0	3,8					10	1,5	
Astronium sp./Tapirira sp.		X												1	0,2	
Tournefortia sp.								1,0						1	0,2	
cf. Lauraceae, cf. Aiouea							4,7							2	0,3	
cf. Pouteria sapota		X			X	2,9			9,0	1,7				13	2,0	
Myrcianthes fragrans					X									1	0,2	
cf. Myrciaria floribunda		X	X					3,1					X	6	0,9	
Maytenus cf. schippii			X		X		2,3	1,0		0,9		2,9	X	8	1,2	
Bunchosia sp.						2,9								1	0,2	
cf. Pilocarpus racemosus								1,0						1	0,2	

	a	b						c	d							
Maax III (suite)	1871	3738	2723	1935	1855	2404	1851	2131	4252	4242	2563	1976	1763	Total phase		O.S.
	%	P/A	P/A	%	P/A	%	%	%	%	%	P/A	%	P/A	NF	%	P/A
Ubiquistes ou indéterminés																
Arecaceae																X
Monocotylédones	2,2	X				2,9		2,0	1,3	2,6				9	1,4	
Euphorbiaceae	2,2													1	0,2	
Fabaceae	2,2			5,4				1,0						5	0,8	
cf. Myrtaceae																X
Indet T2 (Type Phyllanthaceae/Rubiaceae)																X
Indet T3 (Type Combretaceae/Lamiaceae /Verbenaceae/ Rhamnaceae, Type Bucida/Krugiodendron)										5,2				6	0,9	
Indet T7 (Type Combretaceae/Fabaceae, Type Combretum/Gliricidia)																X
Indet T8 (Type Moraceae/Cannabaceae)	13,0													6	0,9	
Indet T10 (Type Apocynaceae/Rubiaceae)								1,0						1	0,2	
Indet T13 (type liane)										0,9				1	0,2	
Indet T14 (Type Malvaceae/Primulaceae, Type Theobroma)	2,2													1	0,2	
Total (%)	100	-	-	100	-	100	100	100	100	100	-	100	100		100	
Total nombre de fragments	46	26	29	56	25	34	43	98	78	116	17	69	21	658		
Indéterminables	3	1	2	6	5	4	2	11	11	10		3	3	61		
Total nombre de taxons	19	10	9	13	15	17	7	29	13	17	5	14	9	60		



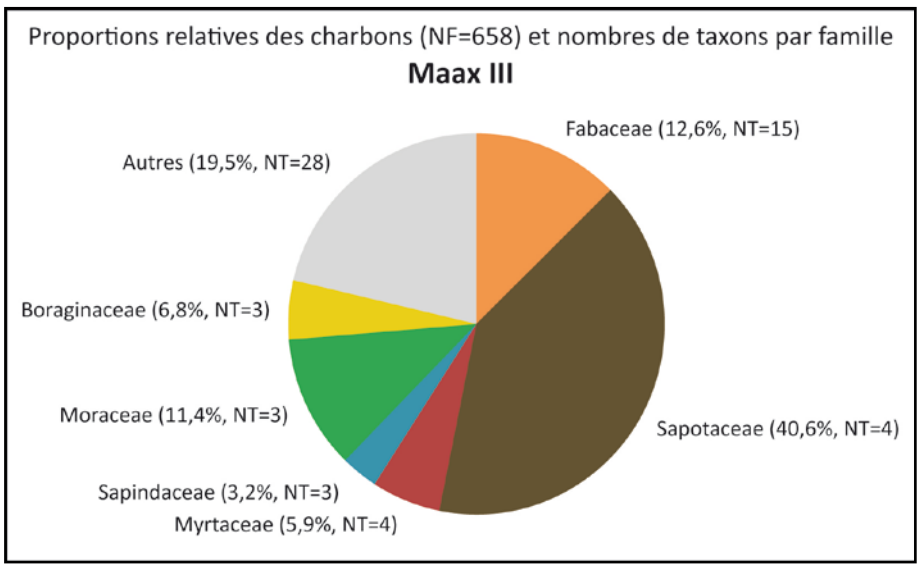


Figure 6.6 Proportions relatives et nombre de taxons (NT) des principales familles dans la phase Maax III.

Mais la phase Maax III se distingue surtout par la forte proportion des charbons de Moracées et de Boraginacées. L'ensemble *Brosimum alicastrum - Pseudolmedia sp.*, présent dès la phase Balam I, constitue à présent le deuxième groupe dominant de l'assemblage. Il rassemble 11,5 % des charbons et se retrouve dans 10 contextes sur 13. Et l'espèce probable *Cordia dodecandra* (*siricote*, Boraginacée)

représente 4,7 % des charbons, présents dans 6 contextes. Sapotacées et Moracées désignent essentiellement des grands arbres de canopée, abondants, voire dominants dans les forêts actuelles des zones hautes, alors que le *siricote* est un petit arbre typique des forêts basses des marais. *Manilkara sp.*, *Pouteria sapota*, *Brosimum alicastrum*, *Pseudolmedia sp.* et *Cordia dodecandra* – et probablement d'autres taxons de Sapotacée également – sont par ailleurs des arbres fruitiers.

Un dernier point notable s'agissant de la phase Maax III réside dans la distribution apparemment plus large de *Pinus sp.* et *Byrsonima cf. bucidifolia*, bien que ce phénomène puisse être dû, en partie, au plus grand nombre de contextes. En effet, outre ses proportions un peu plus élevées (2,1 % des charbons, contre moins de 1 % dans les phases précédentes), le pin est présent dans 7 à 8 contextes sur 13, contre 1 sur 3 en phase Maax I-II, 2 à 3 sur 5 en phase Balam III, et 3 sur 8 en phase Balam II. Et *Byrsonima* est présent dans 6 contextes, contre 1 sur 3 en Maax I-II, 2 sur 5 en Balam III, 2 sur 8 en Balam II et 1 sur 3 en Balam I.

Toutefois, l'assemblage de la phase Maax III présente encore des similitudes avec les phases antérieures. Malgré une nette diminution des proportions des Myrtacées (5,9 %) et des Polygonacées (3 %), celles-ci sont encore assez largement distribuées dans les contextes (présentes respectivement dans 10 et 9 contextes). La représentation des Sapindacées (*Allophylus sp.*, *Exothea sp.*, *Thouinia paucidentata*) et des Anacardiacées (*Astronium sp.*, *Metopium brownei*, *Tapirira sp.*), avec respectivement 3,2 % et 3 % des charbons identifiés dans 7 et 9 contextes, rappelle les phases du Classique ancien. Un autre point de similitude avec les phases anciennes réside dans le retour à de faibles proportions de *Maytenus cf. schipii* (malgré une bonne distribution dans les contextes) et d'*Erythroxylum sp.*, dont la seule occurrence durant cette phase se situe d'ailleurs dans le contexte 1976, précisément dans le Patio 6.

Plusieurs taxons mineurs apparaissent lors de cette phase : une espèce du genre *Miconia* (Melastomatacée), correspondant à des arbustes héliophiles ; *Cecropia sp.* (*guarumo*, Moracée), arbre pionnier de végétation secondaire ; *Tournefortia sp.* (Boraginacée) désigne des espèces lianescentes ou arbustives ; une Rutacée, probablement *Pilocarpus racemosus*, arbuste xérophyte de forêt sèche ; une Meliacée probablement du genre *Swietenia* (*caoba*) ; une Rubiacée, probablement *Simira salvadorensis* (*saltemuch*) ; enfin, une probable Lauracée du genre *Aiouea*.

Phase Maax III : 13 contextes - 658 charbons - 60 taxons (5 indéterminés) - 19 familles
Occurrences supplémentaires : 11 taxons (2 indéterminés) - 6 familles

Des changements importants dans les usages des bois ont lieu lors de la phase Maax III. L'assemblage est dominé par de grands arbres à croissance lente des zones hautes, Manilkara sp. *et* Brosimum alicastrum *en particulier. Associé aux forêts basses,* Cordia cf. dodecandra *est désormais un taxon dominant du spectre. À l'inverse, les arbustes héliophiles qui dominaient les assemblages des phases antérieures, tels que* Lysiloma aurita, Gymnopodium floribundum, Havardia/Pithecellobium *et* Eugenia/Psidium, *sont ici beaucoup moins représentés. Pourtant, les taxons associés à la végétation secondaire sont toujours aussi nombreux, sinon davantage. L'usage du pin semble se généraliser, au moins dans les derniers niveaux d'occupation.*

Phase Muuch (830-950/1000 apr. J.-C.)

L'assemblage anthracologique de la phase Muuch comprend 413 charbons. Ils proviennent de 10 contextes, situés principalement dans le secteur Est, également dans le secteur Sud. Au moins 40 taxons y ont été identifiés, dont un type indéterminé, répartis dans au moins 16 familles. À cela s'ajoutent 37 taxons, dont 6 types indéterminés, et 9 familles supplémentaires, qui ont été identifiés dans les prélèvements manuels et les dépôts spéciaux. Cette richesse complémentaire élevée s'explique par les nombreux dépôts d'abandon qui ont été mis au jour dans cette ultime phase d'occupation. Ces derniers sont exclusivement localisés dans le secteur Est (voir Chapitre 7).

La rupture avec les phases précédentes est encore plus marquée dans la phase Muuch (Figure 6.7). Les taxons les mieux représentés sont *Manilkara sp.* (20,8 % des charbons, sur 22,3 % de charbons de Sapotacées, présent dans tous les contextes), *Pinus sp.* (Pinacée, 17,9 %, 9 contextes), *Byrsonima spp.* (19,3 %, 6 contextes) et *Cordia cf. dodecandra* (6,3 %, 6 contextes). À ces taxons dominants, on peut ajouter le groupe *Brosimum alicastrum* - *Pseudolmedia* sp. - *Trophis racemosa* (Moracées), qui réunit 7,2 % des charbons et se retrouve dans six contextes. *Cordia cf. dodecandra* et les Moracées ont également été identifiés dans les prélèvements manuels qui ont été effectués, en plus, dans le dépotoir 2039 (Tableau 6.7).

La Fabacée *Piscidia piscipula* mise à part, aucun autre taxon n'atteint les 2 % des charbons dans l'assemblage. Les taxons dominants dans les phases anciennes, qui avaient déjà amorcé une nette diminution à la phase Maax III, ne représentent plus qu'une part minime de l'assemblage de la phase Muuch, notamment *Haematoxylum sp.* (1 % des charbons, présent dans 3 contextes), *Coccoloba sp.* (1,9 %, 2 contextes), *Gymnopodium floribundum* (0,7 %, 3 contextes), *Eugenia/Psidium* (0,2 %, un contexte) et *Lysiloma aurita* (1,2 à 1,7 %, présent dans 3 à 4 contextes). Les Fabacées restent néanmoins bien représentées, puisqu'elles comprennent 12 taxons dans les seuls contextes généraux.

On compte 11 nouveaux taxons identifiés (indépendamment des types indéterminés), presque tous apparus dans les prélèvements manuels ou les dépôts spéciaux. Les espèces du genre *Zanthoxylum* (Rutacée) correspondent à des arbres ou arbustes essentiellement associés aux forêts humides. L'Euphorbiacée du genre *Adelia* ou *Sebastiania* désigne un arbuste ou un petit arbre héliophile. Les espèces du genre *Euphorbia* sont le plus souvent des plantes suffrutescentes de végétation secondaire. Les espèces de *Protium* (Burseracée), parmi lesquelles on trouve *P. copal* (*copal*), sont des arbres des zones hautes, de même que la Moracée *Maclura tinctoria* (*mora*). Parmi les Mimosoidées, *Mimosa pigra* (*kuka*) et *Indigofera suffruticosa* (*indigo*) sont des arbustes héliophiles typiques de la végétation rudérale, les espèces d'*Albizia* peuvent être des arbres ou arbustes forestiers ou de savane, et les espèces d'*Acacia* (*subin*) sont des arbustes épineux de végétation secondaire. La Bixacée *Bixa orellana* (*achiote*) est un petit arbre de zones hautes largement cultivé pour ses fruits dans toute l'Amérique centrale.

Tableau 6.6 (ci-après) Assemblage anthracologique de la phase Muuch et formations végétales associées. Chronologie relative des contextes : a = remblais, b = rejets domestiques/occupation.

	a		b										
Muuch	1715	2535	1714	2425	1839	1806	2460	1872	2039	2009	**Total phase**		O.S.
	P/A	%	P/A	%	%	%	%	%	P/A	%	**NF**	**%**	P/A
Haematoxylum sp.	X				1,8		2,4				**4**	**1,0**	
Cordia cf. dodecandra	X	13,2	X			5,5	23,8			2,9	**26**	**6,3**	
Bucida buceras													X
Allophylus sp.													X
cf. Exothea sp.													X
cf. Thouinia paucidentata						3,6					**2**	**0,5**	
Allophylus sp./Exothea sp./Thouinia paucidentata													X
Zanthoxylum sp.													X
cf. Inga sp.													X
cf. Pouteria durlandii													X
cf. Burseraceae, cf. Protium sp.													X
Ardisia sp.													X
Ardisia sp./Myrsine sp.													X
Brosimum alicatrum	X	5,3		X	1,8	7,3					**13**	**3,1**	
Brosimum alicastrum/Pseudolmedia sp.	X					3,6					**4**	**1,0**	
Brosimum alicastrum/Trophis racemosa								13,8			**13**	**3,1**	
Gliricidia sepium													X
Gymnopodium floribundum				X			2,4	1,1			**3**	**0,7**	
cf. Mimosa pigra													X
cf. Bambusoideae													X
Croton sp.2		2,6					2,4				**2**	**0,5**	
Diospyros sp.1						1,8					**1**	**0,2**	
Cojoba/Pithecellobium/Zygia T1					1,8						**1**	**0,2**	
Cojoba/Pithecellobium/Zygia T2						7,3					**4**	**1,0**	
Licaria sp./Nectandra sp.													X
Adelia sp./Sebastiania sp.													X
Adelia sp./Gymnanthes lucida/ Sebastiania sp.													X
Havardia albicans/Pithecellobium sp.	X				7,3						**5**	**1,2**	
Acacia sp. (Vachellia)													X
Albizia sp./Acacia sp.													X
Eugenia sp./Psidium sp.							2,4				**1**	**0,2**	
Metopium brownei						3,6					**2**	**0,5**	
Astronium sp./Metopium brownei							2,4		X		**3**	**0,7**	
Coccoloba sp.1					12,7		2,4				**8**	**1,9**	
Manilkara sp.	X	34,2	X	X	36,4	36,4	23,8	2,1	X	2,9	**86**	**20,8**	
Manilkara cf. sp.2													X
cf. Chrysophyllum sp.													X
Sapotaceae						5,5			X	2,9	**5**	**1,2**	
Byrsonima cf. bucidifolia				X			7,1	66,0	X	11,4	**79**	**19,1**	
Byrsonima cf. crassifolia		2,6									**1**	**0,2**	
Pinus sp.	X	42,1	X		12,7	7,3	19,0	1,1	X	45,7	**74**	**17,9**	
Lonchocarpus sp.				X	5,5						**4**	**1,0**	
Piscidia piscipula						7,3		11,7		5,7	**17**	**4,1**	
Lonchocarpus spp./Pisicidia piscipula				X						2,9	**2**	**0,5**	
Enterolobium cyclocarpum/Lysiloma acapulcensis/ L. latisiliquum	X									5,7	**3**	**0,7**	
Lysiloma aurita					1,8		4,8			5,7	**5**	**1,2**	
cf. Lysiloma aurita			X		1,8						**2**	**0,5**	
cf. Caesalpinia yucatanensis													X
cf. Indigofera suffruticosa													X
cf. Euphorbiaceae, cf. Euphorbia sp.													X
Phyllanthaceae, cf. Astrocasia sp./cf. Phyllanthus sp.													X
Cynophalla sp./Quadrella sp.													X
Alvaradoa amorphoides													X
Guettarda cf. gaumeri				X							**1**	**0,2**	
cf. Albizia sp.													X
Astronium sp.								2,1			**2**	**0,5**	
cf. Maclura tinctoria													X
Diphysa cf. carthagenensis			X				4,8		X		**5**	**1,2**	
cf. Diphysa sp.	X										**1**	**0,2**	
Dalbergia cf. stevensonii													X
cf. Pouteria sapota					1,8						**1**	**0,2**	
cf. Myrciaria floribunda	X				1,8	1,8	2,4				**4**	**1,0**	

	a		b										
Muuch (suite)	1715	2535	1714	2425	1839	1806	2460	1872	2039	2009	**Total phase**		O.S.
	P/A	%	P/A	%	%	%	%	%	P/A	%	**NF**	**%**	P/A
Maytenus cf. schippii	X				3,6	5,5					**7**	**1,7**	
Bunchosia sp.										5,7	**2**	**0,5**	
cf. Bixaceae, cf. Bixa													X
Ubiquistes ou indéterminés													
Semialarium mexicanum													X
Arecaceae				X							**2**	**0,5**	
cf. Arecaceae	X										**1**	**0,2**	
Monocotylédones								1,1			**1**	**0,2**	
Fabaceae Mimosoideae-Caesalpinoideae T1					5,5						**3**	**0,7**	
Fabaceae Mimosoideae-Caesalpinoideae T2													X
Fabaceae	X				1,8	3,6		1,1		2,9	**8**	**1,9**	
cf. Myrtaceae					1,8				X		**2**	**0,5**	
cf. Primulaceae				X							**1**	**0,2**	
Rubiaceae										2,9	**1**	**0,2**	
Indet T2 (Type Phyllanthaceae/ Rubiaceae)													X
Indet T4 (Type Bignoniaceae/Combretaceae/ Sapindaceae, Type Talisia/ Crescentia)													X
Indet T5 (Type Rubiaceae)										2,9	**1**	**0,2**	
Indet T8 (Type Moraceae/Cannabaceae)													X
Indet T11 (Type Fabaceae/Sapindaceae, Type Melicoccus/Talisia)													X
Indet T13 (type liane)													X
Indet T14 (Type Dilleniaceae/Malvaceae/ Primulaceae, Type Curatella/Theobroma)													X
Total (%)	-	100	-	-	100	100	100	100	-	100		**100**	
Total nombre de fragments	24	38	15	28	55	55	42	94	27	35	**413**		
Indéterminables	8	2	4	7	7	11	5	3	3	5	**55**		
Total nombre de taxons	13	6	5	9	15	14	13	9	7	13	**40**		

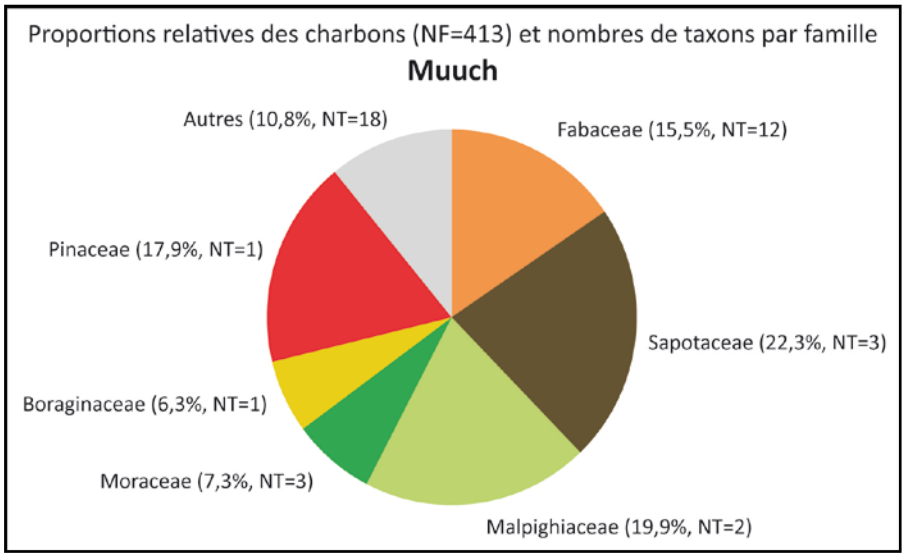


Figure 6.7 Proportions relatives et nombre de taxons (NT) des principales familles dans la phase Muuch.

Au sein de cette phase, le contexte 1872 (Patio 34, Complexe Sud) doit-il être considéré comme une anomalie ?

Dans l'échantillon 1872, la proportion atypique de *Byrsonima* (66 % des charbons) nécessite de s'interroger sur la représentativité de ce contexte, puisque ce taxon ne dépasse jamais 12 % dans les autres contextes du site, toutes phases considérées. Considérant, en plus, les proportions relativement importantes de *Piscidia piscipula* (11,7 %) et du taxon *Brosimum alicastrum* / *Trophis racemosa* (13,8 %), cet échantillon est étonnamment peu diversifié par rapport à ceux des autres zones de rejets domestiques du voisinage (Figure 6.8). Provenant d'une importante accumulation détritique située dans l'angle nord-est du Patio 34, il frappe surtout par l'état même des charbons. Celui-ci est d'une grande homogénéité aussi bien dans la taille des grands fragments que dans leur état de conservation particulièrement bon. Un tel échantillon fait davantage penser à une accumulation brève de déchets, voire à un événement ponctuel (incendie ?), qu'à une accumulation progressive des restes de plusieurs feux domestiques. De tels dépôts produisent généralement des restes beaucoup plus riches et diversifiés, tant d'un point de vue taxonomique que taphonomique.

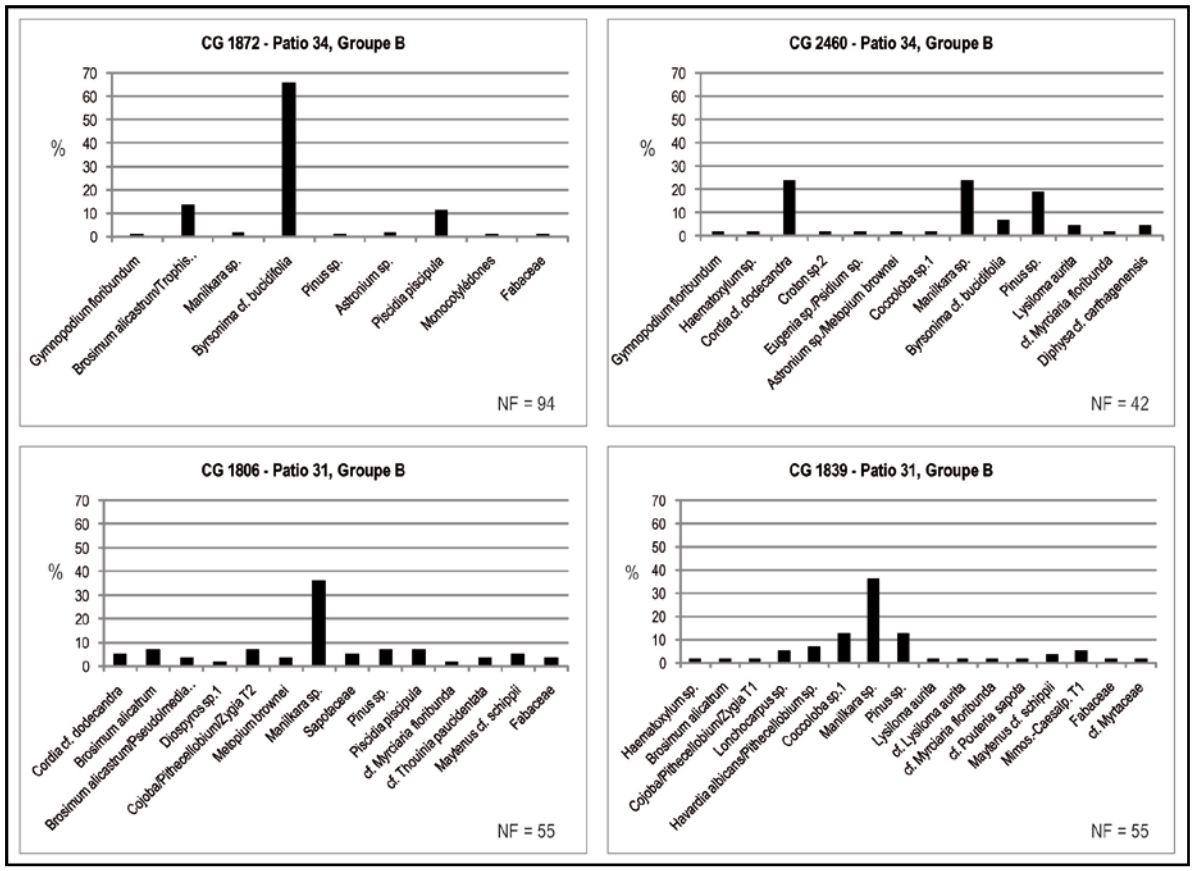


Figure 6.8 Spectres anthracologiques de quatre zones de rejets domestiques des Patios 31 et 34, Groupe B.

Néanmoins, le spectre est cohérent avec l'assemblage de la phase Muuch en termes de présence/absence des taxons (avec l'ensemble *Manilkara-Brosimum-Byrsonima-Pinus*). De plus, d'un point de vue archéologique, le contexte 1872 présente toutes les caractéristiques du dépotoir

domestique (localisation à proximité immédiate des habitats mais à l'écart des zones de passage, abondance de matériels archéologiques divers), et, bien que le Patio 34 n'ait pas été fouillé dans sa totalité, aucune trace d'incendie n'a été détectée dans ce secteur lors de la fouille.

Les tendances qui caractérisent la phase Muuch semblent se confirmer à travers des charbons issus des prélèvements manuels dans certains dépotoirs du Patio 28 (Groupe B), puisque des charbons de *Cordia*, Moracées, *Byrsonima*, *Pinus* et *Piscidia piscipula* y ont été identifiés (Tableau 6.7).

Tableau 6.7 Nombre de charbons identifiés par taxons dans les prélèvements manuels issus des dépotoirs du Patio 28.

	N° échantillons				
	279	**278**	**444**	**1377**	**2039**
Cordia cf. dodecandra					**4**
Brosimum alicatrum				**1**	
Brosimum alicastrum/Pseudolmedia sp.					**7**
Cojoba/Pithecellobium/Zygia T1			14		
Havardia albicans/Pithecellobium sp.					2
Astronium sp./Metopium brownei					1
Manilkara sp.		36	2		44
Sapotaceae	10				14
Byrsonima cf. bucidifolia		**3**	**1**	**4**	**13**
Pinus sp.					**40**
Lonchocarpus sp.	2		2		
Piscidia piscipula		**1**			
Lysiloma aurita			2		
cf. Myrciaria floribunda		2			
cf. Pouteria sapota					1
Total	12	42	21	5	122
Indéterminés		1	2	2	10

Phase Muuch : 10 contextes - 413 charbons - 40 taxons (1 indéterminé) - 16 familles

Occurrences supplémentaires : 37 taxons (6 indéterminés) - 9 familles

Lors de la phase Muuch, les spectres anthracologiques tendent à s'uniformiser. L'usage des bois semble standardisé autour de cinq essences ou groupes d'essences principaux : Manilkara sp., Pinus sp., Byrsonima spp., Cordia cf. dodecandra, *et l'ensemble* Brosimum alicastrum - Pseudolmedia sp. - Trophis racemosa. *Ce phénomène n'est pas restreint au Groupe B, qui concentre la majeure partie des contextes du Classique terminal. Au contraire, il semble généralisé à l'ensemble du site, puisque les trois contextes du secteur Sud présentent une distribution des taxons similaire.*

6.1.3. Analyses multivariées

Les analyses statistiques effectuées visent à comprendre comment les taxons se distribuent dans les contextes archéologiques, en fonction des différentes variables (phase, secteur, unité résidentielle). L'évolution visible des taxons au fil des phases est-elle statistiquement signifiante ? Quels sont les taxons et associations de taxons significatifs de cette évolution ? Des variables autres que chronologiques impactent-elles la distribution des taxons à travers le site ? Dans le corpus

anthracologique, les contextes du Classique ancien sont localisés dans les secteurs ouest, central et sud, ceux du Classique récent se distribuent entre les secteurs central, sud et est, alors que la presque totalité des contextes du Classique terminal se concentre dans le secteur est. Ce schéma, induit par l'histoire même du site, nécessite de s'interroger sur la réalité d'une évolution diachronique des assemblages anthracologiques. Les différences observées entre les assemblages des phases anciennes et ceux des phases récentes ne traduisent-elles pas plutôt des différences spatiales, dans les sources d'approvisionnement en bois par exemple, ou socio-culturelles, entre différentes unités résidentielles ?

Pour répondre à ces questions, l'analyse factorielle des correspondances (AFC) explore la relation entre les taxons (en colonne) et les phases chronologiques (en ligne), en y associant les secteurs du site (lignes supplémentaires).

Préparation des données : les variables

Taxons

La principale contrainte liée aux analyses multivariées, déjà évoquée au Chapitre 3, consiste à réduire le nombre de variables peu représentées, autrement dit, les taxons rares ; cela sans pour autant simplifier les assemblages à outrance, ce qui en limiterait considérablement le potentiel informatif. L'analyse a donc porté sur les taxons et/ou groupes de taxons les mieux représentés d'après leur valeur d'importance relative (IR) dans l'assemblage global, qui permet une meilleure appréciation de l'intensité d'usage de chaque essence (voir Chapitre 3.1.3). On fixe arbitrairement la limite inférieure de la valeur d'importance à 0,30. Cela à deux exceptions près : *Erythroxylum sp.* (IR = 0,15) est pris en compte malgré une IR inférieure à 0,30 car ce taxon est visiblement associé aux contextes de la phase Maax I-II (voir ci-dessus), ce qui encourage à penser qu'il est statistiquement signifiant ; le groupe des Fabacées indéterminées n'est pas inclus malgré son importance (IR = 0,49) car il s'agit d'un groupe trop large et impossible à caractériser, et en raison des recoupements possibles avec les autres taxons de Fabacées.

Certains taxons ont été regroupés de façon à simplifier les analyses. En tout premier lieu, les taxons de même genre, pour lesquels il n'a pas été possible de proposer une identification à l'espèce, sont indiscernables sur le plan écologique et sont donc regroupés : *Manilkara spp.*, *Coccoloba spp.* et *Diospyros spp.* Les deux espèces du genre *Byrsonima*, *B. bucidifolia* et *B. crassifolia*, sont écologiquement et économiquement semblables et sont donc également regroupées en un seul taxon. Le groupe Moracée rassemble les taxons *Brosimum alicastrum*, *Brosimum alicastrum* / *Pseudolmedia sp.* et *Brosimum alicastrum* / *Trophis racemosa*. Ces arbres présentent une cohérence écologique et fonctionnelle, bien que *Trophis racemosa* soit plus associé à la végétation secondaire. De même, les Sapindacées ont été réunies en un seul groupe composé des genres *Exothea*, *Thouinia* et *Allophylus*. Au-delà de leur cohérence écologique et fonctionnelle, ces taxons sont chronologiquement cohérents dans les assemblages, puisqu'ils sont clairement plus abondants dans les contextes du Classique ancien. Les taxons *Lysiloma aurita* et *Enterolobium cyclocarpum* / *Lysiloma acapulcensis* / *L. latisiliiquum* sont réunis en un groupe *Enterolobium* / *Lysiloma*, caractérisant des arbres héliophiles pionniers ou post-pionniers. Les différents taxons de Sapotacées (*cf. Pouteria sapota*, *cf. Pouteria durlandii*, *cf. Chrysophyllum sp.* et indéterminées) ont également été réunis en un seul. Les arbres de cette famille, fruitiers et multi-

usages pour la plupart, sont très cohérents sur le plan écologique. Le taxon *Manilkara spp.* est toutefois maintenu à part compte tenu de son importance relative propre.

D'autres associations de taxons pourraient sembler logiques *a priori*, mais elles sont en fait peu pertinentes. Les Anacardiacées *Astronium sp.*, *Metopium brownei* et *Tapirira sp.*, bien que très proches d'un point de vue anatomique (et donc difficiles à discriminer), ne sont pas cohérentes sur le plan écologique. Si *Astronium sp.* est amplement distribué dans les forêts hautes des Basses Terres, le genre *Tapirira* est clairement associé aux forêts plus humides, alors que *Metopium brownei* est une espèce ubiquiste, très résistante à la sécheresse. De même, il serait réducteur de réunir ici les genres *Lonchocarpus* et *Piscidia*, compte tenu de la diversité écologique des espèces de *Lonchocarpus*.

Finalement, 19 taxons et groupes de taxons ont été inclus dans les analyses. Ces taxons ont été codés pour faciliter la lecture des graphiques (Tableau 6.8).

Tableau 6.8 Codage des taxons et groupes de taxons inclus dans les analyses statistiques et valeur d'importance relative (IR).

Code	Taxons correspondant	IR
Manilk	*Manilkara sp. / Manilkara cf. sp.2*	1,13
Sapot	Sapotaceae indéterminée	0,85
Haema	*Haematoxylum sp.*	0,71
Ent/Lys	*Enterolobium cyclocarpum / Lysiloma spp.*	0,68
Eug/Psi	*Eugenia sp. / Psidium sp.*	0,63
Gym.flo	*Gymnopodium floribundum*	0,60
Cocco	*Coccoloba sp.1 / Coccoloba sp. 2*	0,58
Pinus	*Pinus sp.*	0,56
Sapin	Sapindaceae (*Exothea / cf. Thouinia paucidentata / Allophylus*)	0,56
Mora	Moraceae (*Brosimum / Pseudolmedia / Trophis racemosa*)	0,54
Mayt	*Maytenus cf. schipii*	0,52
Byrso	*Byrsonima cf. bucidifolia / Byrsonima cf. crassifolia*	0,47
Hav/Pit	*Havardia albicans / Pithecellobium sp.*	0,43
cf.Myrci	*cf. Myrciaria floribunda*	0,42
Cordia	*Cordia cf. dodecandra*	0,33
Pisc	*Piscidia piscipula*	0,32
Astro	*Astronium sp.*	0,31
Dios	*Diospyros sp.1 / Diospyros sp.2*	0,30
Eryth	*Erythroxylum sp.*	0,15

Phases

Les échantillons anthracologiques ont été réunis par phase chronologique de façon à obtenir des assemblages quantitativement valides (voir Chapitre 3.2.1). S'agissant des contextes 3730 et 1872, on a vu qu'ils correspondaient à des anomalies au moins quantitatives à l'échelle du site (voir ci-dessus). En effet, des AFC tests incluant ces deux contextes ont montré que leur poids statistique trop important contribue à masquer la structure statistique globale. Ils n'ont donc pas été comptés dans les assemblages des phases Balam I et Muuch, mais sont toutefois inclus dans l'analyse comme variables supplémentaires (en ligne). Rappelons que les variables supplémentaires se placent dans la structure sans contribuer à sa formation.

Secteurs

En parallèle, les échantillons anthracologiques ont été rassemblés par phase dans chaque secteur du site (par exemple : secteur Est-Muuch, secteur Est-Maax III, secteur Sud-Maax III, etc.) ; les secteurs Ouest, Central et Est correspondant respectivement aux Groupes C, A et B, et le secteur Sud correspondant à la zone résidentielle sud. Ces assemblages ont ensuite été injectés dans l'AFC sous forme de lignes supplémentaires, de façon à visualiser leur positionnement par rapport à la structure taxons-phases, tout en évitant la redondance des données. Les contextes 1872 et 3730 sont également exclus de ces assemblages. Précisons qu'à ce stade, les trois phases Balam, qui se sont révélées étroitement associées dans l'AFC (voir ci-après), ont été réunies entre elles (donnant lieu à deux lignes supplémentaires : secteur Ouest-Balam et secteur Sud-Balam) ; cela afin de ne pas alourdir davantage une analyse déjà complexe.

Analyse factorielle des correspondances

L'AFC a été menée à partir du tableau 6.9. Les figures 6.9 à 6.11 présentent les résultats de l'analyse sur les quatre premiers axes F1, F2, F3 et F4 qui cumulent 96,63 % de l'inertie totale (sur un total de 5 axes). Les taxons (en rouge) et les phases (en bleu) sont représentés proportionnellement à leur valeur de contribution. Les lignes supplémentaires sont représentées en vert. L'ensemble des résultats de l'AFC est présenté dans l'annexe F-2. Sur la figure 6.11, seuls les taxons dont la valeur de contribution est supérieure à la moyenne sont représentés.

Tableau 6.9 Tableau de contingence pour l'AFC taxon-phase.

	Astro	Mayt	Eryth	Haema	Hav/Pit	Ent/Lys	Byrso	cf.Myrci	Eug/Psi	Cocco	Gym.flo	Sapin	Manilk	Sapot	Dios	Pinus	Cordia	Mora	Pisc
Muuch	0	7	0	4	5	8	18	4	1	8	2	2	84	6	1	73	26	17	6
Maax III	10	8	7	33	2	13	12	6	32	11	9	21	174	106	5	14	31	71	8
Maax I-II	3	17	8	25	8	14	3	0	16	12	10	3	28	7	2	1	0	0	1
Balam III	3	10	1	87	34	55	20	5	42	11	24	22	62	53	11	4	1	4	1
Balam II	2	4	2	24	11	29	2	10	34	16	30	25	73	27	5	3	0	6	9
Balam I	34	5	1	21	14	56	1	20	46	26	56	33	55	42	2	0	0	1	1
Lignes supplémentaires																			
1872	2	0	0	0	0	0	62	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	13	11
3730	0	0	0	4	3	3	0	2	0	0	0	7	22	3	1	0	0	0	52
Est-Muuch	0	5	0	2	4	7	17	3	1	8	2	2	68	5	1	50	14	8	6
Est-Maax III	6	4	7	7	0	8	6	0	14	8	3	4	79	55	4	2	4	17	2
Est-Maax I-II	0	17	8	17	0	8	0	0	11	0	10	0	22	4	2	0	0	0	1
Ouest-Balam	34	7	3	31	21	73	2	22	64	34	74	43	81	63	7	2	0	3	1
Sud-Balam	5	12	1	102	38	67	22	14	58	19	37	37	114	48	11	5	1	20	10
Centre-Maax III	1	1	0	17	2	4	1	3	17	2	3	0	23	1	1	1	2	0	1
Sud-Maax III	3	3	0	9	0	1	5	3	1	1	3	17	72	37	0	11	25	54	5
Sud-Maax I-II	3	0	0	8	8	6	3	0	5	12	0	3	6	2	0	1	0	0	0
Sud-Muuch	0	2	0	2	1	1	1	1	0	0	0	0	16	0	0	23	12	9	0

L'axe F1 (53,77 % de la variance, Figure 6.9) se définit par l'opposition entre, à gauche, l'étroite association des phases anciennes, Balam I, Balam II, Balam III et Maax I-II, et, à droite, les phases récentes Maax III et Muuch.

Le groupe des phases récentes est corrélé à l'ensemble *Pinus* - Moracées - *Cordia* - *Manilkara* - *Byrsonima* - *Piscidia*. L'axe F2 (20,22 % de la variance, Figure 6.9) indique que la phase Muuch est plus étroitement corrélée à *Pinus* et secondairement à *Byrsonima*, la phase Maax III étant principalement corrélée aux Moracées et à *Manilkara*. *Cordia* et *Piscidia* sont en position intermédiaire entre ces deux phases.

La majorité des taxons restants se trouve corrélée au groupe des phases anciennes. Parmi eux, les taxons *Gymnopodium*, *Enterolobium/Lysiloma* et *Havardia/Pithecellobium* contribuent le plus fortement à l'axe F1. L'axe F3 (15,35 % de la variance, Figure 6.10) divise cet ensemble en deux sous-groupes. Dans le quart supérieur gauche du graphique, le premier associe étroitement les phases Balam I et Balam II aux taxons *Astronium*, *Gymnopodium*, *cf. Myrciaria*, et secondairement à *Enterolobium/ Lysiloma*, *Eugenia/Psidium*, *Coccoloba*, *Croton* et aux Sapindacées. Le second se situe dans le quart inférieur gauche et montre la relation entre les phases Balam III et Maax I-II et les taxons *Haematoxylum*, *Havardia/Pithecellobium*, *Diospyros*, *Maytenus* et *Erythroxylum*.

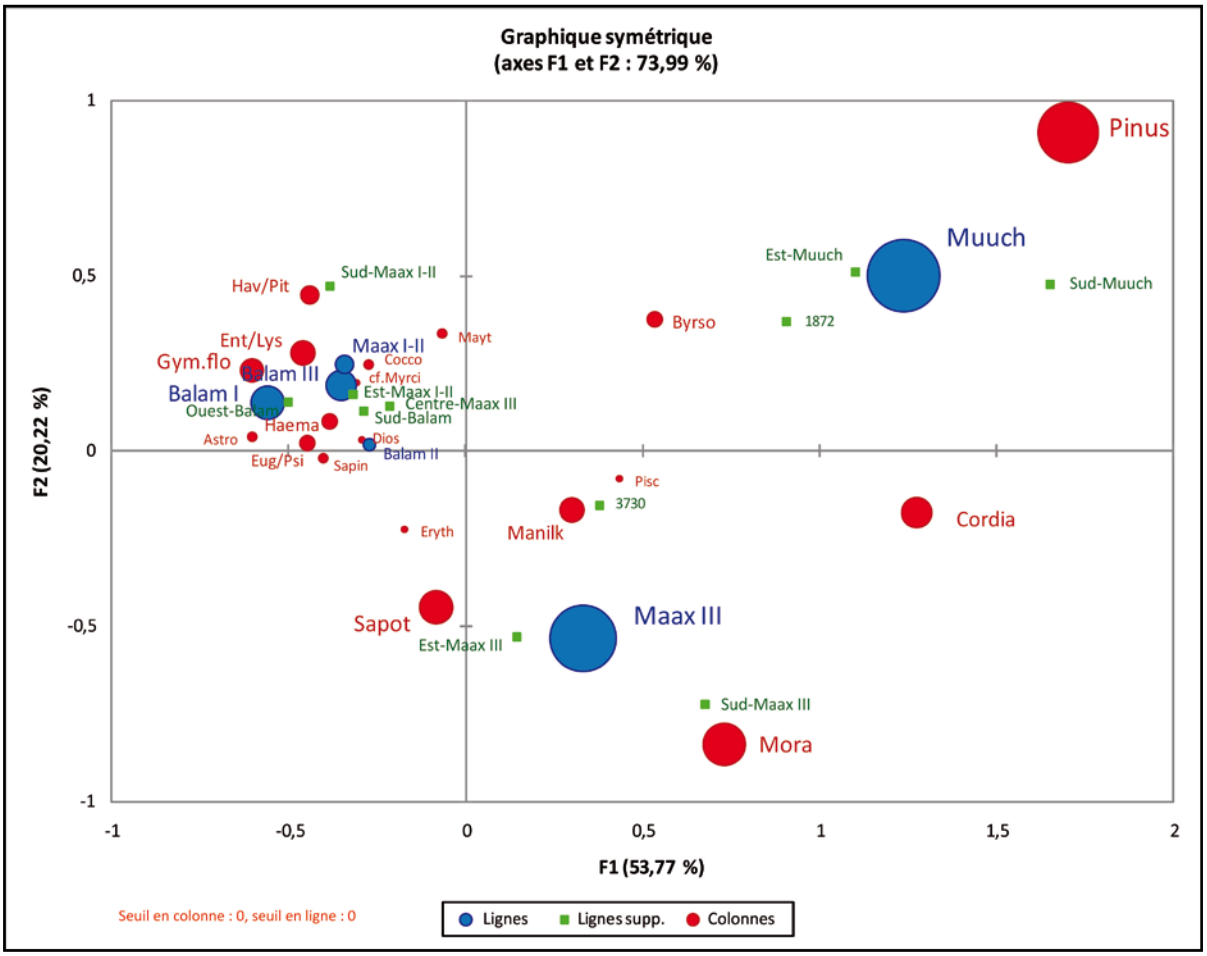


Figure 6.9 Résultats de l'AFC, axes F1 et F2 (73,99 % de la variance).

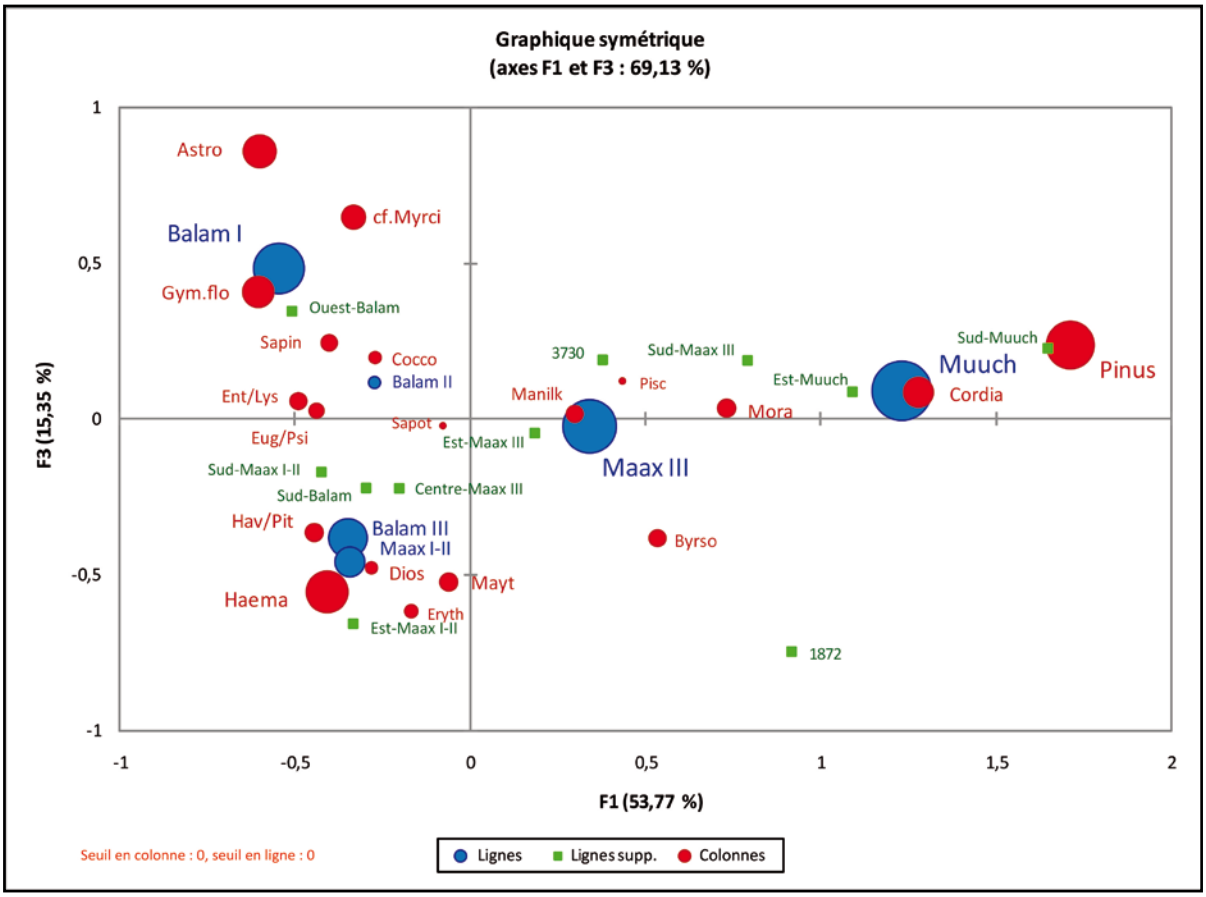


Figure 6.10 Résultats de l'AFC, axes F1 et F3 (69,13 % de la variance).

Les Sapotacées sont toujours en position intermédiaire entre le groupe des phases anciennes et la phase Maax III. Elles sont par ailleurs anti-corrélées à l'association Muuch-*Pinus*.

L'axe F4 (7,28 % de la variance, Figure 6.11) montre enfin que la phase Maax I-II est plus étroitement corrélée à *Maytenus* et *Erythroxylum*.

La structure révélée par l'AFC correspond finalement à une parabole, plus visible sur les axes F1 et F3 (Figure 6.10), qui traduit la sériation chronologique des assemblages anthracologiques. Le caractère déterminant de la variable chronologique est confirmé par la corrélation des assemblages de chaque secteur (lignes supplémentaires) à leur phase d'occupation : sur les axes F1 et F2 (Figure 6.9), les occupations Muuch des secteurs sud et est se placent effectivement dans le quart supérieur droit du graphique, en corrélation avec l'association Muuch-*Pinus* ; les occupations Maax III des secteurs sud et est se placent dans le quart inférieur droit en corrélation avec la phase Maax III ; et les occupations Balam sont associées sur l'axe F1 aux phases Balam.

On constate néanmoins sur l'axe F4 (Figure 6.11), que l'occupation Maax I-II du secteur Sud, qui se situe dans l'unité 5N6, s'associe aux assemblages des phases Balam, alors que l'occupation Maax I-II du secteur est, centrée sur le Patio 6 du Complexe Ouest, se distingue dans le quart inférieur gauche par son association avec *Maytenus* - *Erythroxylum*.

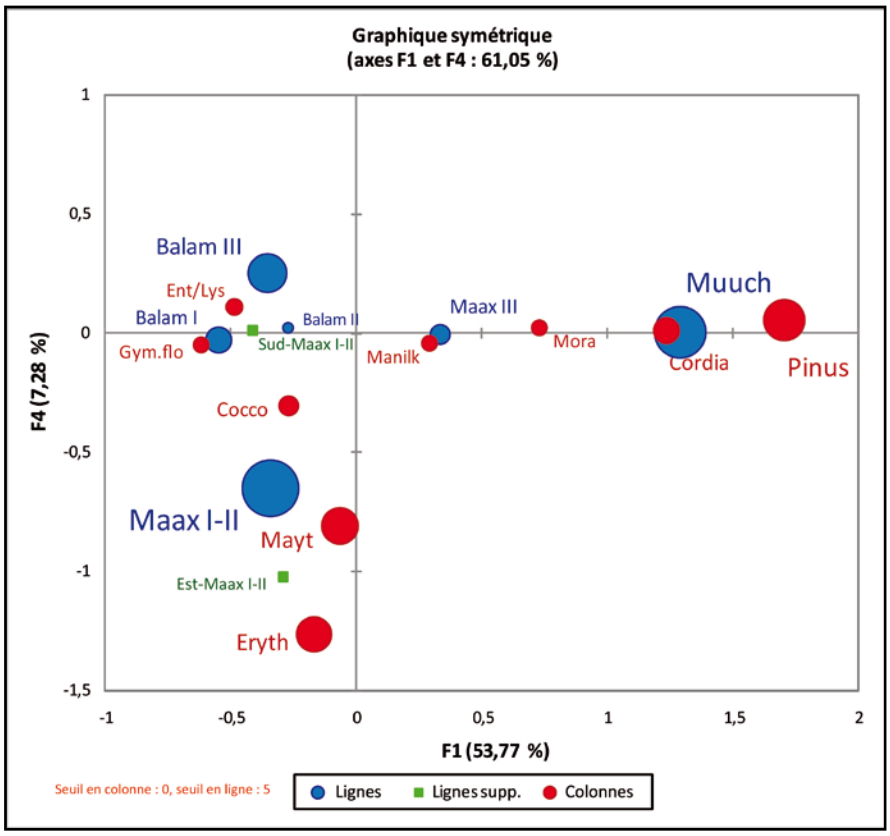


Figure 6.11 Résultats de l'AFC, axes F1 et F4 (61,05 % de la variance).

L'occupation Maax III du secteur central est par ailleurs corrélée aux phases anciennes sur l'axe F1, et non aux phases récentes. Cette corrélation « incorrecte » est très intéressante. Cette occupation correspond en fait à un unique contexte, le dépotoir 2131 du Complexe à enceinte (Groupe A). Malgré le fait que ce dépotoir présentait une composition céramique hétérogène (Balam II à Maax III), il avait tout de même été intégré au corpus, puisque sa formation sur le dernier sol mis en place au Classique récent (phase Maax, faciès indéterminé), permettait de penser qu'il ne représenterait que la dernière occupation du secteur (voir Chapitre 3.2.1 et 4.3.1). Le fait qu'il présente finalement un spectre anthracologique mélangé avec les phases plus anciennes, démontre que la composition céramique peut être un bon indicateur de la durée d'activité représentée dans un contexte, une hypothèse qui avait été posée lors de la sélection des contextes du corpus (voir Chapitre 3.2.1). Cela soulève surtout la question de la formation de cette accumulation détritique, dans laquelle furent visiblement réutilisés des déchets des phases antérieures.

Pour finir, il est intéressant de constater que le contexte 1872 daté de la phase Muuch est correctement associé dans l'AFC au groupe des phases récentes. Il est par ailleurs corrélé à la phase Muuch sur les axes F1 et F2 combinés (Figure 6.9). Cela confirme que, malgré l'anomalie quantitative qu'il constitue, ce contexte est cohérent avec la séquence anthracologique du site en termes d'assemblage taxonomique. Ce n'est pas le cas, en revanche, du contexte 3730, daté de la phase Balam I, qui se trouve associé aux phases récentes. Cette non-concordance démontre que la proportion importante de *Piscidia piscipula* dans ce contexte n'est pas seulement une anomalie quantitative

(potentiellement la conséquence d'un biais taphonomique localisé), mais qu'elle traduit probablement un événement ponctuel ou une activité particulière ayant eu lieu à l'endroit de ce contexte au début de l'occupation du site.

Classification ascendante hiérarchique : caractérisation des associations signifiantes de taxons

La classification ascendante hiérarchique (CAH) regroupe les modalités (ici, les taxons) en fonction de leur niveau de dissimilarité global sur l'ensemble des axes de l'AFC, calculé à partir des coordonnées principales des taxons dans l'AFC (annexe). Elle est représentée par un dendrogramme (Figure 6.12) dans lequel trois groupes de taxons ont été mis en évidence.

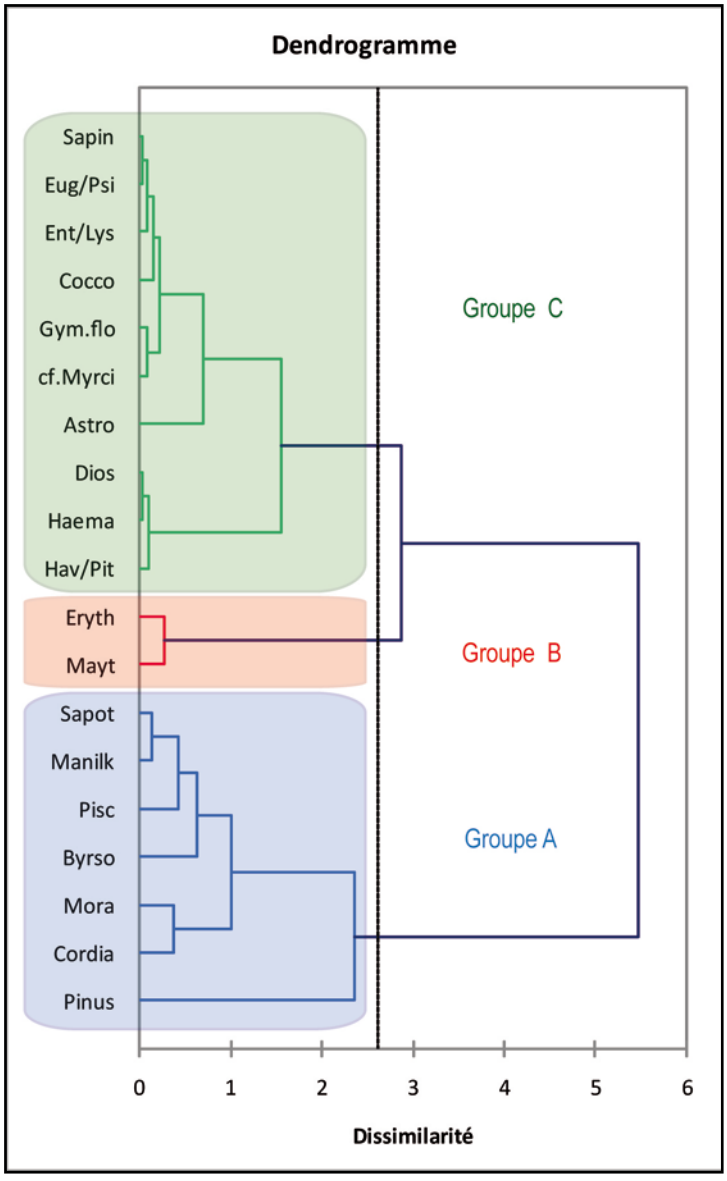


Figure 6.12 Classement hiérarchique des coordonnées des taxons dans l'AFC.

Le groupe A correspond à l'association *Pinus* - *Cordia* - Moracées - *Byrsonima* - *Piscidia* - *Manilkara* - Sapotacées, corrélée aux phases récentes Maax III et Muuch dans l'AFC. D'un point de vue écologique, les Sapotacées, les Moracées, *Manilkara sp.* et *Piscidia piscipula* sont des grands arbres à croissance lente des forêts hautes, amplement répandus dans les forêts actuelles des Basses Terres. *Cordia dodecandra* et *Byrsonima spp.* sont des petits arbres héliophiles à croissance lente, qui poussent naturellement dans les forêts basses sèches et les marais inondables. *Byrsonima spp.* est par ailleurs typique de la végétation de savane avec *Pinus sp.*, arbre héliophile pionnier. D'après les données de l'ethnographie, tous ces taxons ont en commun leur caractère multi-usages. Les fruits comestibles du *nance* (*Byrsonima spp.*), du *siricote* (*Cordia dodecandra*), du *ramón* (*Brosimum alicastrum*), du *manax* (*Pseudolmedia spp.*), du *chicozapote* (*Manilkara zapota*) et de plusieurs espèces de Sapotacées, ainsi que le caractère ornemental du *nance*, du *siricote* et du *habín* (*Piscidia piscipula*), leur valent d'être régulièrement cultivés dans les jardins ou favorisés aux alentours des zones habitées actuelles. Le *ramón* et le *ramón colorado* (*Trophis racemosa*) sont traditionnellement entretenus car leurs fruits et feuillages sont parmi les meilleures sources de nourriture pour les animaux domestiques et sauvages. L'association de ces taxons dans un groupe statistiquement et chronologiquement cohérent pourrait donc caractériser une végétation urbaine ou périurbaine, de type jardin forestier. Par ailleurs, toutes ces essences produisent des bois denses, très prisées de nos jours comme bois d'œuvre dans la construction ou l'artisanat, en particulier le bois très populaire du *siricote*. Ils s'emploient également comme combustibles, et notamment, les bois du *ramón*, du *nance* et du *habín* servent traditionnellement à la fabrication du charbon de bois. Ce groupe est donc triplement cohérent d'un point de vue économique.

Au sein de ce groupe, le pin (*Pinus sp.*) se distingue des autres taxons par son niveau de dissimilarité le plus élevé dans la CAH. Il pourrait même être considéré comme un groupe séparé, si la troncature était placée au niveau 2 de dissimilarité. Définissant clairement la phase Muuch, ce taxon fait exception dans la séquence anthracologique de Naachtun : il est le seul, *a priori*, à ne pas faire partie des formations végétales locales puisqu'il est associé aux savanes ; il est placé en position extrême dans la CAH ; il est associé à un groupe de taxons économiques ressemblant à une végétation urbaine, et non à un groupe de taxons qui caractériserait une formation de type savane ou pinède. Cela laisse déjà entrevoir que sa soudaine importance à Naachtun au Classique terminal n'est probablement pas due au hasard des changements progressifs de végétation qui auraient pu rendre cette essence accessible localement, mais qu'elle est plus certainement liée à un phénomène économique. De nos jours, son bois sert principalement de matériau de construction. Traditionnellement, il s'utilise également sous forme de baguettes de bois riches en résine qui servent aux démarrages de feu. Et sa résine odorante entre dans la composition des encens traditionnels.

Le groupe B associe les taxons *Erythroxylum sp.* et *Maytenus cf. schippii*, dont on a vu qu'ils étaient corrélés à la phase Maax I-II sur l'axe F4 de l'AFC. Or cette corrélation est liée, en réalité, au Patio 6, où se situent deux des trois contextes de cette phase (contextes 4388 et 4333, Tableau 6.4). D'ailleurs, *Erythroxylum* est également important dans le contexte 1976 de ce même Patio 6, daté de la phase Maax III (Tableau 6.5). Le troisième contexte Maax I-II, localisé dans l'unité 5N6 (2773), est quant à lui corrélé aux phases Balam du Classique ancien. Ce groupe de taxons ne définit donc pas une phase

d'occupation, mais bien une unité résidentielle, un résultat qui sera confirmé par l'examen des contextes spéciaux dans le chapitre suivant (voir Chapitre 7).

Ces deux taxons désignent des arbustes ou petits arbres des forêts semi-humides ou plus sèches de la moitié septentrionale de la péninsule. Certaines espèces d'*Erythroxylum* peuvent aussi se trouver dans les forêts basses des marais saisonniers. Au contraire du groupe A, ces arbres n'ont pas d'autre usage connu ou potentiel que leur bois dense comme combustible ou comme bois d'œuvre.

Le groupe C rassemble tous les autres taxons (*Sapindaceae*, *Eugenia/Psidium*, *Enterolobium/ Lysiloma*, *Coccoloba*, *Gymnopodium*, *cf. Myrciaria*, *Astronium*, *Diospyros*, *Haematoxylum* et *Havardia/ Pithecellobium*). Il est corrélé aux trois phases Balam et à la phase Maax I-II. Le faible niveau de dissimilarité existant entre ces taxons révèle l'homogénéité qui existe dans les assemblages des phases anciennes. Plusieurs de ces taxons peuvent désigner de nombreuses espèces aux écologies variées, notamment les taxons-valise *Havardia/Pithecelobium* et *Eugenia/Psidium*, de même que les *Coccoloba* et les *Diospyros*. Et la plupart peuvent être présents sur les zones hautes comme dans les marais. Ils ont néanmoins presque tous en commun des arbustes ou petits arbres héliophiles de forêts moyennes et basses sub-pérennes et sub-caducifoliées, abondants dans les stades secondaires et les zones ouvertes. Dans les forêts du Campeche et du Quintana Roo, certaines espèces de *Coccoloba* et *Myrciaria floribunda* sont aussi abondantes dans les stades secondaires que climaciques. *Lysiloma spp.* et *Gymnopodium floribundum* sont des espèces pionnières. Cette dernière est particulièrement xérophyte, de même que les Myrtacées *Eugenia* et *Psidium*, ainsi que *Havardia*, *Haematoxylum*, plusieurs espèces de *Coccoloba* et la Sapindacée *Thouinia paucidentata*. Certains taxons peuvent toutefois correspondre à des arbres de canopée. Le *guanacaste* (*Enterolobium cyclocarpum*) est un grand arbre des forêts sèches, ou bien une espèce pionnière dans les zones perturbées des forêts plus humides. Le *jobillo* (*Astronium spp.*) est également un grand arbre de canopée de stade climacique ou secondaire.

Haematoxylum, *Diospyros* et *Havardia/Pithecelobium* présentent un niveau de dissimilarité très faible. Ces taxons ont en commun de présenter des espèces correspondant à des arbustes et petits arbres abondants dans les forêts basses des marais saisonniers. Sont également présents dans les forêts de marais, *Gymnopodium floribundum* (dominant dans les marais perturbés), certaines espèces d'*Eugenia* et de *Coccoloba*, ainsi que les Sapindacées *Thouinia paucidentata*, *Exothea diphylla* et *Allophylus cominia*. Cette association secondaire est corrélée aux phases Balam III et Maax I-II sur les axes F1 et F3 de l'AFC. Or cela s'explique principalement par des proportions plus importantes de *Haematoxylum* dans deux unités résidentielles : l'unité 5N6 (contextes 2761 et 2773) et le Patio 6 (contextes 4388 et 4333) (Tableaux 6.3 et 6.4). Les proportions de *Haematoxylum* n'augmentent pas, en revanche, dans le reste de la zone résidentielle sud (contextes 1782, 1780 et 1742) lors de ces phases. Il est donc difficile ici de statuer sur la signification chronologique de cette association, qui pourrait tout aussi bien être liée au facteur spatial (proximité du marais nord).

Enfin, le relatif isolement de *Astronium sp.* par rapport aux autres taxons de ce groupe est dû à ses proportions plus importantes dans le contexte 3920 de la phase Balam I, sans que cela n'apparaisse pour autant comme une véritable anomalie à l'échelle du site. À nouveau, le manque de contextes dans cette phase ne permet pas de trancher sur le caractère global ou ponctuel, chronologique ou spatial de ce phénomène.

D'un point de vue économique, à l'instar du groupe B, la majorité de ces taxons ne présente que peu d'usages autres que l'exploitation du bois comme combustible ou bois d'œuvre, d'après les données de l'ethnographie. Notons toutefois que le duramen du *jobillo* est un matériau privilégié dans l'artisanat. Les potentiels fruitiers représentés sont *Psidium guayava* (goyave), *Diospyros digyna* (zapote noir) et *Allophylus cominia* (*ix baach*).

On a finalement ici un groupe composé d'un grand nombre de taxons qui présentent une forte homogénéité statistique, doublée d'une importante mixité écologique (zones hautes / zones basses et forêts climaciques / végétation secondaire). À ce stade de l'analyse, on peut donc supposer que ce groupe C représente le tout-venant, indistinctement issu d'un ensemble de boisements semi-ouverts, relativement secs ou perturbés, présents dans l'environnement du site sur les zones hautes et dans les marais saisonniers.

6.1.4. Synthèse : la séquence anthracologique

Dans les sections précédentes, nous avons présenté en détail les données anthracologiques. La comparaison des échantillons entre eux et les analyses statistiques ont permis de distinguer les phénomènes globaux qui traduisent une véritable évolution dans les usages des bois, des phénomènes localisés, qui relèvent probablement de pratiques spécifiques ou d'événements ponctuels. Le diagramme anthracologique (Figures 6.13 et 6.14, taxons mineurs) fait la synthèse des observations précédentes. Il permet ainsi de visualiser la sériation chronologique mise en évidence via les analyses statistiques. Cette sériation (Annexe F-3) s'accompagne d'au moins un phénomène potentiellement cyclique, qui se manifeste dans les variations des proportions de *Manilkara sp.*

Evolution des associations de taxons

L'association Polygonacées - Fabacées - Myrtacées - Sapindacées et, secondairement, *Astronium sp.*, correspond à l'association initiale de la séquence. Ce groupe domine l'assemblage des quatre premières phases d'occupation, diminue fortement dans la phase Maax III et disparait presque complètement dans la phase Muuch. Parmi les taxons mineurs, certains suivent une évolution similaire dans le diagramme et semblent donc compléter cette association, tels que *Licaria/Nectandra*, *Semialarium mexicanum*, ou encore les Rubiacées et les Euphorbiacées, bien que ces dernières présentent une distribution plus homogène. L'abondance de *Manilkara* et des Sapotacées dès les phases anciennes renforce l'image d'une végétation forestière semi-ouverte à cette période, mêlant des arbres de forêts climaciques (Sapotacées, Sapindacées, Anacardiacées, Fabacées, Polygonacées, Myrtacées, Lauracées) à des arbres et arbustes de végétation secondaire (Fabacées, Polygonacées, Myrtacées, Euphorbiacées, Rubiacées).

Un changement radical se produit au cours du Classique récent, entre les phases Maax I-II et Maax III. La phase Maax III peut être considérée comme une phase de transition, au cours de laquelle l'assemblage initialement dominant commence à disparaitre au profit de taxons multi-usages – *Pinus*, *Cordia*, *Byrsonima*, des Moracées (dominées par *Brosimum alicastrum*) et, dans une moindre mesure, de *Piscidia piscipula*. Les proportions de ces taxons augmentent en effet fortement par rapport aux phases anciennes où ils ne sont que très peu représentés, mais néanmoins présents (exception faite du cas particulier de *Piscidia piscipula* dans la phase Balam I). En parallèle, les Sapotacées, *Manilkara* compris,

atteignent leur maximum lors de cette phase. Cela explique leur association au groupe A des taxons dans la CAH, malgré leur proximité systématique du centre du graphique quels que soient les axes considérés dans l'AFC, ce qui indique que leur distribution dans les échantillons est, en fait, relativement constante.

Ce phénomène de rupture atteint son paroxysme lors de la phase Muuch, la plus distincte sur l'AFC, qui est principalement marquée par la forte augmentation de *Pinus* et par la diminution des Sapotacées. *Manilkara sp.* reste cependant un taxon dominant du spectre. On a vu que les proportions très importantes de *Byrsonima* dans l'assemblage de la phase Muuch étaient dues en grande partie au contexte 1872 (dont le spectre taxonomique est néanmoins cohérent avec celui de la phase Muuch). Mais l'augmentation de *Byrsonima* dans les phases récentes est pourtant réelle. Elle s'observe en particulier par sa plus grande distribution dans les contextes (Tableau 6.6). Cela se confirme dans les dépotoirs et le niveau d'occupation du Patio 28, échantillonnés manuellement lors des campagnes 2011, 2012 et 2013, puisque la majorité a livré des charbons de *Byrsonima* (Tableau 6.7).

Dans ce schéma général, des variations dans les usages des bois ont lieu au cours des phases Balam III et Maax I-II. *Haematoxylum* augmente dans deux unités résidentielles, l'unité 5N6 et le Patio 6, alors que les proportions globales de *Manilkara* atteignent leur point le plus bas dans la séquence. Parallèlement, l'assemblage du Patio 6 (phases Maax I-II et Maax III confondues) est marqué par l'association *Erythroxylum - Maytenus*. La spécificité de cette unité résidentielle se voit également dans l'assemblage des taxons mineurs (Figure 6.14), où certains taxons particulièrement rares ailleurs à Naachtun (*Mosannona depressa*, *Cymbopetalum sp.*, *Myrcianthes fragrans*, *Bucida buceras*, *Bourreria sp.*) viennent se substituer ici à d'autres, notamment aux Fabacées (Papilionoidées, Mimosoidées et Caesalpinoidées) qui semblent connaître un hiatus lors de la phase Maax I-II.

On se trouve finalement face à une séquence anthracologique bipartite, où s'opposent un assemblage ancien (Balam I - Maax I-II), dont la cohérence principale est écologique, à un assemblage récent (Maax III / Muuch), dans lequel cette cohérence écologique se perd au profit d'une cohérence économique

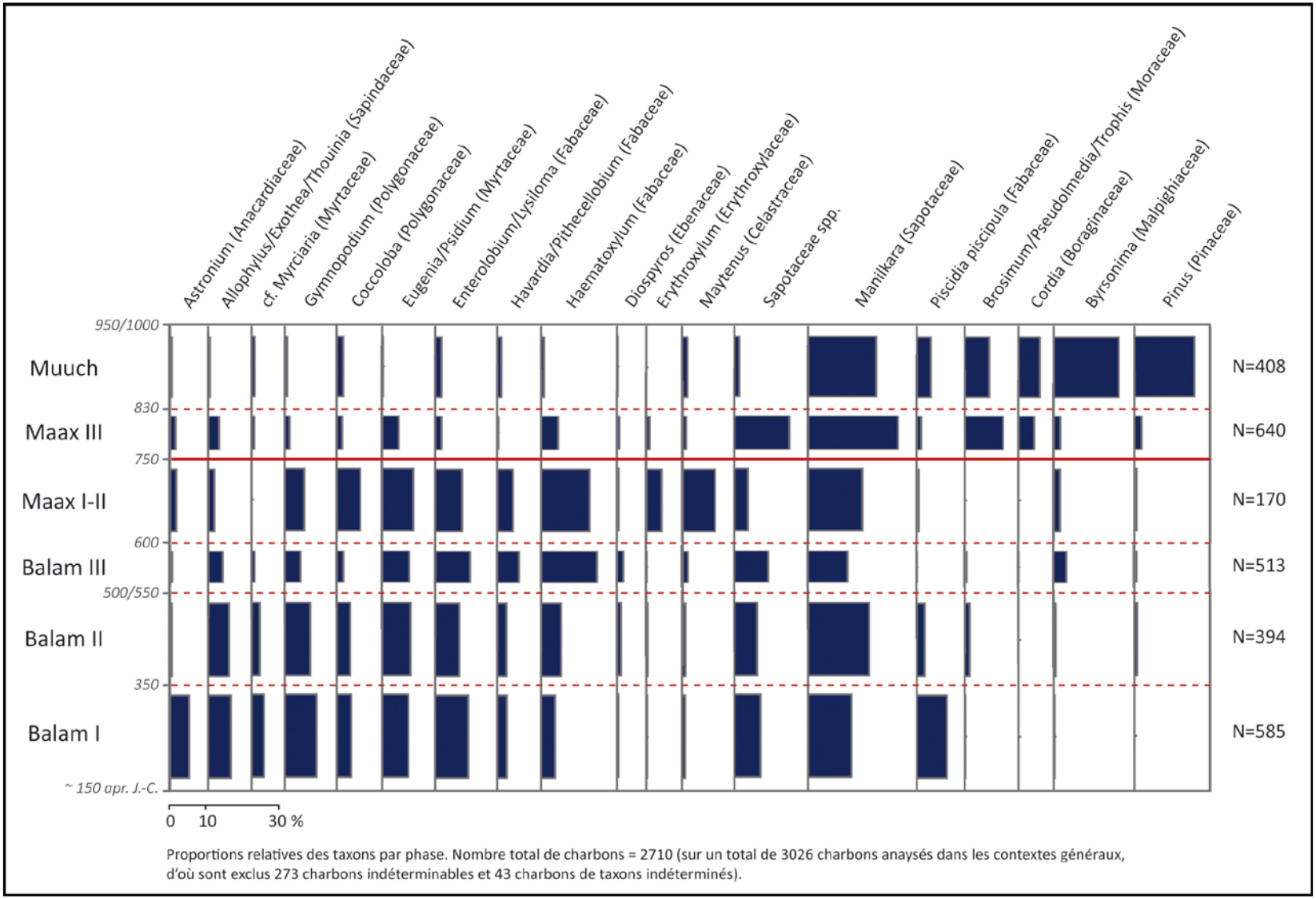


Figure 6.13 Proportions relatives des taxons et groupes de taxons majeurs inclus dans les analyses multivariées par phase chronologique.

Proportions relatives des taxons par phase. Nombre total de charbons = 2710 (sur un total de 3026 charbons anaysés dans les contextes généraux, d'où sont exclus 273 charbons indéterminables et 43 charbons de taxons indéterminés).

Figure 6.14 Proportions relatives des taxons et groupes de taxons mineurs par phase chronologique.

Contribution relative des types de végétation et cohérence écologique

Cette évolution se manifeste d'autant plus clairement lorsque l'on analyse la contribution relative des différents types de végétation aux assemblages, calculée selon une méthode adaptée de celle de Dotte-Sarout (2010) (voir Chapitre 3.2.2). Si l'on s'intéresse aux trois principaux types de végétation les plus probablement représentés dans les associations signifiantes de taxons d'après les analyses statistiques (soit les forêts de zones hautes, les forêts basses de marais, et les forêts secondaires), on constate que les quatre premières phases affichent une bonne cohérence entre proportions de taxons, proportions d'occurrences et proportions de charbons associées à chacun des trois types de végétation (Figure 6.15). L'usage relatif des boisements (exprimé par les proportions de charbons et leur distribution dans les contextes ou occurrences) semble proportionnel à leur représentation dans l'assemblage en termes de richesse relative (exprimée par le nombre de taxons). Cela est particulièrement flagrant pour la végétation secondaire de zones hautes, au moins durant les trois phases Balam du Classique ancien : un peu plus de la moitié des taxons des zones hautes présents dans le spectre correspond à des essences de végétation secondaire ; et la végétation secondaire des zones hautes fournit, *a priori*, un peu plus de la moitié des combustibles issus des zones hautes. Cela suggère que l'exploitation des différents types de boisements est fonction de leur importance relative dans l'environnement, un argument en faveur d'une collecte des combustibles locale et opportuniste.

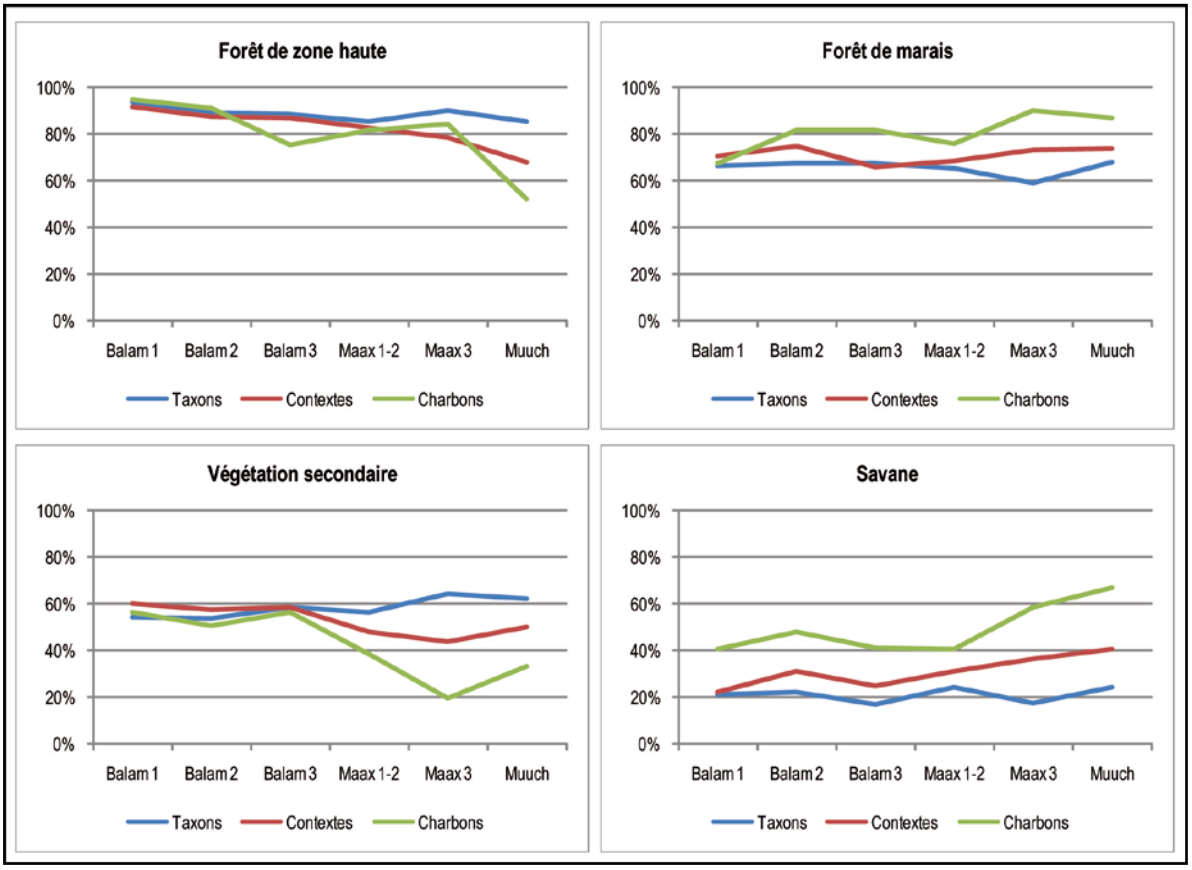


Figure 6.15 Évolution des proportions des taxons, des occurrences et des charbons associés aux différents types de végétation. D'après la méthode de calcul des contributions relatives des formations végétales de Dotte-Sarout 2010.

En revanche, de plus grands écarts s'observent à l'intérieur des deux phases récentes Maax III et Muuch, entre proportions de taxons (qui restent étonnamment stables dans tous les types de végétation), proportions d'occurrences et proportions de charbons associées à chaque formation. L'usage relatif des essences n'étant plus en accord avec la richesse relative des formations végétales auxquelles elles sont associées (e.g. les boisements secondaires sont exploités dans des proportions très inférieures à leurs richesse relative dans les assemblages), il apparaît que des facteurs autres que l'importance relative des types de végétation dans l'environnement sont désormais plus nettement impliqués dans l'exploitation des combustibles, ce qui permet de supposer un usage sélectif de certaines essences.

• *Un large panel d'essences arborées et arbustives associées aux forêts des zones hautes et aux forêts de marais a servi de combustibles durant toute l'occupation du site.*

• *La phase initiale (Balam I-Maax II) est marquée par une association écologiquement mixte (forêts de zones hautes / forêt de marais inondables, végétation climacique / végétation secondaire).*

• *La phase finale (Maax III-Muuch) est marquée par une association de taxons multi-usages et peut-être en partie exogène.*

6.2. Essai d'interprétation de la séquence anthracologique

Notre étude porte sur l'économie des bois dans un contexte urbain dont l'occupation s'étend sur au moins 800 ans au cours du premier millénaire. La déforestation fut sans conteste un passage obligé pour l'expansion des terres cultivées à mesure que s'accroissait la population. Or le bois était un élément essentiel de l'économie de subsistance. Il servait avant tout aux activités domestiques quotidienne (cuisson des aliments) (Abrams et Rue, 1988; Lentz et al., 2015), mais aussi à la cuisson des céramiques, à la production de la chaux indispensable à l'architecture (Hansen et al., 2002; Wernecke, 2008), ainsi que comme matière première dans la construction et l'artisanat. Mais au-delà de l'approvisionnement en combustible et en matière première, la préservation d'espaces forestiers proches était certainement un enjeu économique et écologique majeur pour le maintien et l'acquisition d'un ensemble de ressources végétales et animales sauvages, qui représentaient une part importante du régime alimentaire des anciens Mayas (White, 1999). La pression démographique sur les forêts devait donc être extrêmement élevée et multiforme (Wiseman, 1983). Et celle-ci aura certainement culminé à Naachtun durant la seconde moitié du Classique récent, au moment où la population atteint son apogée. Dans un tel contexte socio-environnemental, on peut légitimement s'attendre à ce que les habitants de Naachtun aient élaboré diverses stratégies dans la recherche d'un équilibre entre l'expansion des cultures et la préservation des boisements.

La discussion adopte une approche diachronique qui se structure autour des deux phases principales mises en évidence dans la séquence anthracologique : la phase initiale, qui inclut le Classique ancien et la première moitié du Classique récent (phases Balam I à Maax I-II), et la phase finale, de la seconde moitié du Classique récent au Classique terminal (phases Maax III et Muuch).

6.2.1. Six siècles de stabilité d'une économie agroforestière du Classique ancien au milieu du Classique récent (150-750 apr. J.-C.)

Du début du Classique ancien jusqu'au milieu du Classique récent, l'économie des ressources ligneuses à Naachtun affiche une remarquable continuité. Cette économie s'appuie non seulement sur la diversification des types de combustibles, attestée par l'usage d'un grand nombre d'essences arborées (e.g. Sapotacées, Fabacées, Sapindacées, Lauracées, Moracées, Annonacées) et arbustives (e.g. *Eugenia spp.*, *Psychotria sp.*, *Erythroxylum sp.*, *Cascabela sp., Diphysa cf. carthagenensis*, *Guettarda sp.*), probablement aussi lianescentes (e.g. *Semialarium mexicanum*), ainsi que de monocotylédones (palmiers et bambous), mais également sur la diversité probable des sources d'approvisionnement, comme le suggère l'importante mixité écologique qui caractérise l'association des taxons dominants à cette période. Et chaque type de végétation semble être exploité selon son importance relative dans l'environnement. On peut donc supposer qu'à cette période, les combustibles sont collectés de façon opportuniste, dans les différents types de boisements disponibles localement. Par ailleurs, d'après l'assemblage des taxons dominants mêlant des arbres à croissance lente de forêts climaciques (e.g. Sapotacées, Myrtacées, *Astronium sp.*, *Haematoxylum sp.*, *Coccoloba spp.*) à des essences pionnières ou post-pionnières abondantes dans les formations secondaires (e.g. *Lysiloma spp.*, *Pithecellobium sp.*, *Gymnopodium floribundum*), il apparaît que les boisements exploités devaient être semi-ouverts ou fortement perturbés, dès le début du Classique ancien. Cela est conforté par le fait

que, de l'ensemble des taxons représentés dans les assemblages anthracologiques, la moitié est associée à la végétation secondaire.

Ces observations nous amènent à poser un certain nombre de questions sur les facteurs environnementaux et sociaux qui conditionnent l'usage et l'approvisionnement en bois de feu à cette période, ainsi que sur son possible impact sur le couvert ligneux local ; ceci d'autant plus que la stabilité de la séquence anthracologique durant six siècles démontre la durabilité de ce système économique, qui semble pourtant se transformer radicalement vers le milieu du Classique récent.

Le couvert ligneux au Classique ancien : une forêt plus sèche ?

Le spectre anthracologique de cette phase initiale – qui comprend les quatre premières phases de la séquence – est marqué par la prédominance des taxons de forêts sèches, telles qu'elles se développent de nos jours dans la moitié nord de la péninsule. D'après la méthode quantitative de Dotte-Sarout (2010), ce sont plus de 80 % des taxons des zones hautes présents dans les assemblages, qui sont également associés aux forêts sub-caducifoliées, contre seulement 30 à 40 % également associés aux forêts hautes pérennes (Figure 6.16). Ces proportions sont extrêmement stables durant les quatre premières phases de l'occupation, ce qui conforte d'autant leur fiabilité paléoécologique. Parmi les taxons les plus abondants dans cette phase initiale de la séquence, *Gymnopodium floribundum*, *Haematoxylum sp.*, *Piscidia piscipula*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Lysiloma spp.*, *Havardia albican*s, *Pithecellobium spp.*, *Thouinia paucidentata*, *Maytenus schippii*, les Myrtacées et plusieurs espèces de *Coccoloba*, sont des taxons résistant à la sécheresse une fois établis, typiques des forêts moyennes et basses septentrionales. En particulier, *Gymnopodium floribundum* est une espèce actuellement rare dans le Nord du Petén (un individu a toutefois été identifié dans le marais nord lors de l'échantillonnage floristique de 2013, voir Chapitre 3.1.1), alors qu'elle fait partie des espèces dominantes dans les forêts sub-caducifoliées et caducifoliées du Nord de la péninsule (Martínez et Galindo Leal, 2002; Remmers et Koeijer, 1992; Schultz, 2003). Probablement très représentée dans les assemblages, l'espèce *Manilkara zapota* est également xérophyte, l'une des rares Sapotacées abondantes jusque dans l'extrême Nord du Quintana Roo (Schultz, 2003). Parmi les taxons mineurs présents ou potentiellement présents dans le spectre, *Alvaradoa amorphoides*, *Ximenia americana*, *Pilocarpus racemosus*, *Bourreria bachata*, *Diphysa spp.*, *Bunchosia spp.* et *Cascabela spp.* sont particulièrement xérophytes.

L'hypothèse d'une végétation plus sèche au Classique ancien est corroborée par des études paléoclimatiques régionales, qui s'appuient sur des données palynologiques et isotopiques (voir Chapitre 1). Plusieurs études montrent en effet un climat globalement plus sec durant la période Classique, en particulier dans la moitié nord de la péninsule (e.g. Brenner et al., 2001; Carillo-Bastos et al., 2010; Torrescano-Valle et Islebe, 2015). Wahl et ses collègues (2014) obtiennent les mêmes conclusions d'après une étude multi-proxy menée au Lago Puerto Arturo dans le Nord du Petén. Ils démontrent un assèchement global du climat durant la plus grande partie de l'Holocène récent (5000-1000 BP), culminant au Classique terminal par des épisodes de sécheresse intense – identifiés ailleurs au Mexique et dans la zone caribéenne (e.g. Haug et al., 2003) – avant un retour à des conditions plus humides à partir de 950 BP.

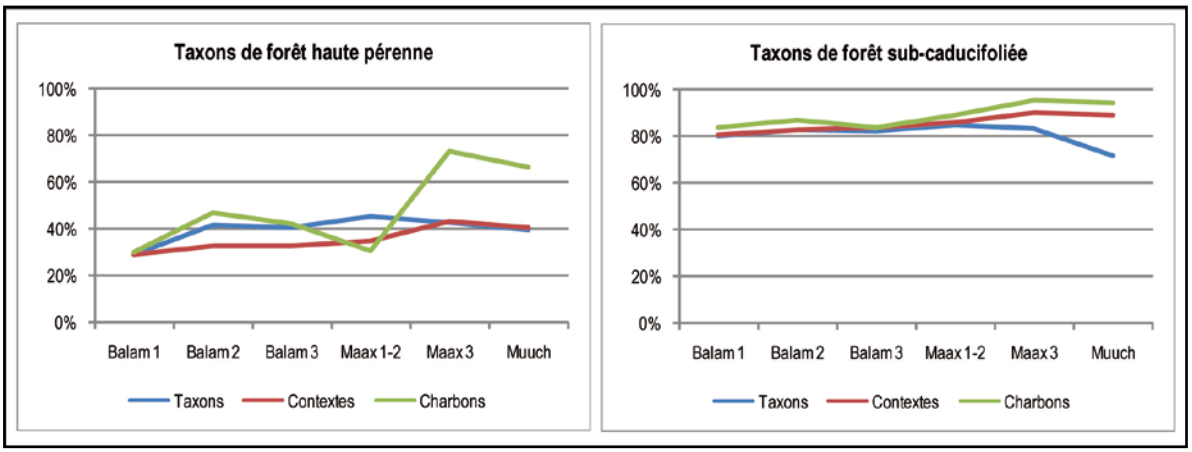


Figure 6.16 Évolution des proportions des taxons, des occurrences et des charbons associés aux forêts hautes pérennes et aux forêts sub-caducifoliées, parmi les taxons de zones hautes. D'après la méthode de Dotte-Sarout 2010.

À Naachtun, les variations du niveau d'eau dans le marais nord à la période classique semble difficile à interpréter pour l'instant (Castanet et al., 2016). La baisse durable du niveau du plan d'eau vers 1600-1300 av. J.-C. semble liée à un facteur climatique. Au Classique ancien, avec l'augmentation de la population, le début de l'exploitation des chenaux naturels et la construction probable de réservoirs (Purdue et al., 2016) pourraient correspondre à une stratégie de gestion des ressources en eau en réponse à un stress hydrique.

Dans cette sécheresse ambiante qui émane du spectre anthracologique, la présence de taxons hygrophiles ou associés aux forêts humides illustre les observations de Schultz (2003), selon lesquelles les forêts des Basses Terres diffèrent, en fait, non dans leur stricte composition taxonomique – la plupart des espèces pouvant se retrouver dans différentes formations végétales –, mais bien dans l'abondance relative de chaque espèce. Parmi les taxons présents ou possiblement présents dans le spectre, *Bucida buceras*, *Inga edulis*, *I. vera*, *Cojoba arborea*, *Zygia spp.*, *Dalbergia stevensonii*, *Pouteria durlandii*, ainsi que de plusieurs espèces de *Diospyros*, ou encore *Lonchocarpus sericeus*, *Tapirira guianensis* et *Myrsine guianensis*, sont plus fréquents dans les forêts hautes pérennes méridionales et, plus généralement, associés aux formations de ripisylve. Ces taxons sont globalement peu représentés dans les assemblages. Et il semble peu probable que cette sous-représentation soit due à une moindre préférence pour leurs bois, puisque tous produisent des bois denses, de nos jours appréciés comme combustible ou comme bois d'œuvre. Bien entendu, nous savons désormais que certains combustibles peuvent être invisibles dans les spectres anthracologiques, en raison de l'effet différentiel de la combustion (voir Chapitre 5). Mais il serait curieux que ce biais taphonomique impacte négativement l'ensemble de ces taxons hygrophiles. Plutôt, leur usage vraisemblablement occasionnel comme combustible à Naachtun traduit leur rareté relative dans une forêt globalement plus sèche, telle qu'elle devait exister dans l'environnement local à cette époque. Cette hypothèse est encore renforcée par le fait que ces taxons soient dispersés dans les assemblages, et non regroupés dans une ou plusieurs phases (ce qui permettrait, à ce moment-là, de supposer l'exploitation d'une formation humide plus étendue). On précisera toutefois que si l'identification du bois de rose (*Dalbergia stevensonii*) était confirmée, celle-ci pourrait traduire une origine exogène du bois, sous

forme d'importation d'objets par exemple. On sait que le bois de *Dalbergia* fut employé dans la confection d'objets par les anciens Mayas (Prufer et Dunham, 2009). Or, *D. stevensonii* prospère dans les forêts pluviales des Montagnes Mayas (Standley et Steyermark, 1946b, p. 205). Et bien qu'elle ait été identifiée récemment dans le Parc de Tikal (Thompson, 2013, p. Appendix 4), il n'est pas certain que cet arbre puisse se développer même ponctuellement dans les forêts plus sèches de l'extrême Nord du Petén.

Une végétation perturbée dès le début du Classique ancien ?

Mais les changements de végétation mis en évidence par les proxies paléoécologiques sont toujours sujets à double interprétation : conséquence des variations climatiques régionales ou bien des activités humaines locales ? C'est un problème récurrent dans l'interprétation des données palynologiques (Douglas et al., 2016; Hodell et al., 1995), également dans celle du signal incendie (e.g. Anderson et Wahl, 2016). Par exemple, les incendies sont naturellement plus fréquents dans les formations végétales soumises à un climat plus sec, mais ils sont aussi humainement provoqués comme moyen d'ouverture du milieu. Et à l'inverse, l'exploitation des boisements pour le bois de feu, par extraction régulière du bois mort, réduit considérablement les risques de feu de forêt naturel (Quiroz-Carranza et Orellana, 2010). Mais qu'elle qu'en soit l'origine, des feux de forêt successifs peuvent entraîner des changements de végétation, dus à la recolonisation par des taxons pionniers ou résistant au feu, comme *Lysiloma latisiliquum* dans les forêts sub-caducifoliées septentrionales (Martínez et Galindo Leal, 2002).

Certes, l'hypothèse d'un climat anciennement plus sec au moins dans la moitié nord de la péninsule est inférée par une concordance de proxies qui garantissent la fiabilité du modèle. Mais à Naachtun, les indices d'un couvert ligneux ouvert et perturbé dès les phases anciennes (contribution importante de la végétation secondaire aux assemblages, dominance de taxons héliophiles pionniers) permettent de penser que le facteur climatique n'est pas le seul responsable de l'état de la végétation qui transparaît dans la séquence anthracologique.

C'est en réalité une question difficile, car la plupart des espèces de végétation secondaire sont aussi abondantes dans les forêts plus sèches. Typiquement, *Enterolobium cyclocarpum* peut être pionnière dans des milieux ouverts ou perturbés associés aux forêts pérennes ou sub-pérennes, ou bien être un grand arbre de canopée dans les environnements plus secs. *Gymnopodium floribundum* est un des meilleurs exemples de cette ambiguïté écologique : sur les zones hautes, il est un pionnier associé aux forêts sèches sub-caducifoliées et caducifoliées, et abondant dans les jachères ; il peut également devenir dominant dans les forêts basses de marais xériques, lorsqu'elles sont perturbées par les incendies ou la coupe sélective de bois (Martínez et Galindo Leal, 2002). Dans tous les cas, néanmoins, il abonde dans les milieux ouverts et perturbés.

Mais ce qui frappe avant tout, c'est la précocité de l'image d'un couvert ligneux perturbé, qui transparaît à travers l'usage des bois dès la phase Balam I du Classique ancien. Cela est d'ailleurs relayé par les données paléolimnologiques issues du marais nord, où l'on observe, dans les carottes sédimentaires, non seulement un important taux de sédimentation (Castanet et al., 2016) mais également la signature phytolithique d'une végétation locale ouverte et perturbée dès le Préclassique (Testé, com. pers.). Or le fait que cette image initiale persiste dans la séquence anthracologique six

siècles durant, en dépit de l'expansion urbaine, montre bien qu'elle reflète déjà un paysage habité, et non une forêt naturelle en cours d'ouverture des suites de l'installation humaine (phénomène qui se serait traduit par une évolution rapide du spectre anthracologique). Ainsi, même si la végétation apparaît nettement plus sèche qu'elle ne l'est aujourd'hui, son degré d'ouverture important suggère que le facteur climatique – s'il s'avère vérifié par des données paléoclimatiques locales – n'est pas la seule cause de ce changement de végétation. Celui-ci résulte vraisemblablement aussi d'une présence humaine, probablement plus ancienne et moins sporadique que ce qui a été perçu jusqu'à présent à travers les données archéologiques.

Il est donc évident que l'assemblage initial de la séquence anthracologique ne reflète pas l'image de la végétation d'origine du site, antérieure à toute occupation humaine. On constate toutefois que certains taxons tendent à disparaître au sein même de cette phase initiale. C'est le cas des Sapindacées (*Thouinia paucidentata*, *Exothea sp.* et *Allophylus sp.*) et de *cf. Myrciaria floribunda*, dont les proportions relatives globales diminuent, mais également leur fréquence dans les contextes, entre la phase Balam I et la phase Maax I-II. Or, une pratique traditionnelle de gestion des forêts dans les sociétés mayas contemporaines consiste à favoriser les essences jugées les plus utiles, au profit des arbres moins utiles, que les Itzas de San José qualifient d'ailleurs de « mauvaises herbes forestières » (*forest weed*) (Atran et al., 2002, p. 431). L'évolution de ces taxons forestiers, non pionniers qui plus est, dans la séquence anthracologique fait ainsi penser qu'ils pourraient être des éléments reliques de la forêt climacique d'origine, éliminés progressivement dans l'environnement du site au fil des siècles d'occupation du territoire et de manipulation du paysage. D'autres possibles « mauvaises herbes » pourraient avoir diminué en conséquence de pratiques agro-sylvicoles, notamment *Licaria/Nectandra*, *Semialarium mexicanum* et les Rubiacées. Cette hypothèse est d'autant plus recevable que ces mêmes Sapindacées refont surface des siècles plus tard au début du Postclassique, dans les restes de feux rituels ayant probablement été effectués lors d'un retour sur le site après son abandon (voir Chapitre 7), à un moment où la forêt en avait déjà certainement recouvert les ruines.

Un approvisionnement en combustible lié au système agraire ?

Cela nous amène à un point essentiel de la discussion : quels sont ces boisements perturbés d'où sont extraits les bois de feu à Naachtun ? Parmi les hypothèses les plus débattues en archéologie environnementale dans les Basses Terres mayas, se trouve celle d'une déforestation plus ou moins importante sur les zones hautes, pour l'expansion urbaine et agraire notamment. On a ainsi supposé que les forêts basses des marais inondables, zones qui limitent *a priori* l'implantation humaine, avaient dû constituer d'importantes réserves de bois de feu (Wiseman, 1983). Or, certains chercheurs ont justement démontré que des zones de marais furent au moins en partie mise en culture, sous forme de terrasses agricoles aménagées sur les versants marginaux, ou bien de véritables champs surélevés à l'intérieur même des marais (e.g. Chase et al., 2011; Fialko, 2001; Lentz et al., 2014a; Siemens, 1983; Turner, 1983).

Parmi les essences les plus couramment utilisées comme combustible durant cette phase initiale, la plupart peuvent être associées aussi bien aux forêts des zones hautes qu'aux forêts basses des marais – et cela se traduit par de fortes contributions relatives des deux formations végétales aux assemblages anthracologiques (Figure 6.15). C'est le cas de *Manilkara sp.* et de certaines Sapotacées, de

Coccoloba spp., *Diospyros spp.*, *Erythroxylum sp.*, *Pithecellobium spp.*, *Eugenia sp.*, des Sapindacées *Exothea sp.*, *Allophylus sp.* et *Thouinia paucidentata*, et de *Gymnopodium floribundum*, dont on sait toute l'ambiguïté écologique malgré l'identification à l'espèce. En raison de ces recoupements écologiques, il est difficile d'évaluer précisément la contribution de chacun de ces deux types de végétation à l'approvisionnement en bois de la cité. D'autant plus que les analyses statistiques n'ont pas permis de distinguer une association de taxons plus clairement associée aux zones hautes, d'une autre plus clairement associée aux marais (l'association secondaire *Haematoxylum sp. - Disopyros spp. - Havardia* /*Pithecellobium* ne semble pas avoir de réelle signifiance archéologique, voir ci-dessus).

On peut néanmoins certifier qu'une partie probablement prépondérante des combustibles est issue de boisements situés sur les zones hautes. D'une part, la contribution relative des forêts de zone hautes est toujours majoritaire dans les assemblages quelle que soit la phase considérée. Ensuite, plusieurs taxons fréquents ou mineurs y sont plus strictement associés, en raison de leur intolérance (ou moindre tolérance) aux sols inondables. C'est le cas, parmi les taxons dominants, de *Lysiloma aurita*, *Astronium sp.*, *Piscidia piscipula*, *Maytenus cf. schippii* et *Myrciaria floribunda* ; et parmi les taxons mineurs, de *Bunchosia sp.*, des Fabacées *Lysiloma spp.*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Caesalpinia sp.*, *Diphysa sp.*, *Dalbergia sp.*, également de la majorité des espèces de *Lonchocarpus*, de *Myrcianthes fragrans* et de la plupart des Rubiacées. Mais c'est surtout l'abondance de *Manilkara sp.* et des Sapotacées dans le spectre durant toute la période, évidence probable d'un usage intensif de leurs bois (voir Chapitre 5), qui démontre l'exploitation de boisements sur les zones hautes. S'il est vrai que *Manilkara zapota*, *Chrysophyllum mexicanum*, *Pouteria durlandii* et *P. reticulata* peuvent se retrouver dans les forêts basses associées aux marais saisonniers (Martínez et Galindo Leal, 2002; Schulze et Whitacre, 1999; Thompson, 2013 Appendix 4), d'une façon générale, les Sapotacées tolèrent mal les sols au drainage déficient (Barwick et Schans, 2004). Il est donc difficile d'imaginer qu'une forêt basse de marais puisse avoir été dominée par des Sapotacées, et il est bien plus vraisemblable que ces arbres aient été en grande majorité associés à la végétation de zones hautes.

Une plus grande exploitation des boisements de zones hautes comme source de bois de feu, plutôt que des forêts de marais, trouve facilement son explication dans le facteur environnemental. Plusieurs études ethnographiques montrent, en effet, que de façon assez récurrente dans les milieux tropicaux marqués par une forte saisonnalité, la principale contrainte qui conditionne l'approvisionnement en bois de feu est liée à la saison des pluies. Ce fut d'ailleurs un des points soulevés lors des entretiens de l'enquête ethnographique (voir Chapitre 3.1.2). Durant cette période de l'année, moins d'essences peuvent être collectées, d'une part parce que certains bois retiennent trop d'humidité, d'autre part parce que certaines zones d'approvisionnement sont plus difficiles d'accès. C'est typiquement le cas des marais inondables, mais également des forêts les plus reculées, rendues inaccessibles par l'impraticabilité des routes rurales et forestières (McCrary et al., 2005). Les combustibles sont alors majoritairement collectés dans les zones agraires les plus proches des habitats, notamment dans les jachères. Cette réalité s'observe aussi bien dans les sociétés qui pratiquent l'agriculture sur brûlis, où le bois à usage domestique est en grande partie un sous-produit du système agroforestier, géré à l'échelle familiale (e.g. Atran et al., 1993; Sanabria, 1986) (voir Chapitre 1.2.2), que dans les villes où le bois de feu est commercialisé et vendu sur les marchés (McCrary et al., 2005).

À Naachtun, l'état de semi-ouverture des boisements tel que visible dans le spectre anthracologique est cohérent avec ce modèle d'exploitation des combustibles lié au système agraire. On pense notamment au réseau des *t'olche*', ces ceintures forestières multifonctionnelles qui structurent les paysages agraires dans les communautés yucatèques actuelles, et préservent des espaces de forêts « naturelles », c'est-à-dire dont la composition floristique n'est pas directement modifiée par l'humain (Remmers et Koeijer, 1992) (voir Chapitre 1.2.1). La particularité floristique de ces boisements préservés, qui ne sont jamais coupés ou brûlés, est justement de faire se côtoyer un large panel d'essences forestières, notamment des grands arbres à croissance lente, à des espèces pionnières associées aux espaces agraires, qui recolonisent rapidement les milpas laissées en jachère. Dans les Basses Terres septentrionales, *Gymnopodium floribundum*, *Coccoloba spp.*, *Thouinia paucidentata* et plusieurs Fabacées (genres *Acacia*, *Caesalpinia* et *Pithecellobium*) sont parmi les essences les plus fréquentes dans les *t'olche'*. D'autres essences, héliophiles et pionnières, parmi celles représentées dans les assemblages anthracologiques de Naachtun, sont aussi souvent associées aux espaces agraires : *Gliricidia sepium* et *Bursera simaruba* servent à former les haies naturelles ; *Enterolobium cyclocarpum* est typiquement un arbre d'ombrage volontairement entretenu ; *Lonchocarpus guatemalensis*, *Lysiloma spp.*, *Acacia spp.*, *Gymnopodium floribundum*, *Guettarda sp.*, *Croton spp.* et *Euphorbia sp.* poussent dans les *acahuales*, de même que *Ximenia americana* et *Alvaradoa amorphoides*. L'usage intensif des bois des Fabacées (attesté par l'abondance des charbons et la diversité des taxons) suggère d'autant plus un approvisionnement en bois de feu dans ces secteurs ruraux, que ces arbres sont particulièrement importants dans les systèmes agraires traditionnels pour leur rôle dans la régénération des sols (voir Chapitre 1.2.1).

On pourrait donc tout à fait imaginer qu'à l'instar des *t'olche'* yucatèques, des espaces boisés étaient volontairement maintenus à Naachtun dans les zones rurales proches, formant un paysage forestier fragmenté. Parmi les grands arbres forestiers présents ou potentiellement présents dans le spectre et pouvant avoir été maintenus dans de tels espaces, on peut citer, en dehors des Sapotacées, *Piscidia piscipula*, *Lonchocarpus spp.*, *Swartzia sp.*, *Caesalpinia sp.*, *Albizia sp.*, *Brosimum alicastrum*, *Astronium sp.*, *Mosannona depressa* et *Cojoba arborea*. Cela ne présuppose aucunement des pratiques agraires en question, qu'il s'agisse d'agriculture itinérante sur brûlis ou bien de culture intensive dans des parcelles domestiques urbaines. Par ailleurs, Remmers et Koeijer (1992) ont proposé que les anciens Mayas aient pu entretenir des *t'olche'* le long des *sacbeob*. Cette hypothèse est vraisemblable, en plus d'être cohérente avec les données anthracologiques de Naachtun. D'une part, cela aurait garanti et facilité l'accès à de nombreuses ressources forestières (bois de feu, mais pas uniquement). D'autre part, cela aurait créé des espaces de circulation ombragés, puisque c'est là une des nombreuses fonctions des *t'olche'* ; et cet apport n'est pas sans importance, quand on pense que la circulation se faisait à pied et le transport des matériaux et des biens, exclusivement à dos d'homme.

Sélection des ressources et tradition locale

La disponibilité locale est-elle le seul facteur qui conditionne la collecte des combustibles à Naachtun ? Ou bien certains d'entre eux sont-ils collectés en priorité ? Quelques éléments permettent en effet de supposer que l'exploitation des bois pourrait être au moins partiellement sélective.

Les combustibles fréquents à Naachtun, d'après leurs proportions relatives et leur ubiquité dans les contextes, sont somme toute en nombre assez réduit. Tout au plus une quinzaine d'essences[18], présentes dans plus de 50 % des contextes généraux de la phase initiale, semblent avoir été régulièrement utilisées, parmi lesquelles *Manilkara sp.* et *Haematoxylum sp.* sont prédominantes. C'est très peu par rapport à la grande variété des bois de feu reconnus et potentiellement disponibles dans la région (FAO Forestry, 2004) et à la richesse floristique des forêts des Basses Terres (voir 6.1.1). Or ces mêmes essences font office de combustibles principaux durant au moins six siècles. Ce résultat pourrait être dû à la stabilité du couvert ligneux local. Mais quand on sait le dynamisme écologique des forêts des Basses Terres et la rapidité avec laquelle la répartition des espèces peut évoluer, surtout sous pression anthropique, on ne peut que s'étonner de la remarquable stabilité du spectre anthracologique durant une si longue période.

Cela suggère l'existence d'une tradition culturelle, dans laquelle la collecte des bois de feu domestiques s'oriente plutôt, mais pas exclusivement, vers un petit nombre d'essences habituelles ou préférées, lesquelles sont ensuite complétées par un grand nombre d'autres essences, parmi celles disponibles dans l'environnement local. C'est aussi l'interprétation de Thompson (2013) s'agissant des données anthracologiques de Tikal. En dehors des bois de *Manilkara sp.* et *Haematoxylum sp.*, également les plus représentés dans les charbons sur ce site, les bois des Lauracées (*Licaria sp.* et *Nectandra sp.*) semblent avoir été intensivement exploitées, alors que ces essences ne font pas du tout partie des espèces dominantes dans l'environnement actuel du site (Schulze et Whitacre, 1999; Thompson, 2013).

Les relevés ethnographiques traitant de l'usage des combustibles dans les Basses Terres mentionnent toujours, en effet, une liste relativement réduite des essences utilisées en priorité comme combustibles, dépendant en partie des préférences culturelles locales (voir Chapitre 1.2.2). Par exemple, dans les communautés yucatèques, Dalle et de Blois (2006) identifient 25 bois de feu préférés dans la communauté de X-Maben (Quintana Roo) et Sanabria (1986) en mentionne 29 dans la communauté de Xul (Yucatán). Chez les Itzas de San José (Nord du Petén), Atran et al. (2004) ont relevé 56 espèces utilisées comme bois de feu. Et, selon les informations recueillies lors de l'enquête ethnographique (voir Chapitre 3.1.2), dix d'entre elles sont considérées comme les meilleurs combustibles, utilisables toute l'année (Chayax Huex, com. pers.). Mais si des préférences existent bel et bien et que certaines essences sont volontairement évitées pour diverses raisons, l'ensemble des informateurs n'exclut pas un usage de la plupart des essences disponibles, en particulier lors de la saison sèche lorsque tous les bois sont secs et peuvent servir de combustible. Les bois de *Manilkara sp.*, *Haematoxylum sp.*, *Piscidia piscipula*, *Lysiloma spp.*, *Pithecellobium spp.*, *Havardia albicans*, *Coccoloba spp.*, *Gymnopodium floribundum*, *Eugenia spp.*, *Psidium sp.*, *Myrciaria floribunda*, *Thouinia paucidentata* et *Allophylus sp.* sont fréquemment employés comme combustibles communs dans les sociétés actuelles. Et en particulier, *Gymnopodium floribundum*, *Myrciaria floribunda* et *Piscidia piscipula* servent typiquement à la fabrication du charbon de bois.

Les propriétés physiques des essences dominantes à Naachtun pourraient expliquer la préférence possible pour ces ressources. Toutes correspondent à des bois denses ou très denses, à l'exception du

[18] En comptant les différents genres possiblement représentés dans les taxons.

bois tendre du *guanacaste* (*Enterolobium cyclocarpum*) dont l'identification n'est toutefois pas certaine. Si l'on exclut cette dernière essence, la densité spécifique moyenne[19] de ces bois est de 0,77 g/cm^3 ; les bois les moins denses de l'assemblage étant ceux des *Lysiloma* (0,600-0,650 g/cm^3), les plus denses, ceux des *Eugenia* (0,800-1,000 g/cm^3), de *Haematxolyum sp.* (0,920-0,940 g/cm^3) et de *Thouinia paucidentata* (0,940 g/cm^3). C'est largement au-dessus de la densité moyenne des essences des forêts tropicales de basse terre en Amérique centrale, qui est de 0,602 g/cm^3 d'après l'étude de Chave et al. (2006). Or l'étude expérimentale de la combustion n'a pas montré de corrélation entre la densité initiale du bois et la quantité de charbons produits à la combustion (voir Chapitre 5), une conclusion partagée par d'autres études relatives au comportement des bois au feu (Théry-Parisot et al., 2010b). De même, l'impact des processus de fragmentation post-dépositionnels sur la représentation finale des essences dans le spectre ne semblent pas dépendre de leur densité initiale (Chrzazvez et al., 2014). Ce résultat n'est donc vraisemblablement pas dû à un biais taphonomique qui aurait entrainé par exemple, une meilleure préservation – et donc une meilleure représentation – des charbons issus de bois denses. Il a donc un sens en termes d'usage des combustibles et permet de penser que l'on sélectionne au moins les principaux combustibles parmi les bois les plus denses.

Par ailleurs, certaines essences ont sans doute été sélectionnées pour certains types de feu dans le cadre d'activités spécialisées, ainsi que le suggère le cas du remblai charbonneux qui contenait une proportion anormale de *Piscidia piscipula* (contexte 3730, voir 6.1.3). L'isolement de ce contexte, tant d'un point de vue géographique (situé à l'extrême sud-ouest de la zone résidentielle sud) que temporel (daté du début de la phase Balam I, et donc le plus ancien du corpus), laisse ouvertes toutes possibilités d'interprétation, autant qu'il les limite. Hypothèse écologiquement plausible (Martínez et Galindo Leal, 2002), la proximité, à cette période, d'une association dominée par le *habín* pourrait simplement expliquer pourquoi ce bois fut le combustible prépondérant dans ce secteur ; si toutefois ce contexte était corrélé à d'autres taxons cohérents avec cette écologie, ce qui n'est pas le cas. Au contraire, sa position intermédiaire dans l'AFC, entre le groupe des phases anciennes et celui des phases récentes, montre qu'il s'agit plus certainement d'un fait archéologique particulier. Le bois du *habín* étant un important matériau de construction en raison de sa durabilité, ces charbons pourraient être les restes remaniés d'une structure en bois incendiée dans les environs. Mais ce bois a aussi été, jusqu'à récemment, l'un des combustibles privilégiés pour la combustion des pierres calcaires servant à la production de la chaux, aussi bien dans les communautés yucatèques (Sanabria, 1986) que chez les Itzas, d'après les informations recueillies au cours de l'enquête ethnographique (voir Chapitre 3.1.2). Comme plusieurs autres essences, le *habín* est également utilisé pour la fabrication du charbon du bois. L'anomalie visible dans ce contexte pourrait donc être due à la proximité, au tout début de l'occupation du site, d'une aire d'activité spécialisée (fabrication de la chaux, de charbons, ou encore de la céramique ?) ayant requis un usage sélectif des bois, en l'occurrence ici du bois de *habín*.

Toutefois, certaines essences fréquentes dans les contextes ne semblent pas utilisées de nos jours comme combustibles, notamment *Maytenus schippii* et *Exothea spp.*, puisqu'il n'en est fait aucune mention dans les sources ethnographiques. Et au contraire, d'autres essences très denses et par ailleurs considérées comme de très bons combustibles dans les sociétés actuelles, ne sont qu'occasionnellement représentés dans les contextes de Naachtun. C'est le cas des bois de

[19] D'après les données de Chave et al. (2006) et de Zanne et al. (2009).

Swartzia (0,910 g/cm^3), de *Diphysa* (1,180 g/cm^3) et des *Caesalpinia* (0,800-1,200 g/cm^3). La densité du bois n'est donc pas strictement corrélée à un plus grand usage des essences, pas plus que des préférences actuelles ne peuvent être déduites les anciennes. D'autres critères, peut-être influencés par des facteurs culturels, entrent certainement en considération dans l'usage des ressources (Metzger et Williams, 1966).

Une tradition étrangère visible dans le Patio 6 (Complexe Ouest, Groupe B) ?

C'est en tout cas ce qu'évoque l'assemblage anthracologique du Patio 6, Complexe Ouest, dont le caractère atypique a été mis en évidence par les analyses statistiques (voir 6.1.3). Sa particularité est principalement due à des proportions plus importantes de *Maytenus cf. schippii* et *Erythroxylum sp.*, deux arbustes de sous-bois dont les proportions relatives sont constamment faibles dans toutes les autres phases de la séquence (malgré une bonne distribution de *Maytenus* dans les contextes). Cette variation locale du spectre s'observe surtout dans les contextes de la phase Maax I-II ; également, dans une moindre mesure, dans le dernier niveau d'occupation de l'édifice 5O-51, daté de la phase Maax III, qui présente une proportion plus importante de *Erythroxylum* (Tableau 6.5). On pourrait objecter à juste titre que les deux niveaux de remblai de construction des structures d'où sont issus des échantillons, mis en place précisément en phase Maax II, ne représentent pas l'occupation de cette unité résidentielle à proprement parler. Toutefois, on retrouve cette variation dans les dépôts cendreux associés à la sépulture 48, qui fut installée dans l'édifice 5O-51 au cours de son occupation en phase Maax II (voir Chapitre 7). On peut donc certifier qu'elle est véritablement liée au moins à l'occupation Maax II du Patio 6, voire, à celle du secteur.

Pourquoi une telle précision chronologique ? Le Complexe Ouest du Groupe B fut édifié conjointement avec la Place Est au début du Classique récent, et occupé jusqu'à la fin de la période. On pense que cet ensemble palatial fut le siège de la dynastie régnante au moins lors des phases Maax I-II, alors que Naachtun se trouve sous la domination de politique de Calakmul (Nondédéo et al., 2016f), et probablement aussi en partie lors de la phase Maax III malgré le changement d'alliance en faveur de Tikal (Sion, com. pers.). Dans ce contexte, les résidents du Patio 6 et des patios voisins étaient probablement des membres d'une nouvelle élite royale liée à la dynastie Kaan de Calakmul. Si les évidences de liens culturels avec Calakmul sont rares à Naachtun, une récente analyse pétrographique d'échantillons de pâtes céramiques[20] a montré que les seuls tessons clairement associés à une production calakmuleña proviennent justement du Patio 6 et du Patio 7 (Sion et al., 2017).

Un usage visiblement différent de certaines ressources, ici les bois de feu, dans ce secteur de la cité à cette période, pourrait donc s'expliquer par le fait que des habitants d'une origine ethnique ou d'un statut social différents, telle que l'élite royale de Calakmul, exploitent les ressources locales différemment, en fonction de leur tradition culturelle propre. Cela renvoie aux conclusions de S. Atran, qui, d'après une étude ethnobiologique menée dans différents groupes ethniques actuels du Nord du Petén, démontre que « [...] des groupes de personnes aux histoires et idées culturelles différentes agissent différemment dans le même environnement physique[21] » (Atran et al., 2002,

[20] Analyses chimiques du type INAA (Instrumental Neutron Activation Analysis) réalisée par R. Bishop (Smithsonian Institution, Washington) et D. Reents-Budet (Museum of Fine Art, Boston).

[21] « *Evidence for the influence of culturally transmitted factors on behavior is data showing that groups of people with different cultural histories and cultural ideas behave differently in the same physical environment.* »

p. 421). Or *Maytenus schippi* est précisément une espèce abondante dans les forêts plus sèches du Campeche, de même que les espèces d'*Erythroxylum*. On pourrait donc se risquer à imaginer que des personnes issues d'une tradition culturelle du Nord, ayant l'habitude d'utiliser telle ou telle ressource abondante dans leur pays d'origine, auraient eut tendance à maintenir leurs habitudes à Naachtun, en collectant en priorité les ressources connues d'eux ou en allant les chercher dans des boisements différents et peut-être plus éloignés.

On se trouve là aux limites de l'interprétation spéculative, puisque celle-ci se fonde sur une série d'inférences faites à partir d'un échantillon somme toute très limité. Les différences observées dans l'usage des bois dans ce secteur pourraient certainement trouver d'autres explications, environnementales notamment. Mais serait-il plausible que les boisements aient été si différents à proximité de ce seul secteur du site, et ceci sur une durée probablement pluridécennale entre l'occupation antérieure à la construction des structures (charbons issus des remblais) et l'occupation même des structures (charbons liés à l'inhumation) ? Les dépôts de charbons associés à la sépulture 46, également datée de la phase Maax II et située non loin de là dans le Patio 22 du Complexe Central, n'ont pas produit pareille anomalie (voir Chapitre 7). Et il est tout de même curieux que ces différences surviennent justement dans le cadre de la seule occupation potentiellement étrangère connue sur le site, au sein d'une phase de stabilité générale dans l'usage des ressources ligneuses.

Exploitation, surexploitation ? L'usage des bois de Manilkara et Haematoxylum

Mais c'est surtout l'usage continu et probablement intensif du bois de *Manilkara* (probablement le *chicozapote*, *M. zapota*, et possiblement aussi les espèces *M. chicle* et *M. stamidonella*) à Naachtun, attesté par sa dominance et son ubiquité dans la presque totalité des contextes, qui démontre qu'au moins une partie des ressources ligneuses a fait l'objet d'une exploitation sélective. Le bois dense et extrêmement résistant de *M. zapota*, grand arbre à croissance lente caractéristique des forêts anciennes, a principalement été valorisé comme bois de construction par les Mayas contemporains (Atran et al., 2004; Wauchope, 1938). Les Itzas le comptent parmi les dix meilleurs combustibles, en grande partie en raison de sa forte densité qui implique que, même en saison des pluies, le bois mort peut être collecté et ne nécessiter qu'un temps de séchage très court (Chayax Huex, pers. com.). Le fait que le bois de *Manilkara* fut probablement l'un des principaux bois de construction dans les édifices civiques et cérémoniels des cités mayas (Hellmuth, 1989; Lentz et Hockaday, 2009) fait penser qu'il devait être, sinon réservé, au moins préféré des élites. À Naachtun, l'abondance des charbons de *Manilkara* dans toutes les unités résidentielles étudiées indique que son usage comme combustible ne dépendait pas de facteurs sociaux et qu'il était au contraire largement accessible à l'ensemble de la société. Au-delà du bois de feu domestique quotidien, ces charbons peuvent également provenir de l'incendie volontaire ou accidentel de structures en matériaux périssables.

La diminution de *Manilkara* dans la séquence anthracologique à la fin du Classique ancien (phase Balam III), juste après le développement initial de la cité, pourrait refléter un épuisement relatif de son bois suite à une exploitation intensive au début du Classique ancien (phases Balam I-II). Bien qu'il n'en existe aucune preuve à Naachtun, on peut supposer que le bois du *chicozapote* fut un matériau privilégié dans l'architecture monumentale, comme ce fut le cas dans d'autres sites des Basses Terres

(Hellmuth, 1989; Lentz et Hockaday, 2009). L'essor démographique et architectural de la cité qui suivit l'installation d'une dynastie royale au début du Classique ancien, avec les vastes programmes de construction monumentale, pourrait avoir conduit à une relative surexploitation de cette ressource dans l'environnement local.

Concomitante de la diminution de *Manilkara*, l'augmentation de *Haematoxylum sp.* dans le spectre lors des phases Balam III et Maax I-II, rappelle singulièrement ce que Lentz et Hockaday (2009) ont observé dans la séquence des bois employés pour la construction successive des édifices monumentaux de Tikal (voir Chapitre 2.1.2). Appartenant à la famille des Fabacées - Mimosoidées, les *tintos* (*Haematoxylum campechianum*, *H. brasiletto*) sont des petits arbres épineux à croissance lente, caractéristique des zones inondables. *H. campechianum* est d'ailleurs très abondant dans le *bajo* Nord de Naachtun. Les *tintos* produisent des bois extrêmement denses (0,920-0,940 g/cm^3) et résistants qui leur ont valu d'être principalement employés comme matériau de construction par les Itzas (Atran et al., 2004), et également semble-t-il, comme combustibles (Chayax Huex, com. pers.). D'après Hellmuth (1989), le *tinto* a été l'un des principaux bois de construction retrouvés en place dans les ruines des édifices monumentaux des cités mayas. S'agissant des constructions monumentales de Tikal, Lentz et Hockaday (2009) pensent que le bois du *tinto* a dû y être employé comme ressource alternative, pour palier un épuisement du bois du *chicozapote* utilisé en priorité. En effet, en dépit de ses propriétés physiques qui en font un matériau solide et durable, le *tinto* peut s'avérer difficilement accessible (puisqu'extrait, *a priori*, des marais) et plus difficile à travailler en raison de son fil irrégulier dû à un port typiquement tortueux.

À Naachtun, *Manilkara* et *Haematoxylum* sont effectivement anti-corrélés dans l'AFC (Figure 6.9 et 6.10), indiquant peut-être un phénomène global d'opposition. Il se pourrait que le bois du *tinto* ait servi à remplacer en partie celui de *Manilkara* à une période de moindre disponibilité en phases Balam III et Maax I-II. Mais il est difficile de dire si les variations de *Haematoxylum* dans les assemblages sont liées à une variable chronologique, spatiale, ou encore à une combinaison des deux, puisqu'elles s'observent essentiellement dans deux unités résidentielles : l'unité 5N6 (zone résidentielle sud) et le Patio 6 du Complexe Ouest. Et il est vraisemblable que les habitants de ces groupes ont profité de la proximité du marais nord pour leur approvisionnement quotidien en bois. Toutefois, la diminution de *Haematoxylum* dans la phase Maax III dans ces deux unités résidentielles, au moment où l'usage de *Manilkara* atteint son niveau le plus haut dans la séquence générale (jusqu'à 62 % dans l'occupation Maax III du Patio 6), suggère que la proximité du marais n'est pas le seul facteur explicatif de ce phénomène.

Le possible amenuisement d'une ressource essentielle (le bois de *Manilkara*) aura sans doute encouragé les habitants de Naachtun à mettre en place des stratégies de gestion des ressources forestières plus efficaces. Celles-ci furent visiblement couronnées de succès, puisque son usage augmente à nouveau au Classique récent et se maintient ensuite à un niveau élevé jusqu'au Classique terminal.

6.2.2. Nouveaux systèmes d'approvisionnement en bois : les mutations économiques et sociales à partir de la seconde moitié du Classique récent (750-950 apr. J.-C.)

Coïncidant avec l'apogée démographique de la cité, l'économie des combustibles connaît un changement brutal vers le milieu du Classique récent. Cette économie repose désormais massivement sur un ensemble d'arbres multi-usages à croissance lente, dont l'exploitation intensive ne peut qu'être révélatrice de pratiques agroforestières actives. Cela transparaît aussi bien dans les résidences du Groupe B, alors en pleine phase de développement, que dans les groupes d'habitat dispersés de la zone résidentielle sud, où la densité de population est à son maximum. Malgré un usage des bois encore très varié, attesté par le grand nombre d'essences présentes dans les assemblages, la disparition progressive de certaines essences sur lesquelles se fondait l'économie domestique du Classique ancien soulève la question de la transformation du couvert ligneux dans les environs de la cité. Enfin la généralisation de l'usage du bois de pin au Classique terminal conduit à s'interroger sur les potentielles sources exogènes de bois dans un contexte de fort dynamisme économique.

Jardins et agroforesterie : la transformation du paysage à la fin du Classique récent

Dans un article paru en 1997 consacré à la « co-domestication des forêts et des arbres », K. H. Wiersum déclarait que « [...] les multiples phases intermédiaires que représentent les systèmes agroforestiers et les stratégies de gestion forestières traditionnels [...] se caractérisent par une modification des écosystèmes naturels extrêmement diversifiés vers un état dans lequel la biodiversité est moindre, mais qui contient une part plus importante de ressources utiles »[22] (Wiersum, 1997, p. 425).

Le *ramón* (*Brosimum alicastrum*), le *manax* (*Pseudolmedia spp.*), le *siricote* (*Cordia dodecandra*), le *nance* (*Byrsonima spp.*), ainsi que plusieurs espèces de Sapotacées, dont le *chicozapote* (*Manilkara zapota*), le *chikib'ul* (*Manilkara chicle*), le *caimito* (*Chrysophyllum mexicanum*), le *mamey* (*Pouteria sapota*), le *kaniste* (*Pouteria campechiana*) sont tous des arbres fruitiers. Avec le *habín* (*Piscidia piscipula*) et le *ramón colorado* (*Trophis racemosa*), ces arbres multi-usages sont, de longue date, favorisés dans les systèmes agroforestiers traditionnels (Atran et al., 2004, 1993). La plupart sont amplement cultivés dans l'ensemble des Basses Terres, dans des plantations fruitières, les jardins domestiques et même les espaces verts dans les agglomérations urbaines (Aguirre de Riojas et Pöll, 2007; CONABIO, 2017). Leur augmentation rapide et simultanée à partir de la phase Maax III indique que l'approvisionnement en combustible dépend désormais plus lourdement de boisements aménagés pour les besoins humains, ce que Wiersum (1997) définit comme des « forêts domestiquées ». Il est improbable, en effet, que ces changements soient la conséquence indirecte d'une plus grande ouverture du milieu, puisque toutes ces essences, à l'exception du *ramón colorado*, sont des arbres à croissance lente et qu'ils ne sont donc pas de nature à caractériser des milieux perturbés ; pas plus qu'ils ne sont dus à une évolution du climat, ces taxons étant de façon générale très largement distribués dans les Basses Terres, ils ne caractérisent pas une formation forestière plus sèche ou au contraire plus humide. Plus vraisemblablement, ces résultats révèlent que des stratégies agroforestières visant à favoriser les

[22] « *[...] the various intermediate phases represented by indigenous forest management and agroforestry systems [...] are characterized by a modification of the highly diverse natural forest ecosystems to a state in which the biodiversity has been somewhat reduced, but in which a larger proportion of useful resources are present.* »

espèces les plus utiles, par l'intermédiaire de défrichements sélectifs ou de pratiques arboricoles, ont conduit à une véritable transformation des boisements dans l'environnement du site.

Ce phénomène est encore plus flagrant lorsque l'on prend en compte les biais taphonomiques qui impactent certainement le bois du *ramón*. Sachant qu'il ne laisse pratiquement aucun charbon dans des conditions de combustion classique, une telle augmentation dans les assemblages anthracologiques serait synonyme d'un accroissement considérable de l'usage de cette essence, et donc de la profusion de l'espèce dans l'environnement. Le *ramón* est actuellement l'espèce dominante dans les forêts des Basses Terres. Il est donc probable, compte tenu, en plus, des données palynologiques régionales (voir Chapitre 1.1.2), que l'espèce ait été naturellement abondante dans les forêts indépendamment de toute intervention humaine. Mais le fait que l'espèce soit encore abondante localement au moment du pic démographique de la cité et même au-delà au Classique terminal, indique qu'elle devait être d'une importance économique ou écologique suffisante pour être préservée à proximité des habitats.

Les Mayas contemporains protègent le *ramón* autour des villages principalement parce que ses fruits et ses feuilles sont une des meilleures sources de nourriture pour les animaux domestiques et les animaux sauvages chassés pour l'alimentation humaine, en particulier durant la saison sèche lorsque les autres sources de nourriture s'épuisent (Atran et al., 1993, p. 684; Puleston, 1968; Roys, 1931, p. 272; Sanabria, 1986; Standley et Steyermark, 1946b, p. 14). On peut donc facilement imaginer que les Mayas de Naachtun aient volontairement optimisé leurs terres en protégeant les arbres les plus susceptibles d'y attirer le gibier. Cette hypothèse est cohérente avec les données archéozoologiques des sites classiques des Basses Terres, qui indiquent que la chasse devait dépendre en grande partie des zones semi-ouvertes de végétation secondaire telles que les jachères (Emery et Thornton, 2008). En ce sens, le *ramón* aurait joué un rôle indirect dans l'économie de subsistance des anciens Mayas, en tant que facteur du renouvellement continu des ressources animales issues de la chasse. Mais l'hypothèse la plus couramment avancée concernant le *ramón* est que l'espèce fut favorisée pour l'alimentation humaine, puisque son fruit, riche en protéines, peut être réduit en farine afin de servir de substitut à celle de maïs en cas de mauvaise récolte, une tradition encore vivace chez les Itzas (Atran et al., 1993, p. 684; Puleston, 1968). À Naachtun, le matériel carpologique serait plutôt en défaveur de cette hypothèse. Bien qu'il n'ait pas fait l'objet d'une analyse systématique, l'examen préliminaire (voir Chapitre 3.2.2) n'aura permis de détecter qu'une seule graine probable de *Brosimum alicastrum* sur l'ensemble du site. Celle-ci est issue d'un contexte daté de la phase Maax II dans le Complexe Sud[23]. Une espèce végétale régulièrement consommée dans l'alimentation laisse forcément des traces dans le matériel archéobotanique, en témoigne le cas du maïs, dont on retrouve des grains carbonisés sur tous les sites mayas. Or, ainsi que l'a fait remarqué Lentz (1999, p. 13), les graines du *ramón* sont suffisamment grandes et résistantes pour qu'il soit improbable qu'elles passent inaperçues dans le matériel archéobotanique.

La dominance des charbons de *ramón*, des sapotes, du *siricote* et du *nance* pourrait donc indiquer que le bois de feu est désormais un sous-produit de la sylviculture d'arbres fruitiers, qu'ils aient été exploités directement (consommation humaine des fruits) ou indirectement (attraction du gibier) pour les ressources alimentaires. Ces arbres pourraient avoir été cultivés dans les jardins domestiques sur les zones hautes. Mais des études ethnographiques démontrent que l'approvisionnement en bois de feu

[23] UE N11-105, Patio 29, contexte non inclus dans le corpus anthracologique.

quotidien ne peut se satisfaire des jardins domestiques, sources clairement insuffisantes de bois mort : d'après l'étude de Quiroz-Carranza et Orellana (2010) menée dans des communautés actuelles du Yucatán, le bois de feu issu des *solares* ne compte que pour 3 % des combustibles domestiques, la plus grande part étant collectée dans les zones de jachère ou les forêts, ou bien achetée sur les marchés. Par conséquent, il apparaît que ces boisements « domestiqués » ne se limitaient pas aux seuls jardins familiaux, mais qu'ils devaient être beaucoup plus importants dans l'environnement du site, formant probablement de vastes « jardins forestiers » (Ford et Nigh, 2009). McCrary et ses collègues (2005) mentionnent, en effet, que les plantations fruitières peuvent fournir des quantités importantes de combustibles, notamment via la taille des arbres après la récolte.

Des parcelles forestières pourraient aussi avoir été entretenues spécifiquement pour la production de bois, qu'il s'agisse de bois d'œuvre ou des combustibles. En 1978, Wiseman constatait que les modes de collecte de bois de feu contemporains, soit la collecte de bois mort, n'auraient probablement pas pu suffire aux besoins des cités mayas, et que celles-ci avaient dû dépendre de systèmes organisés de production et de distribution de bois (Wiseman, 1978, p. 82). Un modèle similaire a été proposé à propos de Tikal, où Lentz et Hockaday (2009) ont suggéré que le *chicozapote* avait été entretenu dans des réserves forestières, ne serait-ce que pour couvrir les besoins en bois d'œuvre destiné aux constructions monumentales. L'hypothèse d'une sylviculture du *chicozapote* pour le bois est par ailleurs cohérente avec les résultats de l'étude en génétique menée par Thompson (2015a). Celle-ci démontre que les niveaux de variation génétique de *Manilkara zapota* dans les forêts guatémaltèques et béliziennes sont plus proches de ceux d'autres espèces exploitées pour le bois, telles que *Swietenia humilis*, que de ceux des espèces cultivées pour leurs fruits (Thompson et al., 2015a).

À Naachtun, il est tout à fait remarquable que *Manilkara* et les Sapotacées atteignent leur maximum dans la séquence anthracologique lors de la phase Maax III, alors même que la pression démographique sur les boisements est à son comble. Sachant la durée nécessaire à la maturation du *chicozapote* (entre 52 et 260 ans selon Thompson et al., 2015a, p. 40), une exploitation sélective du bois de *Manilkara* aura sans aucun doute nécessité des pratiques arboricoles visant à assurer sa disponibilité durant toute la durée d'occupation du site. Nous ne savons pas si les bois de feu étaient collectés comme bois mort (branches tombées à terre ou arbre mort sur pied), ou bien si des arbres vivants étaient abattus. Dans la mesure où seuls les arbres sénescents sont susceptibles de produire du bois mort, d'importantes populations de *chicozapote* issus de forêts anciennes auraient probablement été nécessaires pour couvrir les besoins en bois de feu de la cité. Si des arbres étaient coupés, moins d'individus auraient sûrement suffi, puisque le chicozapote fait partie des arbres les plus imposants, avec un tronc pouvant atteindre jusqu'à 156 cm DHP (Thompson et al., 2015a, p. 40). La biomasse du *chicozapote* surpasse donc de loin celle de toute autre espèce dans les forêts des Basses Terres (Weterings et al., 2008, p. 1608). Mais une exploitation du bois fondée sur l'abattage des arbres requiert des pratiques sylvicoles rigoureuses afin d'assurer un renouvellement permanent des populations et éviter leur surexploitation. Dans tous les cas, il est clair que cet arbre fit l'objet d'une gestion active (à travers, par exemple, des déboisements sélectifs), voire qu'il ait été cultivé dans les environs de Naachtun. Ceci pourrait bien être en faveur de l'hypothèse d'un système organisé et contrôlé de production et de distribution des ressources ligneuses.

Les autres essences les plus couramment utilisées sur le site à cette période sont également des essences traditionnellement valorisées pour leur bois : les bois des Sapotacées, du *habín*, du pin, du *ramón* et du *manax* sont employés comme matériaux de construction ; le *siricote*, le *nance* et le *habín* sont privilégiés dans l'artisanat (Atran et al., 2004). D'ailleurs, lorsque l'on interroge les habitants de la région, l'idée de brûler du bois de *siricote* est aberrante. Ce bois sombre, dense et autolubrifiant est en effet particulièrement prisé de nos jours en ébénisterie. Pourtant, à partir de la fin du Classique récent, le bois du *siricote* devient bel et bien un combustible commun à Naachtun. Et cela a été observé également sur le site de Río Bec, dans le Campeche, où le bois du *siricote* était l'essence la plus fréquente après les bois des Sapotacées dans des contextes de cuisine datés du Classique terminal (Dussol et al., 2016). Ce bois ne semble donc pas avoir été strictement réservé à l'artisanat, tout du moins pas à cette période. Ou alors, une pratique concevable aurait consisté à recycler comme combustible les déchets de taille produits par les activités artisanales.

Sachant la densité de population maximale dans la région à cette période, et l'extension probablement considérable des terres cultivées sur les zones hautes, il est possible que certaines zones transitionnelles en marge des marais aient été mises à profit pour une sylviculture du *siricote* et du *nance*, voire du *ramón* et du *chicozapote*, comme, par exemple, la vaste zone intermédiaire située au nord-ouest du site et que l'on nomme le « paléo-bajo ». Quoi qu'il en soit, la favorisation active des arbres susceptibles de servir à des fins diverses pourrait être une stratégie de gestion des ressources végétales en réponse à l'accroissement démographique caractérisant la seconde moitié du Classique récent, qui tranche catégoriquement avec les modes d'exploitation des forêts observés au Classique ancien.

Un usage du charbon de bois comme combustible ?

Finalement, il faut noter que les bois du *nance* et du *habín* sont, avec le *dzidizlche* (*Gymnopodium floribundum*), traditionnellement employés pour la fabrication du charbon de bois chez les Itzas et dans les communautés yucatèques (Atran et al., 2004; Sanabria, 1986; Standley, 1930, p. 253). Le *ramón* aurait également été employé à cette fin dans la communauté de Uaxactun (Oxlaj, com. pers.). Un usage du charbon comme combustible à Naachtun pourrait être une explication plausible à l'anomalie quantitative que représente le dépotoir du Patio 34 (contexte 1872), qui contenait une très grande quantité de grands charbons de *nance*, accompagnée d'une quantité moindre de Moracées (voir *Brosimum alicastrum* / *cf. Trophis racemosa*) et de *habín*. On a surtout été frappé par l'état de ces charbons, particulièrement bien conservés et de taille très homogène. La production et l'usage du charbon comme combustible par les anciens Mayas ne semblent pas avoir été documentés archéologiquement. Mais il est concevable qu'une technologie rudimentaire de cet ordre ait été connue d'eux. Lentz et ses collègues avaient notamment suggéré, par analogie aux pratiques des Mayas contemporains des Hautes Terres (Breedlove et Laughlin, 2000; Wisdom, 1940), que le bois de pin pouvait avoir circulé dans les Basses Terres directement sous forme de charbon, puisque ce matériau est plus léger que le bois non traité (Lentz et al., 2005).

S'agirait-il ici d'une évolution technique ou bien d'un simple changement de matière première ? La grande quantité de charbons de *habín* découverte dans un remblai du sud-ouest de la zone résidentielle sud (contexte 3730), ainsi que l'usage intensif du *dzidzilche* durant toute la phase initiale pourraient faire penser que l'on utilise communément du charbon de bois à Naachtun depuis au moins

le début du Classique ancien. On notera en particulier, dans le niveau de terrassement situé sous le Groupe Triadique dans le Groupe C et daté de la phase Balam I, l'abondance de grands fragments de charbons de *dzidzilche* en section complète, d'environ 2 cm de diamètre. Standley (1930, p. 82) nous enseigne d'ailleurs que du bois du *dzidzilche* l'on produit le charbon « de la meilleure qualité, connu pour sa chaleur intense et sa durabilité ». Or rappelons que cette essence, pour être beaucoup plus abondante dans les forêts sèches septentrionales, est justement celle qui questionne le plus l'état d'ouverture et la composition des boisements à Naachtun. Se pourrait-il que cette ressource provienne en fait de boisements situés plus au nord dans le Campeche, exploités pour la production de charbon de bois ?

Toute invérifiable qu'elle soit en l'absence de contexte archéologique spécifique (e.g. charbonnière), l'hypothèse d'une production de charbon dans les sociétés mayas anciennes n'en mérite pas moins réflexion. Le charbon de bois est un combustible énergétiquement plus dense, au pouvoir calorifique plus élevé, qui s'utilise, entre autres, pour les industries nécessitant de très hautes températures de combustion. Il constitue aussi une part importante des combustibles domestiques, complémentaire du bois de feu, dans les villes et les villages contemporains qui dépendent encore des combustibles végétaux (García Molina, 2005; McCrary et al., 2005; Quiroz-Carranza et Orellana, 2010). Ce matériau est en effet beaucoup plus adapté à l'approvisionnement en contexte urbain où il se vend sur les marchés, puisque plus facilement transportable que le bois. D'après McCrary et al. (2005), l'usage domestique du charbon de bois devient encore plus important durant la saison des pluies, au cours de laquelle la collecte de bois mort est limitée. Dans les communautés mayas contemporaines des Hautes Terres, ce sont principalement les espèces de chêne (*Quercus spp.*) et de pin (*Pinus spp.*) qui servent à la fabrication du charbon (Breedlove et Laughlin, 2000).

Si l'hypothèse d'un usage préhispanique du charbon de bois était corroborée par des données archéologiques, elle conduirait donc peut-être à reconsidérer certains modèles relatifs à la gestion des ressources énergétiques dans les cités mayas, et notamment dans les industries telles que la production de la céramique et la production de la chaux. Un questionnement similaire a été soulevé par Anderson et Wahl (2016) dans une étude récente du signal incendie dans le Nord du Petén, qui a révélé un taux très faible de résidus de combustion, dans des niveaux contemporains au pic supposé de la production de chaux pour l'expansion architecturale des cités du Préclassique. Les auteurs ont ainsi conclu que les techniques de combustion des anciens Mayas dans la production de la chaux devaient avoir été plus efficaces que les techniques traditionnelles actuelles. Les données archéologiques et ethnoarchéologiques concernant la production préhispanique de chaux soutiennent cette hypothèse, puisque des fours à chaux semi-enterrés ont été mis au jour dans plusieurs sites mayas (e.g. Abrams et Freter, 1996; Fauvet-Berthelot, 1986; Seligson et al., 2017), et que cette technique s'est révélée, par le biais d'étude expérimentale (Seligson et al., 2017), beaucoup moins consommatrice de combustibles que la technique moderne du bûcher à l'air libre qui se pratique encore de nos jours. Il est donc plausible que des techniques autres que celles existantes actuellement aient été mises en œuvre dans l'optique d'une gestion plus efficace des combustibles.

Le système d'approvisionnement initial disparaît-il ?

La tendance manifeste à la standardisation de l'usage des bois à partir de la seconde moitié du Classique récent permet d'envisager que l'approvisionnement de la cité en combustible appartient

désormais à un système organisé, voire contrôlé. Néanmoins, la richesse taxonomique des assemblages anthracologiques reste élevée et stable par rapport aux phases précédentes (Tableaux 6.5 et 6.16). Et certaines des essences les plus exploitées au Classique ancien, qui caractérisaient des milieux semi-ouverts (e.g. *Lysiloma aurita*, *Gymnopodium floribundum*, Sapindacées), sont encore occasionnellement employées comme combustible au Classique récent et terminal. Cela transparaît complètement dans l'évolution des contributions relatives des formations végétales (Figure 6.15), où l'on observe que les proportions relatives des taxons associés à chaque formation sont étonnamment constantes durant toute la durée d'occupation du site. En particulier, on collecte toujours autant d'essences différentes, sinon davantage, dans les zones de végétation secondaire telles que les jachères ou les zones rudérale (e.g. *Croton spp.*, *Cascabela/Thevetia*, *Miconia sp.*, *Gliricidia sepium*, *Cecropia sp.*, *Alvaradoa amorphoides*). Mais l'intensité de leur usage décroît au profit d'une exploitation plus intensive des arbres à croissance lente issus des boisements aménagés. Cela indique qu'une partie des combustibles est encore issue d'une collecte opportuniste, probablement en fonction de la disponibilité des essences, dans des boisements encore diversifiés. Le fait de ne pas concentrer un système économique sous contrainte sur un nombre réduit de ressources et, au contraire, de les diversifier au maximum, est une stratégie classique de conservation des ressources (e.g. Atran et al., 1993; Barrera-Bassols et Toledo, 2005; Hadikusumah et al., 1991; McCrary et al., 2005; Sanabria, 1986).

Cette observation permet donc de nuancer ce qui pourrait être interprété comme l'évidence d'une arboriculture intensive pour une production de type commercial, telle qu'envisagée par S. Atran s'agissant des pratiques agraires des anciens Mayas au Classique récent (Atran et al., 1993). Des pratiques agroforestières actives auront certainement contribué à rendre les arbres multi-usages très abondants dans les boisements semi-ouverts entretenus dans l'environnement du site, sans pour autant en amoindrir drastiquement la biodiversité végétale. Mais il est également possible et même probable qu'avec l'expansion démographique, les zones agraires et les espaces boisés qui leur étaient associés (jachères et/ou ceintures forestières) aient été repoussées dans des zones plus éloignées par rapport au centre de la cité. Cela expliquerait leur moindre exploitation par rapport aux jardins forestiers entretenus dans des zones plus proches. Les données anthracologiques ne traduiraient pas seulement une transformation des boisements, mais aussi une excentration de certains types de boisements. Ce changement visible dans les pratiques de gestion forestière n'implique donc pas nécessairement la disparition des pratiques antérieures.

Ce qui surprend, malgré tout, c'est la rapidité avec laquelle ce changement semble s'opérer, probablement vers le milieu du Classique récent. C'est surtout vrai pour le *ramón* et le *siricote*, pratiquement absents dans les phases antérieures, alors que les Sapotacées sont déjà dominantes au Classique ancien et que le *nance* semble être employé comme combustible commun au moins depuis la phase Balam III. Il est difficile d'en être certain, compte tenu du flou relatif qui subsiste sur la phase Maax I-II en matière d'usage des bois. Mais cette évolution est certainement déjà amorcée au tout début de la phase Maax III, puisqu'un remblai du Complexe Sud daté de la transition Maax II-III (contexte 1871) présente déjà l'association Moracées - *Byrsonima* - *Piscidia piscipula*, doublée d'une importante proportion de *Manilkara sp.* De même, les dépôts cendreux issus de la sépulture 43 de l'unité 5N6 (zone résidentielle sud), datée via le radiocarbone du début de Maax III, présentent une proportion importante de charbons de Moracées (voir *Brosimum alicastrum*/*cf. Pseudolmedia sp.*) (voir

Chapitre 7). Comme pour parachever ce qui apparait désormais comme une importante mutation économique et probablement rapide, l'usage du bois de pin se généralise vraisemblablement à la fin du Classique récent – puisque représenté dans tous les derniers niveaux d'occupation datés de la phase Maax III (Tableau 6.5) – et culmine ensuite au Classique terminal.

L'usage du bois de pin à Naachtun au Classique terminal : une économie de marché ?

Utilisé à Naachtun au moins depuis le milieu du Classique ancien, le bois de pin devient une ressource majeure de la cité au Classique Terminal. Sa brusque augmentation dans les contextes archéologiques, après plusieurs siècles d'un usage vraisemblablement limité, nécessite de s'interroger sur le développement de nouveaux systèmes d'approvisionnement en bois, ainsi que sur l'évolution de la valeur sociale de cette ressource dans une société en pleine mutation socio-politique et économique.

L'exploitation et l'usage du bois de pin par les anciens Mayas a fait l'objet de nombreux écrits (voir Chapitre 2). Fait attesté par les données anthracologiques, cette ressource était largement répandue dans les cités des Basses Terres au moins depuis le Préclassique, suggérant son importance dans l'économie des anciens Mayas (e.g. Dussol et al., 2016; Lentz et al., 2012, 2005; Morehart et al., 2005; Thompson et al., 2015b). Or, si des populations de pins caribéens existent actuellement dans les savanes de basses terres, celles-ci sont parfois fort éloignées des sites archéologiques où des charbons de pin ont été identifiés. À Naachtun, les savanes les plus proches actuellement du site se trouvent à 90 km à l'est, dans des plaines alluviales de la Booth's River au Belize (Figure 1), ce qui soulève effectivement la question de l'origine du bois de pin utilisé dans la cité à la période Classique.

Les archéologues ont avancé deux hypothèses pour expliquer ce phénomène. L'une a envisagé une sylviculture du pin caribéen par les Mayas de Tikal, suite à la découverte de la pinède El Pinal dans le *Bajo* de Santa Fe (Fialko, 2001). Sans exclure que des pins aient pu être cultivés par les anciens Mayas, cette hypothèse fut en partie réfutée par l'étude génétique de Dvorak et al. (2005), qui a démontré l'origine naturelle de ces arbres (voir Chapitre 2.2.6). La seconde suggère l'existence de réseaux d'échange de bois de pin à longue distance (Lentz et al., 2005; Miksicek, 1983), comme cela s'observe dans les sociétés contemporaines. Le bois de pin produit dans les Hautes Terres est distribué sur les marchés jusque dans les Basses Terres, sous forme d'*ocote* ou de charbon (Breedlove et Laughlin, 2000; Standley et Steyermark, 1958, pp. 41–42; Wisdom, 1940). La rigueur scientifique nous oblige à ajouter une dernière hypothèse : durant la période classique, le pin poussait naturellement à proximité des sites centraux. Cette hypothèse est peut-être par trop simpliste, elle n'en mérite pas moins réflexion, ne serait-ce que pour éventuellement la réfuter et ainsi conforter d'autres hypothèses.

L'hypothèse environnementale : de l'existence de pinèdes locales

Peut-on envisager l'existence de pins caribéens dans l'environnement proche de Naachtun à la période classique ? Dans un environnement forestier tropical tel que celui du Nord du Petén, cette question pourrait sembler incongrue. Le pin caribéen est, certes, un conifère de basse terre. Dans les conditions climatiques actuelles, il croît naturellement depuis le niveau de la mer jusqu'à 700-900 mètres d'altitude dans les Montagnes Mayas, altitude au-delà de laquelle le pin oocarpa (*Pinus oocarpa*) domine (Perry, 1991). Il s'agit néanmoins d'une espèce héliophile, intolérante à l'ombre et aux sols

calcaires, raison pour laquelle elle n'est jamais associée aux forêts hautes pérennes et sub-pérennes (Barret et Golfari, 1962).

Dans les Basses Terres, le pin caribéen est associé aux savanes qui, de nos jours, s'étendent dans les plaines du Centre-sud du Petén et dans les plaines côtières alluviales du Belize. Les conditions écologiques et édaphiques particulières de ce type de milieu, elles-mêmes conditionnées par les facteurs topographiques et géologiques (voir Chapitre 1.1.3), y ont favorisé l'expansion de l'espèce. En effet, le pin caribéen tolère les sols argilo-sableux ponctuellement inondés – mais ne résiste pas en cas d'inondation durable, et est par ailleurs extrêmement résistant au vent, au feu et à la sécheresse qui sévissent régulièrement dans les savanes pendant la saison sèche (Barret et Golfari, 1962). Des populations de pins caribéens ont également pu se développer dans certaines zones de marais saisonniers lors de périodes climatiques plus sèches, et se maintenir ensuite en raison de facteurs micro-topographiques particuliers qui améliorent le drainage localement ; c'est ce que l'on peut observer aujourd'hui à El Pinal et à Ejido Caobas dans l'extrême Sud du Quintana Roo (Dvorak et al., 2005) (voir Chapitre 2.2.6). Finalement, le facteur déterminant dans le développement du pin caribéen dans les zones inondables, savanes ou marais saisonniers, semble bien être la rapidité du drainage.

Ces facteurs favorisants pourraient être présents dans l'environnement actuel proche de Naachtun, à condition d'une ouverture durable du milieu. Notamment, le marais sud qui s'étend au sud et à l'ouest du site, est une vaste zone d'altitude intermédiaire que l'on pourrait qualifier de plaine basse, aux sols argileux et profonds. Cette plaine est drainée en direction du sud-ouest par un vaste réseau hydrographique naturel qui déverse les eaux dans un gigantesque *bajo* à l'ouest (Figure 6.17). Cette configuration pourrait donc certainement en faire une zone propice au développement d'une savane arborée – et donc à la croissance du pin caribéen – ne serait-ce que dans les zones les plus élevées comme en bordure sud du site.

D'après les données paléolimnologiques du Nord du Petén, l'extension des savanes dans les Basses Terres aurait connu des fluctuations au cours de l'Holocène récent, corroborant ainsi le modèle de Dvorak et al. (2005) relatif à l'extension du pin caribéen. Grâce à une modélisation climatique, ces auteurs ont en effet démontré que la zone d'extension théorique du pin caribéen s'étendait jusque dans l'extrême Nord du Petén et dans la majeure partie du Quintana Roo (Figure 6.18). L'enregistrement pollinique du Lago Paixban, situé à l'ouest du site de Mirador, montre que les pollens de pin, de chêne (*Quercus spp.*) et de *nance* (*Byrsonima spp.*) – signature des savanes dans les pluies polliniques modernes (Bhattacharya et al., 2011) – sont plus abondants durant toute la période préhispanique, et même au-delà durant le Postclassique (Wahl et al., 2016). D'après les auteurs, ce phénomène est difficile à interpréter compte tenu du fait que les pollens de ces taxons sont ceux qui voyagent le plus loin. Leur augmentation dans un spectre peut donc être due à la déforestation à échelle régionale, qui atténue l'effet filtre des forêts hautes et entraîne ainsi une meilleure circulation des pollens depuis les sources lointaines (e.g. des savanes au Belize). Mais elle peut également traduire le développement de savanes locales, qu'il soit dû à un climat plus sec, aux activités humaines ou à une combinaison des deux facteurs. En effet, certains écologistes pensent que l'extension actuelle des savanes dans les Basses Terres est au moins en partie la conséquence de l'appauvrissement et de l'acidification des sols par les activités agraires depuis l'époque coloniale, qui ont empêché la recolonisation forestière (voir Chapitre 1.1.3). Un tel phénomène de « savanisation » (Wahl et al., 2016) dans le Nord du Petén aux

temps préhispaniques est donc parfaitement plausible compte tenu de la densité de population à cette période. À cela s'ajoute l'instabilité climatique qui caractérise l'Holocène récent, avec vraisemblablement un assèchement global du climat durant toute la période, avant un retour à des conditions plus humides, selon l'étude paléolimnologique menée par Wahl et ses collègues au Lago Puerto Arturo (Wahl et al., 2014).

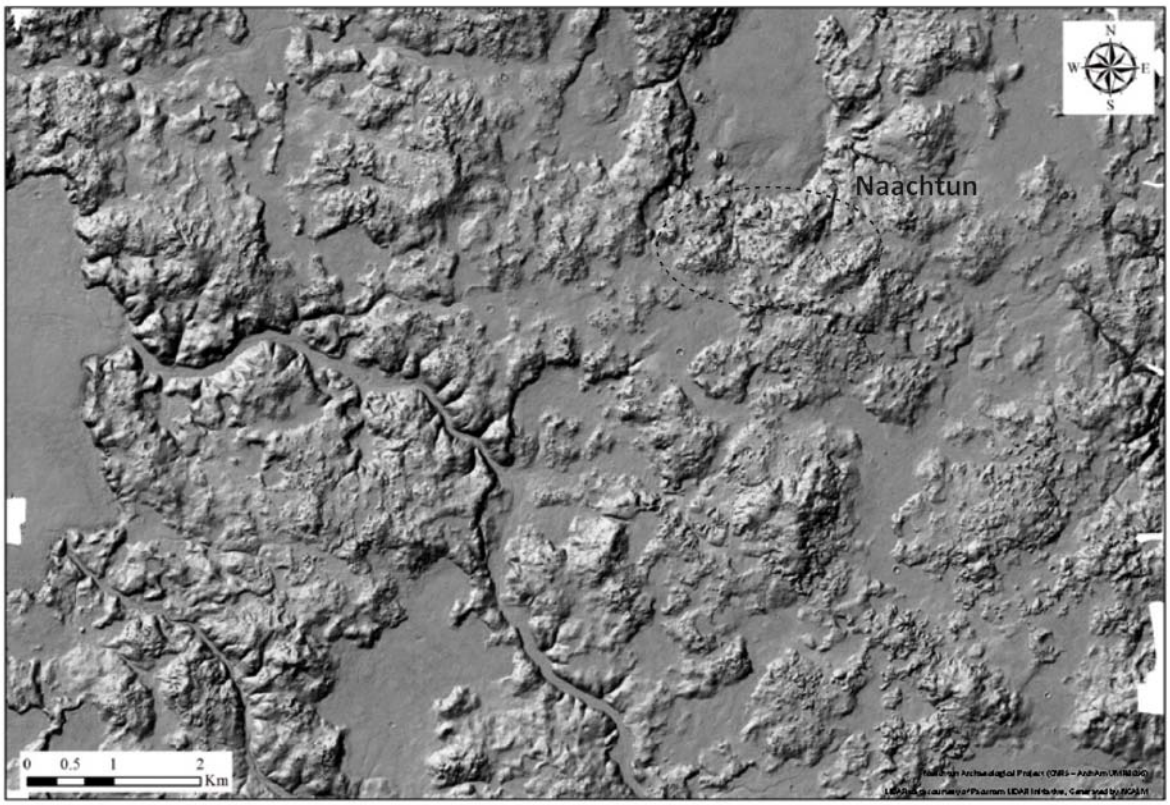


Figure 6.17 Couverture Lidar de la région de Naachtun. Image : Fondation Pacunam.

À Naachtun, rien n'empêche, donc, d'imaginer que des savanes aient pu se développer localement sous l'effet du facteur climatique (climat plus sec) et/ou anthropique (déforestation – même limitée – et exploitation intensive des sols autour de la cité). Ces savanes se seraient d'autant plus étendues qu'une partie des terres fut sans doute abandonnée par la population à la fin du Classique récent. Le pin caribéen étant une espèce pionnière, il aurait rapidement recolonisé ces espaces laissés en friche et serait devenu facilement accessible dans le rayon d'approvisionnement en bois de la cité. Cela expliquerait l'augmentation de l'usage du pin à la fin de l'occupation du site. D'ailleurs, on notera le fait qu'il est associé au *nance* (*Byrsonima spp.*) dans l'AFC, cette autre essence étant également très caractéristique des savanes.

Ce scénario, pour plausible et séduisant qu'il soit, ne s'appuie en définitive que sur deux évidences archéologiques : l'usage des bois de pin et de *nance* sur le site. Aucun autre proxy paléoécologique ou paléoenvironnemental ne vient corroborer ce modèle environnemental en l'état actuel des connaissances. L'absence de données palynologiques locales limite en effet considérablement la

discussion des données anthracologiques. De plus, on ne peut pas ignorer le fait que les autres essences les plus fréquemment associées au pin caribéen dans les savanes ou même les marais – chêne (*Quercus oleoides*), calebassier (*Crescentia cujete*) et *Curatella americana* – sont complètement absentes des charbons. Et il est peu probable, compte tenu de l'usage préférentiel du bois de chêne dans les sociétés mayas contemporaines (Breedlove et Laughlin, 2000; Metzger et Williams, 1966), que cette essence n'ait pas été exploitée si elle avait été disponible dans la région. Les Myrtacées *Psidium spp.* et *Eugenia winzerlingii*, également associées aux savanes, pourraient bien être représentées dans le spectre. Mais le taxon *Eugenia/Psidium* est corrélé aux phases anciennes de l'occupation, et non à la phase Muuch où le pin domine. Si l'hypothèse d'un approvisionnement local en bois de pin est donc plausible d'un point de vue écologique et climatique, elle est pour l'instant impossible à vérifier. D'autres évidences archéologiques, ainsi que l'examen du contexte socio-économique de la cité, doivent permettre d'avancer dans les réflexions.

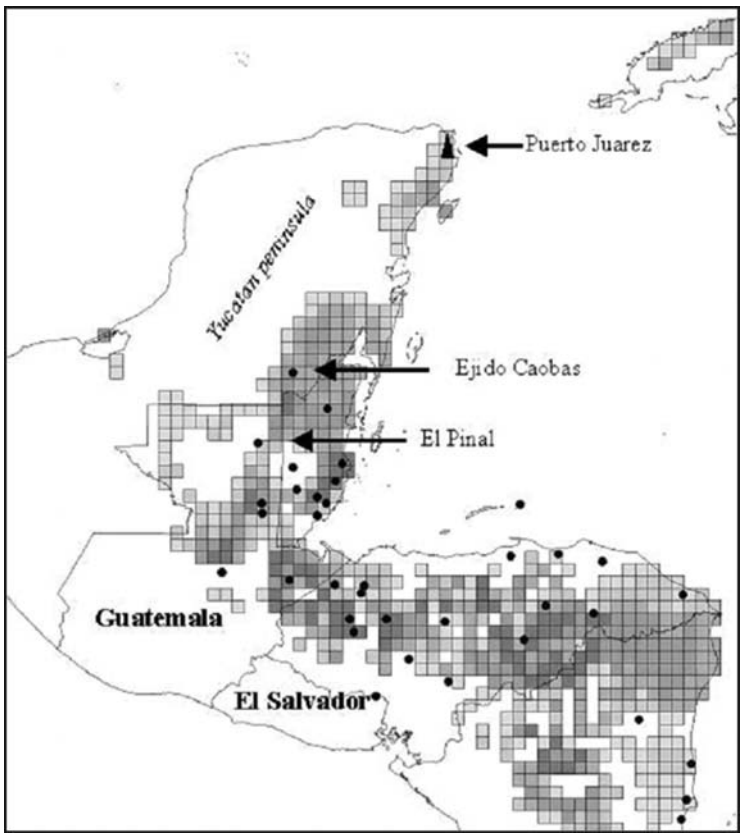


Figure 6.18 Zone d'extension théorique du pin caribéen dans la Péninsule du Yucatán d'après les données climatiques de 36 populations naturelles actuelles (marquées par les cercles). D'après Dvorak et al. 2005.

L'hypothèse économique : importation de bois de pin

La singularité du pin dans la séquence anthracologique de Naachtun, clairement mise en évidence par les analyses statistiques (voir 6.1.3), encourage fortement à penser que cette ressource a fait l'objet d'un traitement particulier. Or l'évolution de son usage semble pouvoir se corréler à l'histoire des relations politiques et économiques entre Naachtun et les cités voisines.

Le pin apparaît dans les assemblages anthracologiques de Naachtun à partir de la phase Balam II, au cours de laquelle la cité commence à s'intégrer à des réseaux d'échanges à longue distance grâce à son alliance avec Tikal. Or on sait que le bois de pin fut utilisé à Tikal depuis les débuts de son occupation au Préclassique, et il a été proposé que cette puissante cité devait avoir exercé un contrôle sur la distribution de cette ressource, peut-être même sur certaines sources d'approvisionnement (Lentz et al., 2015). L'adoption d'une tradition étrangère, à savoir l'usage du pin, à Naachtun serait une manifestation supplémentaire de l'influence culturelle et économique de Tikal sur la société de Naachtun (Nondédéo et al., 2016f; Patiño, 2013; Walker et Reese-Taylor, 2012). De plus, une distribution de cette ressource contrôlée par Tikal pourrait expliquer la rareté du pin dans les contextes du Classique ancien, et faire penser qu'il s'agissait à cette période d'un bien de prestige non accessible à l'ensemble de la cité, ou peut-être réservé à certaines activités.

Au début du Classique récent (phase Maax I-II), la rupture des relations politiques avec Tikal et sa soumission à Calakmul ne semblent pas avoir bloqué l'approvisionnement, aussi sporadique fût-il, en bois de pin, puisque du pin a été utilisé à l'occasion d'au moins deux inhumations datées de la phase Maax II : la sépulture 45 de l'unité 5N6 et la sépulture 48 du Patio 6 (voir Chapitre 7). Cela suggère que des relations économiques ont persisté avec la région de Tikal malgré les troubles politiques, ou bien qu'il devait exister des routes alternatives de circulation du pin. Aucune donnée anthracologique n'existe pour la cité de Calakmul et on ne sait donc pas si le bois de pin y était utilisé à cette période. Il est donc difficile ici de s'avancer, d'autant plus que la rareté du pin dans les contextes de Naachtun durant toute la phase initiale, ainsi que le problème d'échantillonnage lié à la phase Maax I-II, empêchent d'y voir clair sur les modalités de distribution de cette ressource dans la cité à cette période.

L'augmentation soudaine de l'usage du pin dès la fin du Classique récent (phase Maax III) et plus nettement au Classique terminal, pourrait être mise en relation avec l'intégration de Naachtun à de nouveaux réseaux d'échanges à longue distance. La cité connaît en effet un renouveau économique qui commence dès le début de la phase Maax III, et qui s'intensifie ensuite au Classique terminal, sous l'impulsion probable de quelques familles nobles centrées sur les Complexes Central et Sud du Groupe B (voir Chapitre 1.3.3). Rompant avec l'institution de la royauté sacrée en vigueur jusqu'à la fin du Classique récent, cette nouvelle élite sociale fonde son autorité sur son pouvoir économique, qui se manifeste à travers sa capacité à acquérir des biens de prestige d'origine exogène (Nondédéo et al., 2016f; Sion, 2016). En libérant les routes commerciales, le déclin de Tikal à la fin du Classique récent est probablement un des facteurs ayant contribué à ce phénomène de nouvelle expansion économique (Nondédéo et al., 2013). Cela renforce d'autant l'hypothèse d'un contrôle de Tikal sur la distribution régionale du pin durant la période classique. Ce que l'on pourrait qualifier d'émancipation économique de Naachtun vis-à-vis de Tikal expliquerait alors l'arrivée massive du pin à la cité au Classique terminal, via de nouvelles routes d'échanges.

Parmi les routes commerciales auxquelles participe désormais la société de Naachtun, au moins deux coïncident avec des sources potentielles de pin : la route du sud-est en provenance des Montagnes Mayas et de la côte caribéenne, qui fournit le granite, le basalte, le schiste, les coquillages marins, également de la céramique, et celle du sud en provenance des Hautes Terres et de la côte Pacifique, d'où arrivent une partie de l'obsidienne, des pierres vertes et des coquillages marins. Au

plus proche de Naachtun, le bois de pin a été, dès le Préclassique, une ressource importante dans les cités du Nord du Belize comme Xunantunich et Lamanai (Lentz et al., 2016, 2005), vraisemblablement aussi dans des communautés agraires plus modestes telles que Chan et Cuello (Lentz et al., 2012; Miksicek, 1991). Depuis ces régions où, de nos jours, les pins caribéen et oocarpa foisonnent, le bois de pin circulait vraisemblablement vers l'intérieur des terres jusque dans le Campeche, puisqu'il était utilisé à Río Bec au Classique Terminal (Dussol et al., 2016).

Au vu de ces éléments, l'hypothèse d'une origine exogène du pin à Naachtun est convaincante. Cette ressource était-elle pour autant un bien de prestige, comme suggéré sur d'autres sites (Lentz et al., 2016, 2005) ? Origine exogène, rareté et distribution contrôlée par les élites sont des éléments qui définissent les biens de prestige (Sion, 2016, pp. 211–212). Par conséquent, leur abondance relative dans les contextes archéologiques est interprétée comme marqueur du statut social. À Naachtun au Classique terminal, le pin est effectivement plus abondant dans les deux dépotoirs du Patio 28 inclus dans le corpus standardisé (contextes 2009 et 2039, Figure 6.19). Principale unité résidentielle du Complexe Sud, la prééminence du Patio 28 dans le nouvel ordre socio-politique de la cité au Classique terminal se matérialise notamment par la richesse et la diversité du matériel archéologique visible dans les dépotoirs (Sion, 2016). Dans les prélèvements par flottation de ces deux dépotoirs, qui correspondent à des accumulations détritiques successives, le pin est le taxon dominant, indiquant l'importance et la continuité de son usage dans cette résidence. Cela sera encore confirmé à travers l'examen des dépôts spéciaux (voir Chapitre 7). Il est en revanche nettement moins représenté dans les zones de rejets domestiques des résidences voisines (Figure 6.8), ce qui semble pouvoir s'expliquer par leur statut social subordonné (Sion, 2016).

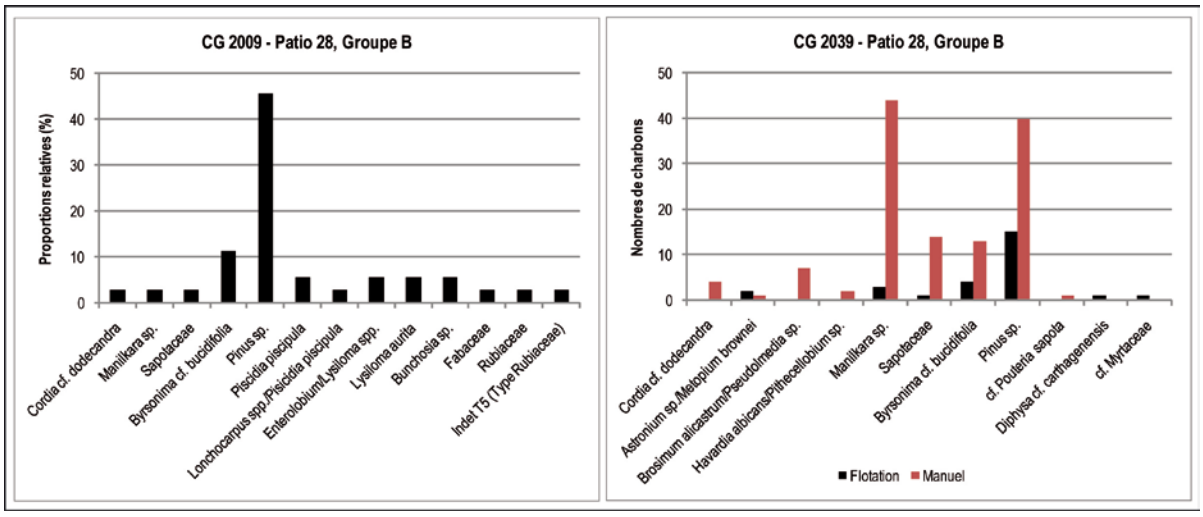


Figure 6.19 Proportions relatives par taxon dans le dépotoir 2009. Nombre de charbons par taxon dans le prélèvement par flottation et dans le prélèvement manuel dans le dépotoir 2039. Patio 28, Complexe Sud.

L'origine probablement exogène du bois de pin, sa rareté durant toute la phase initiale, sa distribution peut-être contrôlée par Tikal dans un premier temps, puis au Classique terminal, par les élites du Complexe Sud, semblent donc confirmer le statut particulier de cette essence. Néanmoins, il faut noter que le dépotoir du Complexe à enceinte, qui représente visiblement une durée d'activité très

longue entre le Classique ancien et le Classique récent (voir 6.1.3), n'a jamais livré qu'un seul charbon de pin, alors qu'il se situe dans un secteur d'élite. Comme cela a été proposé à Lamanai (Lentz et al., 2016), l'usage du pin pourrait avoir été majoritairement réservé aux activités civico-cérémonielles ou religieuses sous la royauté à Naachtun (phases Balam II à Maax III), ce qui expliquerait alors sa rareté dans les contextes domestiques. C'est ce que suggère notamment son absence dans les contextes généraux du Patio 6 et de l'unité 5N6, alors qu'on l'y trouve dans les sépultures desdits patios déjà évoquées (voir Chapitre 7). Appuyant encore cette hypothèse, deux dépôts de fondation datés de la phase Balam II (sur quatre dépôts de ce type et de la même phase dans le corpus des dépôts spéciaux) et situés dans la zone résidentielle sud, ont livré des proportions importantes de charbons de pin. Si ces tendances étaient vérifiées, elles pourraient révéler un changement de la valeur symbolique (passage de la sphère religieuse à la sphère domestique) ou sociale (appropriation par les nouvelles élites d'une pratique antérieurement liée au domaine civico-cérémoniel) de cette ressource.

*

En raison de l'impact différentiel et probablement spécifique des processus taphonomiques sur la préservation des charbons, des préférences culturelles dans l'usage des ressources, de la circulation des matières premières et de l'existence possible de pratiques alternatives telles que l'usage du charbon de bois comme combustible, il est clair que le spectre anthracologique ne nous livre qu'une image partielle et sans doute déformée du couvert ligneux local. Néanmoins, à travers l'étude des usages des combustibles sur huit siècles d'occupation à Naachtun, on a pu mettre en évidence certains phénomènes, dont on peut déduire des stratégies de gestion des boisements et leurs liens avec les pratiques agraires. Le caractère global de ces phénomènes à l'échelle du site est vérifié par la reproductibilité des spectres anthracologiques dans des contextes contemporains de différents secteurs. Cela permet de supposer qu'ils reflètent effectivement des changements dans le couvert ligneux autour de la cité. En parallèle, il a été possible de détecter des phénomènes probablement localisés. La proportion importante de charbons de *habín* (*Piscidia piscipula*) dans un contexte Balam I situé à l'extrémité sud-ouest de la zone résidentielle sud traduit peut-être la proximité d'une aire d'activité spécialisée au tout début de l'occupation du site. De même, l'augmentation de l'usage des bois de *Maytenus sp.* et *Erythroxylum sp.* dans les contextes Maax I-II du Patio 6 du Groupe B évoque une collecte différente des bois en ce lieu et à cette période, en fonction, peut-être, de préférences culturelles.

L'image d'un milieu semi-ouvert qui transparaît dans la séquence anthracologique depuis la phase Balam I du Classique ancien jusqu'à la phase Maax I-II du Classique récent, montre que le bois de feu était collecté de façon plus ou moins opportuniste, aussi bien dans des boisements anciens que dans des boisements en régénération. Cela suppose le maintien d'espaces forestiers à proximité des habitats, peut-être sur le modèle traditionnel des *t'olche*' yucatèques (Remmers et Koeijer, 1992), qui relève sans doute d'un système d'exploitation agraire extensif. La stabilité de l'exploitation des bois de feu durant les six premiers siècles de l'occupation contraste néanmoins avec les dynamiques de population, en augmentation constante. En particulier, l'essor de la population en phase Balam II ne semble pas avoir eu d'impact durable sur la disponibilité des ressources ligneuses, malgré les variations des proportions de *Manilkara sp.* et *Haematoxylum sp.* que l'on observe dans la phase

Balam III du Classique ancien, qui pourraient marquer une diminution relative de certaines ressources à cette période. Le maintien de ce système initial a pu être favorisé par le ramassage régulier du bois mort, puisque cette pratique contribue à entretenir les forêts (Quiroz-Carranza et Orellana, 2010). Mais il démontre surtout la durabilité des stratégies d'exploitation agroforestières mises en place à Naachtun.

Le changement rapide dans les usages des combustibles qui survient lors de la seconde moitié du Classique récent est peut-être la conséquence d'une intensification des pratiques arboricoles. Le bois de feu devient, semble-t-il, un sous-produit de l'arboriculture ou, du moins, de la favorisation des fruitiers, notamment du *ramón* (*Brosimum alicastrum*), du *nance* (*Byrsonima sp.*), du *siricote* (*Cordia cf. dodecandra*) et des Sapotacées. Il est possible que de telles pratiques aient été mises en œuvre dès le Classique ancien, sans que cela n'apparaisse pour autant dans les données anthracologiques, si d'autres combustibles plus accessibles ou préférés étaient collectés en priorité. Néanmoins, la rapidité de ce phénomène pose question. Elle suggère qu'au-delà d'un changement dans la composition des boisements et la disponibilité des essences, ce serait également un changement dans les modalités de l'approvisionnement en bois qui se serait produit.

Le pic de population qui caractérise la phase Maax III du Classique récent, d'une durée, rappelons-le, de 80 ans au plus, a pu conduire à la mise en place d'un système d'approvisionnement en combustibles organisé à l'échelle de la cité. Cela expliquerait la relative standardisation des combustibles autour de certaines essences. La production et la distribution de charbon de bois (de *ramón*, de *nance* ?) pourraient avoir fait partie de ce nouveau système, autorisant ainsi l'hypothèse d'un approvisionnement à distance relative de la cité. Un tel système organisé n'aurait pas nécessairement impliqué un contrôle d'un État ou d'une élite. On observe, par exemple, dans les villes et villages contemporains d'Amérique centrale, des collecteurs/producteurs/marchands de bois et charbons de bois indépendants, appelés *leñadores* et *carboneros*, distribuant leurs marchandises via les marchés notamment (McCrary et al., 2005; Quiroz-Carranza et Orellana, 2010). L'absence de charbonnière préhispanique dans les Basses Terres mayas relève peut-être du même biais archéologique par lequel on explique la rareté des fours à céramique et des zones de production de chaux (Russell et Dahlin, 2007, p. 422). Il s'agit en effet d'activités qui devaient se produire hors des zones d'habitats, à proximité des boisements, sources de combustibles. Elles seraient, de ce fait, difficilement détectables dans des fouilles archéologiques centrées sur les établissements humains.

Enfin, il semble difficile, en l'état actuel des données, de trancher sur les facteurs ayant contribué à diffuser l'usage du bois de pin comme combustible à Naachtun au Classique terminal : expansion rapide du pin caribéen dans les terres plus ou moins proches de la cité, abandonnées à la fin du Classique récent, ou bien importation de bois de pin via l'ouverture de nouvelles routes d'échanges ? Quoi qu'il en soit, ce phénomène pourrait être révélateur d'un changement culturel, dans la mesure où se diffuse dans la sphère domestique, l'usage d'une ressource anciennement peu répandue et peut-être réservée à des activités particulières.

Ces différents systèmes de production et d'approvisionnement en bois de feu ne s'excluent probablement pas. Plus vraisemblablement, ils se sont surajoutés les uns aux autres au fil de l'histoire de la cité. De sorte qu'à la fin du Classique récent, les boisements associés aux zones agraires extensives tendent peut-être à s'éloigner avec ces dernières du centre de la cité, laissant ainsi la place

au développement des « jardins forestiers » ; et qu'au Classique terminal, ces boisements aménagés sont encore bien vivaces, indépendamment du fait que l'on a désormais recours à des matériaux nouveaux tels que le bois de pin.

Réflexion subsidiaire : les grands absents du spectre

Bien qu'il soit délicat de raisonner sur des données manquantes, on ne peut ignorer le fait que des arbres aujourd'hui parmi les plus fréquents dans les forêts des Basses Terres centrales – et par ailleurs abondants dans l'environnement actuel du site – sont complètement absents des assemblages anthracologiques de Naachtun, tout type de dépôt considéré. C'est le cas, par exemple, du *guayo* (*Melicoccus oliviformis*), actuellement co-dominant avec le *ramón* dans les forêts de zones hautes de l'ensemble des Basses Terres centrales, du *coloc* (*Talisia floresii*), de la *pimienta* (*Pimenta dioica*), du *jobo* (*Spondias mombin*), du *pasaak* (*Simaruba glauca*), des *malerios* (*Aspidosperma cruentum*, *A. megalocarpon*), du *mano de león* (*Dendropanax arboreus*), du *cojón* (*Stemmadenia spp.*/ *Tabernaeomontana spp.*), du *yaxnic* (*Vitex gaumeri*), du *granadillo* (*Platymiscium yucatanum*), ou encore du *luín* (*Ampelocera hottlei*), du *santa maria* (*Calophyllum brasiliense*), du *pixoy* (*Guazuma ulmifolia*) ou de l'*amapola* (*Pseudobombax ellipticum*).

Certes, ces taxons finiraient par apparaître si l'on analysait plus d'échantillons, puisqu'on a vu qu'à Naachtun, et en général dans les forêts tropicales (Scheel-Ybert, 1998), la richesse taxonomique augmente continuellement avec le nombre de charbons analysés (voir 6.1.1). À moins que certains d'entre eux ne soient présents parmi les taxons qui restent à déterminer. Mais, même dans ce cas, ils n'en resteraient pas moins des taxons rares. Et cette rareté est d'autant plus surprenante que la majorité correspond à des bois denses, aujourd'hui généralement appréciés comme combustibles. Pour ne citer que cet exemple, le bois de la *pimienta* est structurellement très proche de ceux de ses cousins les *guayabillos* (*Eugenia spp.* et *Myrciaria spp.*). Il serait donc curieux que cette essence n'ait pas été un combustible commun à Naachtun si elle avait été disponible localement.

L'absence ou, par équivalence, la très faible représentation de ces taxons dans les assemblages anthracologiques pourrait trouver de multiples explications : changements environnementaux, préférences ou tabous liés à certaines essences, impact différentiel des processus taphonomiques sur la production/préservation des charbons. D'un autre côté, des essences qui ont visiblement fait l'objet d'une favorisation active, voire d'une sylviculture dans les environs du site, tel que le *nance* et le *siricote*, ne sont pas du tout des essences fréquentes de nos jours autour du site, ni même dans les forêts basses des marais inondables proches, qui correspondent pourtant à leur écosystème naturel. Ces écarts flagrants entre la représentation de certains taxons dans les assemblages anthracologiques et leur distribution dans les forêts actuelles, manifestent, une fois de plus, le dynamisme des forêts tropicales des Basses Terres, mettant de plus en plus sérieusement en doute les approches qui consistent à partir de la composition actuelle des forêts pour inférer les pratiques des anciens Mayas (voir Chapitre 2.2.5).

FEU, CENDRES ET RITUELS

Apports de l'anthracologie à la reconstitution des processus de formation des dépôts spéciaux à Naachtun : vers une meilleure compréhension des comportements rituels mayas

7 L'approche comportementale dans l'étude des dépôts spéciaux a ouvert la voie à une nouvelle compréhension des anciennes pratiques rituelles mayas, plus étroitement imbriquée dans une dimension sociale et identitaire (Lamoureux-St-Hilaire et al., 2015). Plusieurs chercheurs ont insisté sur la nécessité de reconstituer les séquences gestuelles responsables de la formation des dépôts (e.g. Blomster, 1998; Clayton et al., 2005; Kunen et al., 2002). Dépassant la catégorisation fonctionnelle classique qui distingue les dépôts votifs, des sépultures et des dépôts de terminaison (voir Chapitre 2.1.1), le dépôt est désormais perçu comme le résultat d'une série d'actions et non plus comme un « objet » rituel. Son étude implique de prendre en compte l'histoire de ses composantes, leurs usages successifs et leur transformation, ainsi que leurs processus dépositionnels et post-dépositionnels, intentionnels ou non (Bonnardin et al., 2009; Newman, 2015, p. 311). Dans cette perspective, l'étude des cendres et des charbons régulièrement associés aux dépôts spéciaux dans les sites mayas peut s'avérer riche d'enseignements.

Le corpus des dépôts spéciaux de cendres et charbons à Naachtun est diversifié, aussi bien dans leur configuration que dans les assemblages matériels qui leur sont associés (voir Chapitre 4). Certains sont visiblement les restes de feux *in situ*, alors que d'autres semblent avoir été déposés intentionnellement dans un espace différent de leur lieu de production. Dans le Chapitre 4, certains de ces dépôts avaient été signalés comme de fonction incertaine, le contexte archéologique n'ayant pas permis d'établir avec certitude leur lien à une action rituelle. Les dépôts ont donc été classés selon leur disposition – scellés hors contexte funéraire, scellés en contexte funéraire, exposés dans des édifices civiques, exposés dans l'habitat – de façon à ne pas présupposer de leur fonction ou de leur signification.

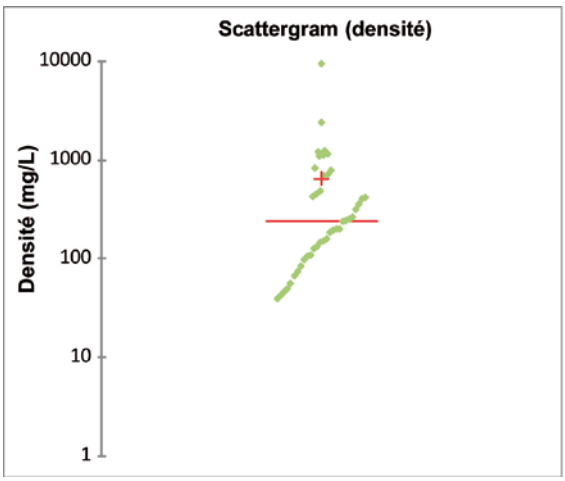
À travers une analyse de la composition taxonomique et de la densité de macrorestes végétaux, l'objectif du chapitre est de reconstituer les processus responsables de la formation de ces dépôts de cendres. Par cette approche, on cherche à déterminer l'origine des charbons de bois associés aux dépôts spéciaux, restes de feux particuliers ou bien déchets recyclés. La question sous-jacente à cette démarche est la suivante : existe-il des comportements récurrents dans l'usage rituel du feu et des cendres à Naachtun ?

Ce chapitre s'appuie sur le Chapitre 4 où ont été présentés le contexte et les caractéristiques de chacun des dépôts du corpus. Le lecteur est invité à se référer à la figure 3.8 et au tableau 4.12, qui situent spatialement et chronologiquement chaque dépôt sur le plan du site ainsi que dans la séquence chronologique des contextes. Les caractéristiques des taxons identifiés dans ces dépôts sont présentées dans le *Catalogue des taxons* disponible à la fin de ce manuscrit.

7.1. Reconstitution des processus de formation des dépôts spéciaux de cendres et charbons.. 279
7.1.1. Dépôts scellés non funéraires 281
7.1.2. Dépôts funéraires 290
7.1.3. Dépôts exposés 302
7.2. Variabilité des dépôts, continuité des comportements 314
7.2.1. Origine et déposition des cendres : des comportements rituels multiples 314
7.2.2. Processus de formation, richesse taxonomique et nature des dépôts : des comportements rituels récurrents ? 317
7.3. Usage des bois et manipulation des cendres : continuité et flexibilité 320

7.1. Reconstitution des processus de formation des dépôts spéciaux de cendres et charbons

Dans cette section, on propose, au cas par cas, une restitution des processus dépositionnels et post-dépositionnels responsables de la formation des dépôts spéciaux de cendres, grâce à l'analyse de la composition taxonomique et de la densité de macrorestes (g/L). Pour cela, on raisonne à partir de la séquence anthracologique générale (Figures 6.13 et 6.14) qui représente l'usage commun des bois à Naachtun, et de la densité de restes dans les contextes généraux, qui correspond à la densité attendue pour des cendres accumulées en dépôts secondaires à Naachtun. Celle-ci est inférieure à 1 gramme de macrorestes par litre de sédiment dans la plupart des contextes généraux, la valeur médiane étant de 0,24 g/L (Figure 7.1). Seuls deux contextes de remblai particulièrement riches en charbons (contextes 4921 et 3730, voir Chapitre 6) présentent une densité de restes supérieure à 1,3 g/L. Ces données servent de référence à l'interprétation des dépôts spéciaux en termes d'usage des essences, de séquence gestuelle et de processus taphonomiques. De plus, lorsque l'échantillonnage le permet, les dépôts sont analysés dans une perspective spatiale. Le terme « spatial » fait ici référence aussi bien aux différences horizontales et verticales entre différents échantillons d'un même dépôt, qu'aux différences ou similitudes entre plusieurs dépôts.



Statistiques descriptives (Données quantitatives) :

Statistique	Densité (mg/L)
Nb. d'observations	42
Minimum	39,375
Maximum	9634,909
1er Quartile	113,534
Médiane	243,002
3ème Quartile	641,095
Moyenne	644,959
Variance (n-1)	2246200,325
Ecart-type (n-1)	1498,733

Figure 7.1 Variation de la densité de macrorestes (mg/L) dans les contextes généraux (N = 42) sur une échelle logarithmique.

On présentera les dépôts par catégorie (dépôts scellés, dépôts funéraires et dépôts exposés) et par zone du site. Leur composition taxonomique est présentée sous forme de graphiques en secteur. Ce mode de représentation est particulièrement efficace pour visualiser, par exemple, les différences ou ressemblances entre plusieurs dépôts, qui peuvent traduire une origine commune ou, au contraire, des processus de formation différents. Afin de simplifier les figures, notamment dans le cas de dépôts particulièrement riches, seuls les taxons les plus représentés dans chaque dépôt sont indiqués sur les graphiques, certains ayant été rassemblés par famille. On mentionnera néanmoins systématiquement dans le texte l'ensemble des taxons identifiés dans chaque dépôt. Les données quantitatives détaillées (comptage et pesée, non représentées graphiquement) sont présentées dans l'annexe F-1.

Ces graphiques sont complétés par des tableaux de données dans lesquels sont indiquées les caractéristiques métriques de chaque échantillon de charbon, un dépôt pouvant être composé de plusieurs échantillons lorsqu'il a fait l'objet d'un échantillonnage spatialisé. Par caractéristique métrique, on entend le volume (L) de sédiment prélevé, la masse totale (g) de macrorestes de l'échantillon (fraction > 2 mm), la densité de macrorestes (g/L) et la fraction de l'échantillon analysée parmi les charbons > 4 mm (dans le cas où un sous-échantillonnage a été effectué). Le nombre de charbons N indiqué sur les graphiques correspond au nombre de charbons analysés. Comme dans le cas des contextes généraux, les charbons indéterminables sont exclus des graphiques et des analyses. Enfin, on précisera si ces échantillons contenaient des carporestes ou d'autres restes d'origine végétale ou organiques. Ceux-ci sont inventoriés dans le tableau 7.1 selon les catégories indiquées au Chapitre 3 (Tableau 3.6).

Tableau 7.1 Inventaire des carporestes issus des échantillons des dépôts spéciaux. MOC : matière organique carbonisée non identifiée.

Id	Dépôt	Maïs (*Zea sp.*)			Autres carporestes (nb de fragments)	Autres matériaux
		Grain entier	Grain fr.	Cupule		
3809	Scellé - Str. IV, Groupe C	-	-	-	3 fr. indet	MOC (0,42 g)
2135	Foyer intrusif - Complexe à enceinte	-	-	-	-	MOC (5,5 g) Fibres végétales type Arecaceae
3731	Scellé - unité 6L40, zone sud	-	16	-	1 fr. endocarpe type Arecaceae 1 fr. indet	MOC (0,04 g)
2520	Scellé - unité 6M53, zone sud	-	3	-	6 fr. indet	-
4025	Sep. 48 (interne) - Patio 6, Complexe Ouest	1	2	3	5 fr. *Byrsonima sp.* 2 fr. indet	-
4348	Sep. 48 (remblai) - Patio 6, Complexe Ouest	-	-	-	15 fr. indet	-
4023	Sep. 46 (externe) - Patio 22, Complexe Central	1	5	-	-	-
4016	Sep. 49 (externe) - Patio 22, Complexe Central	27	92	-	3 fr. endocarpe type Arecaceae 7 fr. indet	-
4026	Sep. 49 (interne) - Patio 22, Complexe Central	7	4	-	-	-
549	Exposé - Str. 6O-5, Place Río Bec	-	-	-	-	Résine
584	Exposé - Str. 5O-5, Place Est	-	-	-	-	Résine
2776	Sep. 45 - unité 5N6, zone sud	-	3	1	1 fr. endocarpe type Arecaceae 6 fr. indet	-
2783	Sep. 41 - unité 5N6, zone sud	1	-	-	-	-
2759	Sep. 43 - unité 5N6, zone sud	1	3	6	7 fr. indet	-
2301	Sep. 35 - Patio 31, Complexe Sud	2	4	-	2 fr. indet	-
2326	Sep. 39 - Patio 34, Complexe Sud	-	1	-	2 fr. endocarpe type Arecaceae	-
1925	Foyer exposé - Str. 5O-4, Place Est	5	9	50	3 fr. indet	-

Id	Dépôt	Maïs (*Zea sp.*)			Autres carporestes (nb de fragments)	Autres matériaux
		Grain entier	Grain fr.	Cupule		
2108	Exposé - Str. 5O-5, Place Est	1	-	-	52 fr. endocarpe type Arecaceae 5 fr. indet	-
4479	Fosse intrusive - Str. 5O-120, Patio 21, Complexe Central	10	-	-	3 fr. indet	-
2051	Exposé - Str. 5O-120, Patio 22, Complexe Central	24	7	6	5 fr. indet	-
2074	Exposé - Str. 5O-120, Patio 22, Complexe Central	1	-	2	-	-
2244	Exposé - Str. 5O-131, Patio 22, Complexe Central	-	-	-	1 fr. endocarpe type Arecaceae	-
2027	Exposé - Patio 28, Complexe Sud	-	2	-	3 fr. endocarpe type Arecaceae 1 fr. type Fabaceae 9 fr. indet	-
2034	Exposé - Patio 28, Complexe Sud	1	1	-	10 fr. endocarpe	-
1830	Exposé - Patio 31, Complexe Sud	-	-	-	4 fr. indet	-
1842	Exposé - Patio 31, Complexe Sud	2	2	-	-	-
2408	Exposé - Patio 32, Complexe Sud	-	-	-	1 fr. indet	-

7.1.1. Dépôts scellés non funéraires

Les cinq concentrations cendreuses enterrées et non associées à un contexte funéraire sont issues du Groupe C (3809), du Groupe A (2135) et de la zone résidentielle sud (2520, 3731 et 2765). Toutes sont datées du Classique ancien, principalement de la phase Balam II d'après l'analyse du matériel céramique. Le dépôt 2520 a, en plus, fait l'objet d'une datation au radiocarbone qui a permis de le situer probablement au tout début de la phase Balam II. S'agissant du niveau d'incendie 2765 (unité 5N6), la conjonction de l'étude chrono-céramique et d'une datation au radiocarbone le situe plus probablement à la transition entre les phases Balam II et Balam III.

Le dépôt de la structure IV, Groupe C

Le spectre du dépôt 3809, situé dans une fosse sous la structure IV du Groupe C, est relativement riche et remarquablement inhabituel pour la phase Balam II du Classique ancien, confirmant son caractère particulier (Figure 7.2). Échantillonné sur trois niveaux arbitraires (Tableau 7.2), ce dépôt se compose essentiellement des bois de *Manilkara sp.*, *Myrcianthes fragrans*, *Diphysa cf. cartagenensis* et de l'ensemble de Moracées *Brosimum alicastrum* / *Pseudolmedia sp.* et, secondairement, des bois de *Zanthoxylum sp.* et *Coccoloba sp.* Précisons que le bois de *Myrcianthes frangrans* correspond ici à du bois de racine, identifié par l'absence de moelle centrale (Figure 7.3). Les autres taxons, mineurs, identifiés dans ce dépôts sont *Haematoxylum sp.*, *Diospyros sp.*, *Guettarda cf. gaumeri*, les Fabacées *Gliricidia sepium*, *Lysiloma aurita* et probablement une espèce du genre *Swartzia*, ainsi qu'une Euphorbiacée indéterminée et une probable Myrtacée.

La distribution verticale des taxons n'est pas homogène dans le dépôt (Figure 7.2). Les charbons de *Myrcianthes fragrans* et *Coccoloba sp.* se concentrent dans les niveaux profonds, et ceux de *Diphysa sp.* sont localisés essentiellement dans le niveau intermédiaire. On pourrait penser que cette

distribution résulte de la déposition successive des restes de plusieurs feux. Mais le fait que certains taxons se retrouvent uniformément dans les trois niveaux semble contredire cette hypothèse. Les Moracées (*Brosimum alicastrum* et/ou *Pseudolmedia sp.*) et *Zanthoxylum sp.* étant des taxons rares dans les assemblages du Classique ancien à Naachtun (voir Chapitre 6), il est peu probable que leur présence dans les trois niveaux soit le résultat d'une accumulation de plusieurs feux à cette période (contrairement à *Manilkara sp.*, abondant dans la plupart des contextes quelle que soit la phase considérée). À cela s'ajoute la présence, également dans les trois niveaux, d'une quantité importante de restes de matière organique carbonisée non identifiée, un type de reste peu courant à Naachtun. La distribution homogène de ces éléments peu communs permet donc de penser que l'on se trouve plus probablement en présence d'une déposition unique. C'est aussi ce que semble indiquer le gradient vertical que l'on observe dans la densité de restes, beaucoup plus élevée dans le fond de la fosse (4,18 g/L) par rapport aux niveaux supérieurs (1,10 et 0,50 g/L). Or, la déposition successive des restes de plusieurs feux résulte normalement en une matrice cendreuse plus ou moins homogène, telle qu'on en trouve dans les dépotoirs domestiques.

Tableau 7.2 Caractéristiques métriques des échantillons issus du dépôt 3809, structure IV, Groupe C.

	N° échant.	Volume (L)	Masse (g)	Densité (g/L)	Fraction
Niveau sup.	1	12	6,00	0,50	1
Niveau intermédiaire	2	10	11,01	1,10	1
Niveau inf.	3	8	33,41	4,18	1/2

Dans l'hypothèse d'une déposition en une seule étape, la stratification observée dans la composition taxonomique (concentrations de *Myrcianthes fragrans* et de *Diphysa sp.* dans les niveaux inférieurs de la fosse) devient l'indice d'un dépôt primaire, dont les restes non remaniés reflètent l'organisation initiale des essences brûlées *in situ*. C'est d'ailleurs ce que suggère la présence de nombreux éclats de silex brûlés dans ce dépôt. Sachant l'impact du processus de combustion sur la préservation des charbons de *Brosimum alicastrum*, l'hypothèse d'un feu effectué directement dans cette fosse pourrait ainsi expliquer la forte proportion de charbons de Moracées, puisqu'un défaut d'oxygénation du feu dû à son enterrement partiel aurait conduit à une plus grande production de ces charbons.

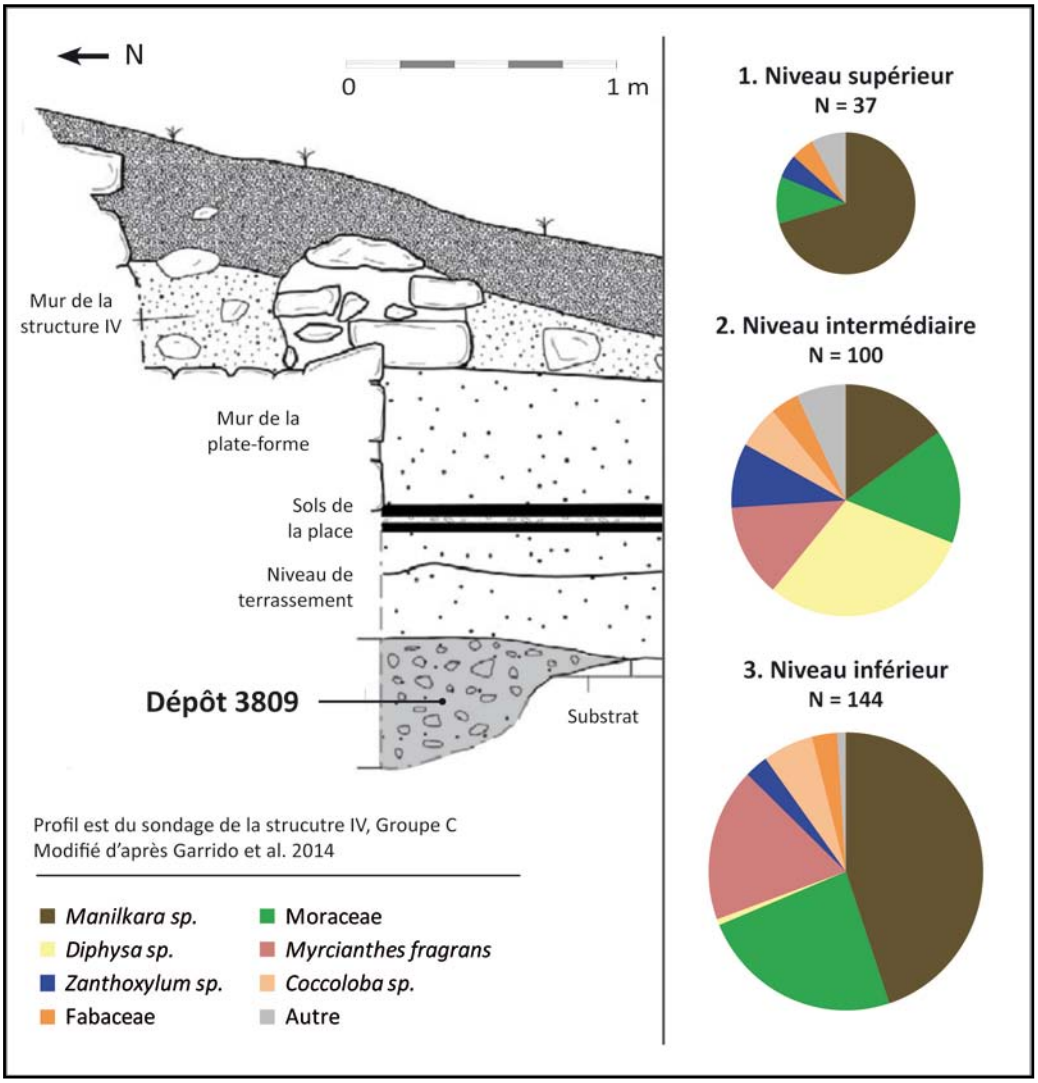


Figure 7.2 Composition taxonomique par niveau du dépôt 3809, structure IV, Groupe C.

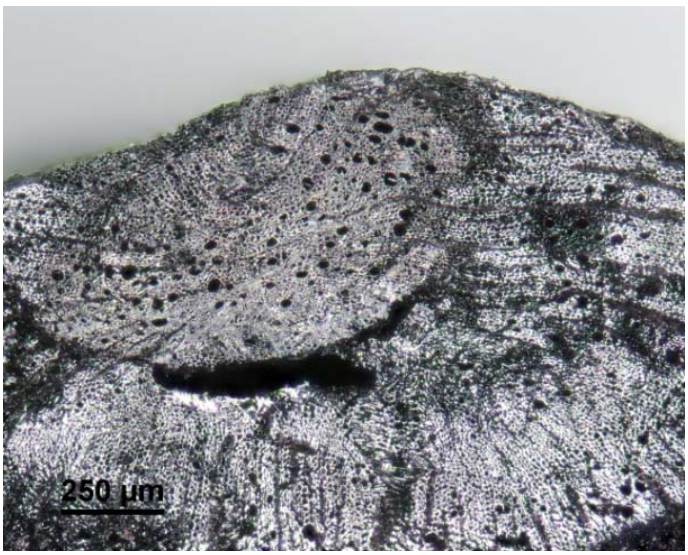


Figure 7.3 Photomicrographie en coupe transversale (x50) de *Myrcianthes fragrans*, bois de racine. N14-3809, structure IV, Groupe C.

Le foyer intrusif du Complexe à enceinte, Groupe A

Du dépôt 2135, issu d'un foyer intrusif mis au jour au pied du mur ouest dans le Complexe à enceinte (Groupe A), sept échantillons de sédiment cendreux avaient été prélevés. Quatre d'entre eux ont livré des charbons identifiables (Tableau 7.3). Ils correspondent au niveau supérieur général et, sous celui-ci, à trois concentrations charbonneuses en contact avec les pierres formant le fond de la fosse.

Ce dépôt se compose essentiellement de charbons de *Cordia cf. dodecandra* (*siricote*) (Figure 7.4), une essence qui ne devient un combustible commun à Naachtun qu'à partir de la phase Maax III (un seul charbon de *Cordia* a été identifié dans un remblai daté de Balam III, situé dans l'unité 5N6). Dans les phases antérieures, un seul charbon de *Cordia cf. dodecandra* a été identifié. Il a déjà été mentionné que le bois du *siricote* (*Cordia dodecandra*) est traditionnellement un bois privilégié pour l'artisanat, en raison de ses propriétés physiques (couleur, dureté et propriété auto-lubrifiante). La combustion d'objets manufacturés en bois de *Cordia* comme offrandes pourrait ainsi expliquer ce dépôt, si ce bois était alors réservé aux activités artisanales.

Les autres taxons identifiés sont *Haematoxylum sp.*, *Manilkara sp.*, Sapotaceae, Fabaceae, *Lonchocarpus cf. sericeus, Piscidia piscipula*, *Eugenia/Psidium* et une Primulacée du genre *Ardisia* ou *Myrsine*. Cohérents avec l'assemblage de la phase Balam II d'un point de vue taxonomique, ces charbons pourraient provenir d'une contamination des sédiments adjacents, notamment du remblai de construction du sol 3, d'environ 20 cm d'épaisseur, qui recouvrait la fosse (Nondédéo, 2014a, p. 358). Mais le fait qu'on les trouve également dans les échantillons profonds, c'est-à-dire dans la partie du dépôt *a priori* la moins susceptible d'avoir été contaminée, permet de penser que ces charbons sont bien *in situ*. Cela suggère un emploi volontaire d'essences autres que *Cordia* dans ce foyer, peut-être sous forme de petit bois ayant servi à l'allumage. Ce dépôt contenait par ailleurs des fibres végétales ligneuse carbonisées faisant penser à des fibres de palmier (Arécacées), ainsi qu'une quantité importante de matière organique carbonisée non identifiée (5,5 g au total, Figure 7.5). Ces deux types de restes sont essentiellement concentrés dans l'échantillon superficiel et dans la concentration nord (échantillon n°2).

Tableau 7.3 Caractéristiques métriques des échantillons issus du foyer intrusif 2135, Complexe à enceinte, Groupe B.

	N° échant.	Volume (L)	Masse (g)	Densité (g/L)	Fraction
Niveau sup.	1	13	33,31	2,56	1/4
	2	1	19,70	19,70	1/4
Niveau Inf.	3	2	1,42	0,71	1
	4	4	1,44	0,36	1/8

Si les différentes concentrations visibles au sein de ce foyer pourraient indiquer que différents feux y ont été réalisés, la distribution homogène des taxons dans ces concentrations est plutôt en faveur d'un événement unique. Ces concentrations marquées pourraient ainsi être le résultat de la disposition particulière, et peut-être structurée, des différents éléments ligneux à l'intérieur du foyer.

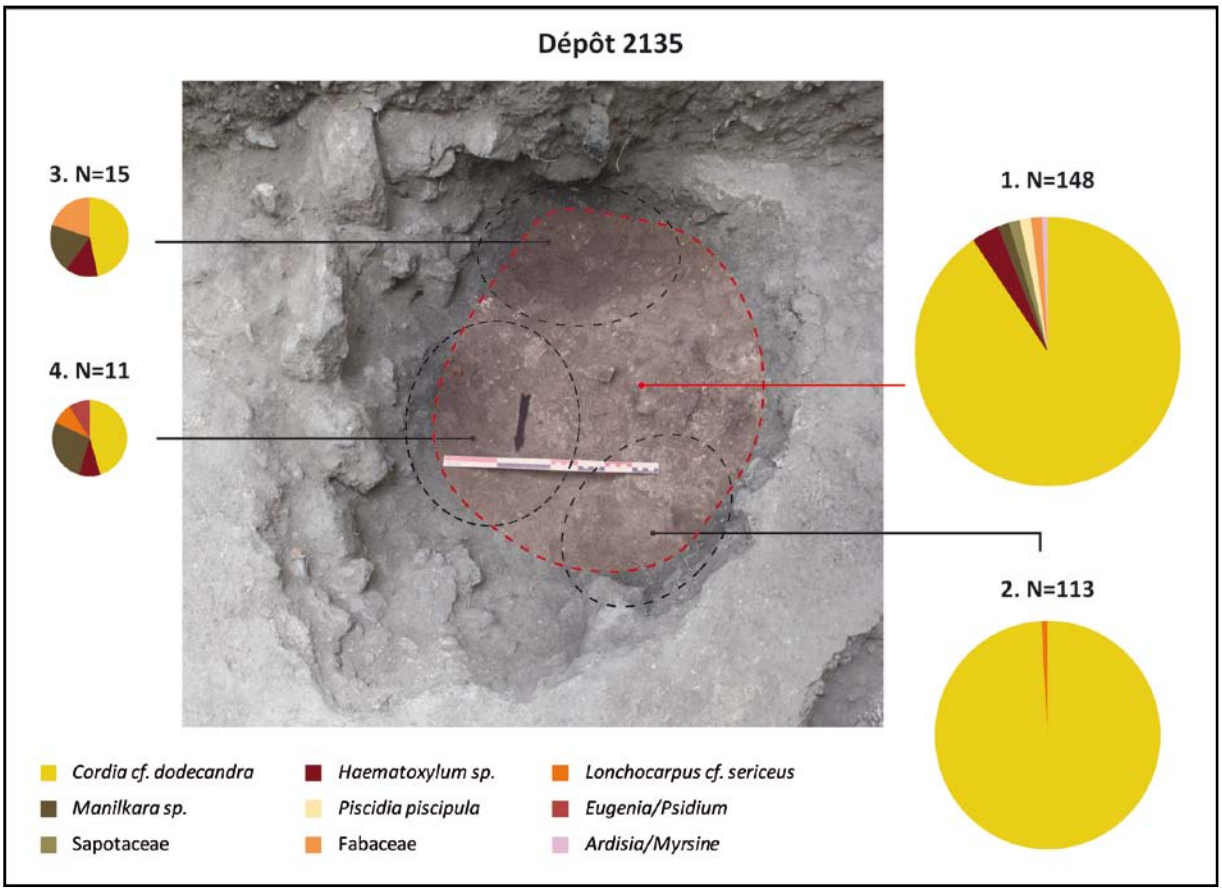


Figure 7.4 Composition taxonomique du dépôt 2135, Complexe à enceinte, Groupe A.

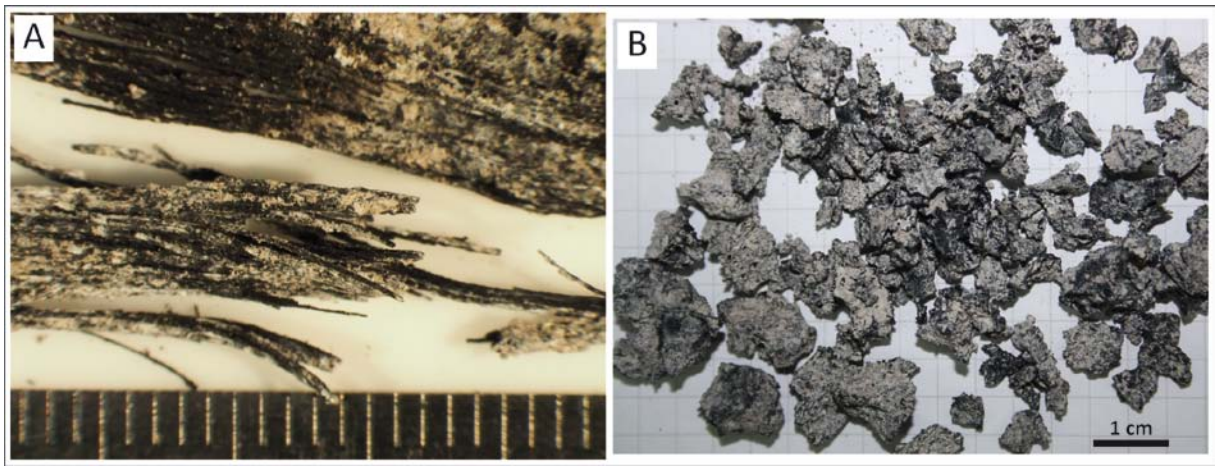


Figure 7.5 Autres matériels présents dans le dépôt 2135. A : fibres ligneuses de type palmier ; B : restes de matière organique carbonisée non identifiée.

Le niveau d'incendie de l'unité 5N6, zone résidentielle sud

Le dépôt 2765 correspond au niveau d'incendie qui semble marquer la transition entre la destruction d'une structure antérieure et la construction de la structure 5N-6 de l'unité 5N6, probablement au tout début de la phase Balam III. Il a été mis au jour dans le sondage effectué dans la pièce O2 (extrême

ouest) de ladite structure (voir Chapitre 4.5.1). La figure 7.6 présente la composition taxonomique des différents échantillons prélevés dans ce niveau, représentés sur le profil ouest du sondage. Les échantillons 1 et 2 correspondent au niveau général, prélevés sur deux niveaux arbitraires ; le niveau supérieur étant le plus riche en charbons, avec une densité de restes de 21 g/L (Tableau 7.4). Les échantillons 3 et 4 correspondent aux parties supérieure et inférieure de la concentration charbonneuse mise au jour à la limite nord du sondage (qui s'étendait au nord, hors zone de fouille). L'échantillon 5 fut prélevé dans la concentration centrale la plus profonde, en contact avec le mur supposé de la structure 5N-6 sub (n'apparaissant pas sur la figure).

La principale essence qui compose ces dépôts est une Lauracée du genre *Licaria* ou *Nectandra*. Avec *Manilkara sp.*, ces bois sont présents dans tous les échantillons. Dans la concentration nord, on observe une différence nette entre la partie supérieure composée essentiellement de *Piscidia piscipula* et *cf. Myrciaria floribunda*, et la partie inférieure dominée par *Eugenia/Psidium*. Ces trois derniers taxons se retrouvent dans le niveau général inférieur. Enfin, une Euphorbiacée du genre *Croton sp.* est abondante dans le niveau général supérieur. Des charbons de *Mosannona depressa* (*elemuy*), *Erythroxylum sp.*, *Diospyros sp.*, *Lysiloma aurita* et de monocotylédones ont également été identifiés parmi ces dépôts. Précisons pour finir que les bois brûlés étaient de petit calibre, visiblement de diamètre compris entre 2 et 5 cm.

Ces résultats sont cohérents avec l'hypothèse de l'incendie d'une structure en matériaux périssables puisque la plupart de ces essences servent comme matériaux de construction dans les sociétés mayas contemporaines du Petén et de la zone mexicaine de la péninsule (Atran et al., 2004; Wauchope, 1938) (voir Chapitre 1.2.3). Les bois des Lauracées en particulier, assez peu communs par ailleurs à Naachtun (représentant entre 0,6 et 1,8 % des charbons dans les assemblages anthracologiques du Classique ancien), sont des matériaux de construction privilégiés par les Itzas (Atran et al., 2004). Les petits calibres des bois pourraient être compatibles avec une structure légère de type clayonnage ou palissade, pour une cloison, un mur ou une clôture par exemple, et également avec certains éléments légers de toiture (Wauchope, 1938, pp. 51, 69).

Tableau 7.4 Caractéristiques métriques des échantillons issus du niveau d'incendie 2765, unité 5N6.

		N° échant.	Volume (L)	Masse (g)	Densité (g/L)	Fraction
Niveau général	*Sup.*	1	10	210,37	21,04	1/16
	Inf.	2	9	24,21	2,69	1/16
Concentration nord	*Sup.*	3	1	6,03	6,03	1/4
	Inf.	4	2,5	17,78	7,11	1/8
Concentration centrale		5	1	2,97	2,97	1

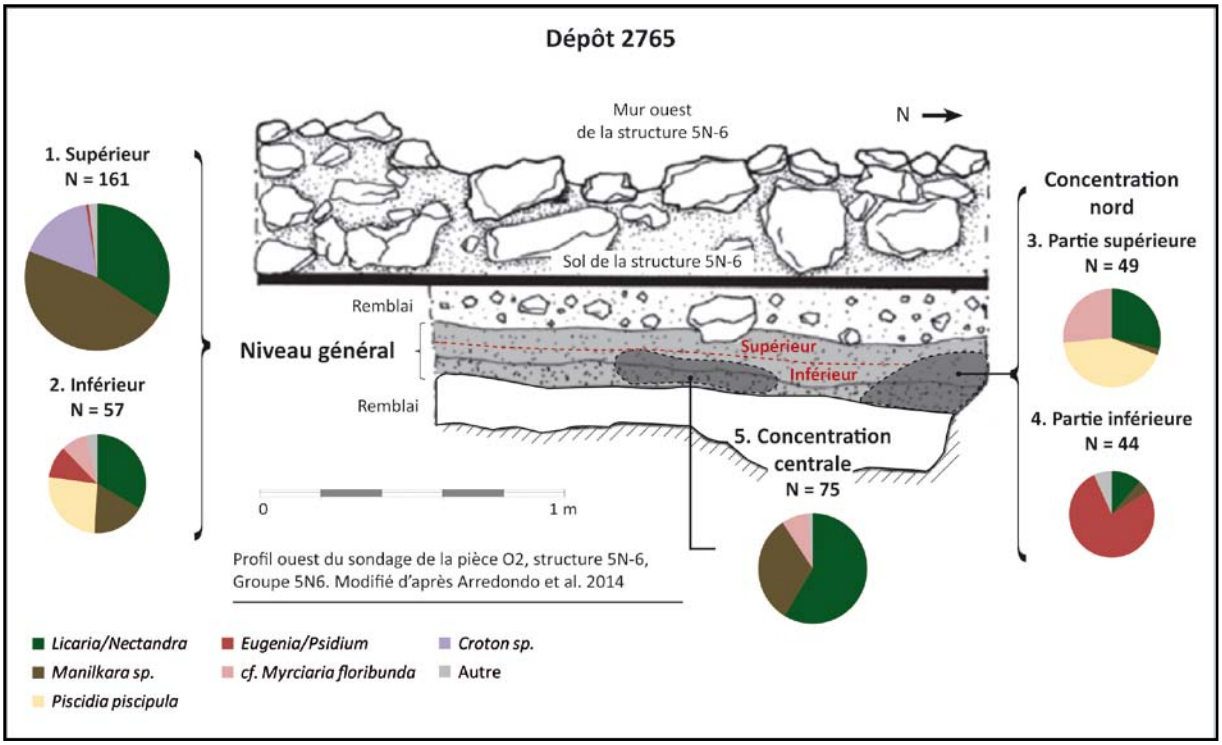


Figure 7.6 Composition taxonomique des échantillons issus du niveau d'incendie 2765 sous la pièce O2 de la structure 5N-6, unité 5N6.

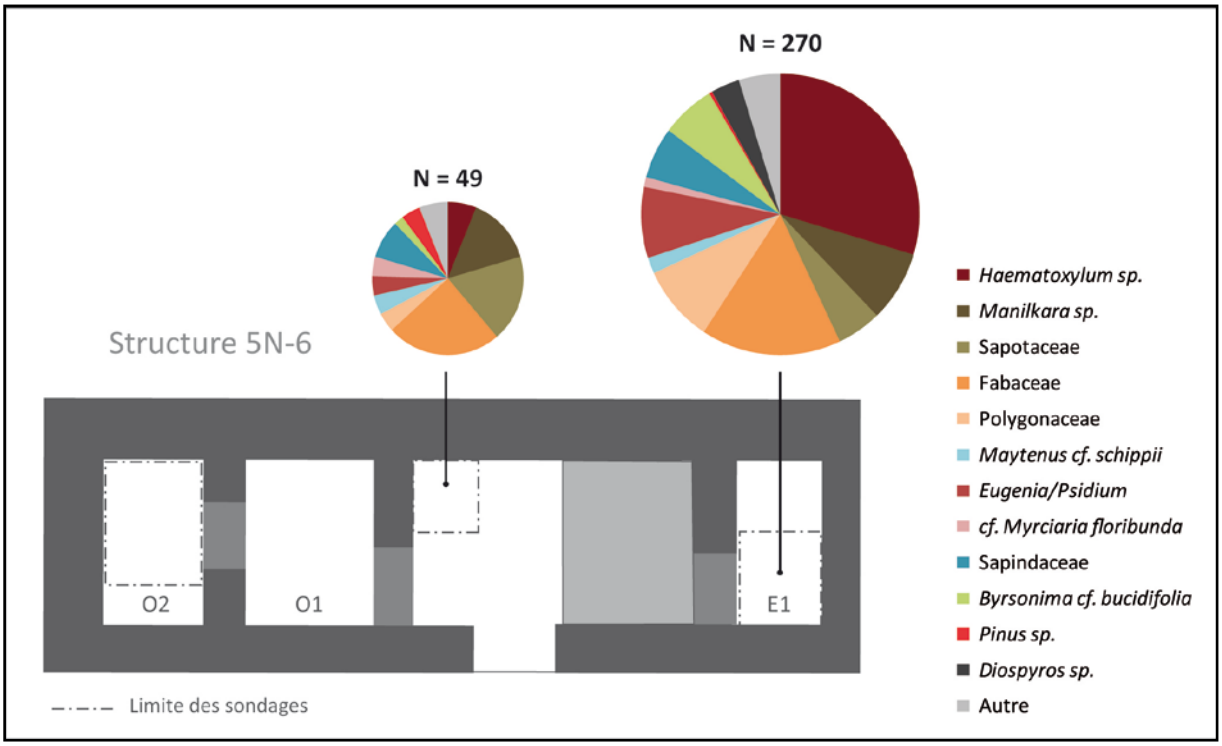


Figure 7.7 Composition taxonomique du remblai de construction de la structure 5N-6, unité 5N6, dans les sondages des pièces centrale et E1.

Bien entendu, cela ne prouve pas qu'il s'agisse bien d'une structure construite incendiée. Ce niveau d'incendie s'étend certainement au-delà des limites du sondage, comme ce que suggère la zone de combustion nord, et la vérification d'une telle hypothèse nécessiterait une fouille plus étendue. Toutefois, l'incendie ne semble pas s'étendre au-delà de la partie ouest de la structure 5N-6, puisqu'il n'est pas apparu dans les autres sondages effectués dans les pièces centrale et E1. En effet, il a été démontré au chapitre précédent que le remblai de construction très charbonneux mis en évidence dans ces derniers sondages (dans lesquels aucune zone de combustion *in situ* n'a d'ailleurs été détectée), présente un spectre anthracologique typique du Classique ancien à Naachtun, caractérisant une accumulation longue de déchets domestiques, ce qui indique clairement l'origine différente de ces charbons (voir Chapitre 6.1.2) (Figure 7.7). L'absence de lien dépositionnel entre le remblai et le niveau d'incendie est confortée par le fait que la densité de charbons est nettement plus élevée dans le sondage le plus à l'est (1,3 g/L), soit à l'opposé du niveau d'incendie, par rapport au sondage central où la densité est moindre (0,3 g/L). Or, si les charbons du remblai étaient issus de la zone de combustion ouest, on aurait logiquement un gradient de densité de restes diminuant d'ouest en est. On a donc une unique étape de transition architecturale, attestée par la cohérence stratigraphique entre les deux niveaux, ayant impliqué au moins deux actions parallèles : un feu dans la zone ouest, et la déposition dans la zone est de ce qui semble être des déchets domestiques accumulés. Cette déposition est associée à au moins un récipient céramique brisé, dont les fragments ont été dispersés vraisemblablement sur l'ensemble de la surface (Goudiaby et al., 2016, p. 200). C'est cette dernière observation qui témoignerait du caractère probablement ritualisé de ces actions.

Les dépôts de fondation de la zone résidentielle sud

On a démontré que les dépôts de cendres associés aux dépôts de fondation 2520 (Groupe 6M74) et 3731 (unité 6L40), situé dans la zone résidentielle sud, correspondent sans aucun doute possible à des dépôts secondaires (voir Chapitre 4).

Le premier (Figure 7.8, Tableau 7.5) se compose essentiellement de *Pinus sp.*, et secondairement de *Manilkara sp.* et *Haematoxylum sp*. Il inclut également des charbons d'une Sapindacée, probablement l'espèce *Thouinia paucidentata*, du taxon *Eugenia/Psidium*, de *Coccoloba sp.* et du taxon Sapotaceae. Considérant la disposition de ce dépôt directement dans un niveau de remblai, il est possible que certains de ces derniers charbons proviennent d'une contamination des sédiments adjacents, d'autant plus que tous sont des taxons communs dans les assemblages du Classique ancien (voir Chapitre 6). Mais en raison du caractère secondaire de ces cendres, il n'est pas possible d'établir si elles correspondent aux restes d'un feu réalisé avec plusieurs essences, ou à l'accumulation des restes de plusieurs feux successifs. On peut néanmoins affirmer, compte tenu de la proportion importante de pin, dont on a vu la très faible représentation au Classique ancien à Naachtun, que ces cendres ne résultent pas (ou du moins pas entièrement) de feux domestiques communs. Cela suggère l'existence de feux spécifiques aux pratiques rituelles dès le début de la phase Balam II.

Tableau 7.5 Caractéristiques métriques de l'échantillon du dépôt de fondation 2520, Groupe 6M74.

Volume (L)	Masse (g)	Densité (g/L)	Fraction
10	3,27	0,33	1

Tableau 7.6 Caractéristiques métriques des échantillons du dépôt de fondation 3731, unité 6L40.

	N° échant.	Volume (L)	Masse (g)	Densité (g/L)	Fraction
Contenu récipient	1	-	0,14	-	1
Matrice externe	2	12	2,13	0,18	1

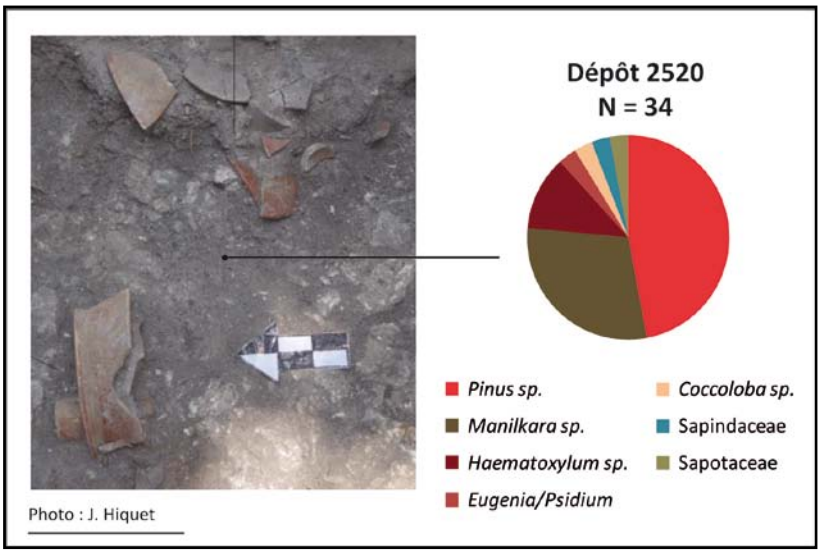


Figure 7.8 Composition taxonomique des cendres associées au dépôt de fondation 2520, Groupe 6M74.

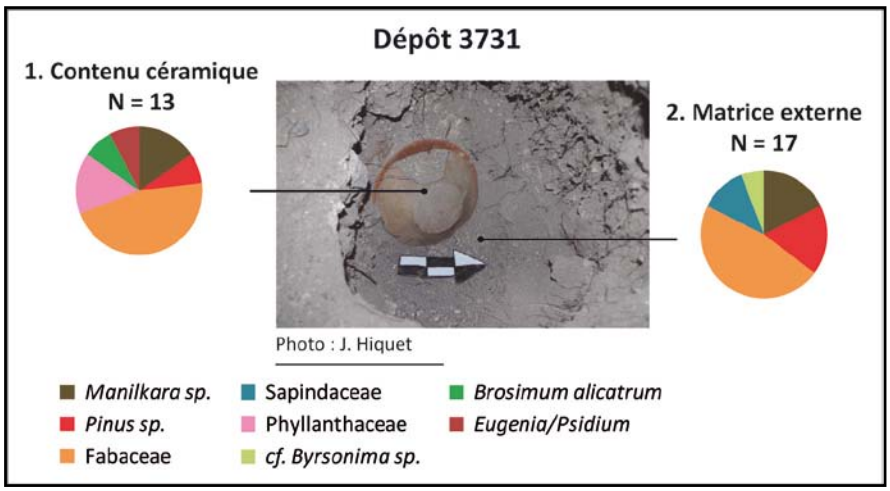


Figure 7.9 Composition taxonomique des cendres associées au dépôt de fondation 3731, unité 6L40.

C'est également ce qui transparait dans le second dépôt (Figure 7.9, Tableau 7.6), qui contient des récipients céramiques brûlés. Le spectre des cendres qui lui sont associées est très riche, puisque 11 taxons (dont du pin) y ont été identifiés parmi seulement 30 charbons. En particulier, le sédiment contenu dans les deux récipients céramiques disposés bord à bord, contenait sept taxons différents (*Havardia/Pithecellobium*, *Manilkara sp.*, *Brosimum alicastrum* (*ramón*), *Pinus sp.*, *Eugenia/Psidium*, une Phyllanthacée, probablement du genre *Astrocasia* ou *Phyllanthus*, et des charbons de Fabacée indéterminés). Les autres taxons identifiés dans ce dépôt sont une Sapindacée probablement du genre

Exothea, les Fabacées *Enterolobium/Lysiloma* et *Lysiloma aurita* et probablement *Byrsonima sp.* La présence de récipients brûlés suggère qu'un feu fut réalisé spécialement pour ce rituel, dans une étape précédant la déposition. Dès lors, il serait logique que les cendres déposées dans cet espace en soient les restes. Sans exclure la possibilité d'une contamination extérieure, la configuration du dépôt permet donc de supposer un usage volontaire de nombreuses essences pour le feu rituel.

7.1.2. Dépôts funéraires

Huit sépultures ont livré des dépôts de cendres et de charbons plus ou moins conséquents. Toutes datées du Classique récent à l'exception de la sépulture 39 datée du Classique terminal, elles se situent dans le Patio 6 du Complexe Ouest (sépulture 48), le Patio 22 du Complexe Central (sépultures 46 et 49), les Patio 31 et 34 du Complexe Sud (sépultures 35 et 39) et dans l'unité 5N6 de la zone résidentielle sud (sépultures 45, 41 et 43). Ces dépôts se caractérisent, pour la plupart, par des spectres taxonomiques particulièrement riches.

Les sépultures du Groupe B

Patio 6, Complexe Ouest

Deux dépôts cendreux sont associés à la sépulture 48, mise au jour dans la structure 5O-51 du Patio 6 (Complexe Ouest) (Figure 7.10, Tableau 7.7). Le dépôt 4025 est une couche de cendres riche en charbons et en carporestes (1,2 g/L) qui recouvrait le corps à l'intérieur de la fosse. Comprenant au total 29 taxons, le spectre est dominé par *Haematoxylum sp.*, *Manilkara sp.*, *Eugenia/Psidium* et *Maytenus cf. schippii*. Les autres taxons identifiés sont, par ordre d'importance, *Lysiloma aurita*, *Byrsonima cf. bucidifolia*, *Gymnopodium floribundum*, *Pinus sp.*, *Diospyros sp.*, *Licaria/Nectandra*, *cf. Myrciaria floribunda*, *cf. Exothea sp.*, *Erythroxylum sp.*, *cf. Inga sp.*, *Enterolobium/Lysiloma*, Sapotaceae, *Astronium sp.*, *Coccoloba sp.*, *Cordia cf. dodecandra*, *Mosannona depressa*, *cf. Pouteria durlandii*, *Gliricidia sepium*, *Cojoba/Pithecellobium/Zygia*, *Bourreria sp.*, *Havardia/Pithecellobium*, *Piscidia piscipula*, *Bunchosia sp.*, ainsi que deux taxons indéterminés. À cela s'ajoutent quelques restes de maïs (grains et cupules) et des carporestes de *Byrsonima sp.* (*nance*).

Tableau 7.7 Caractéristiques métriques des échantillons de la sépulture 48, Patio 6, Complexe Ouest.

	N° échant.	Volume (L)	Masse (g)	Densité (g/L)	Fraction
Remblai	1	3	1,57	0,52	1
Dépôt externe	2	-	3,62	-	1
Dépôt interne	3	10	11,98	1,20	1

Le dépôt 4335 est une concentration de charbons localisée au-dessus des dalles de ciste au niveau du crâne, dans le remblai de la fosse sépulcrale. Il se compose principalement de charbons d'une Sapotacée particulière, probablement l'espèce *Pouteria durlandii* (*sapotillo*), dont on retrouve un charbon dans le dépôt interne. La forte proportion d'un taxon assez rare à Naachtun dans ce contexte localisé confirme le caractère intentionnel de ce dépôt, renforçant l'hypothèse d'un lien avec l'inhumation qu'il surmonte. Six autres taxons y ont été identifiés, à savoir *Maytenus cf. schippii*, *Haematoxylum sp.*, *Gymnopodium floribundum*, *cf. Erythroxylum sp.*, *Manilkara sp.* et une Fabacée du

genre *Dalbergia* ou *Swartzia.* Ces derniers charbons pourraient provenir du remblaiement de la fosse (UE 4348) qui recouvrait la concentration charbonneuse. D'autant que leurs spectres ont en commun la Fabacée *Dalbergia/Swartzia*, seules occurrences de ce taxon à Naachtun. Les autres taxons identifiés dans le remblai sont *Gymnopodium floribundum*, *Maytenus cf. schippii*, *Manilkara sp.*, *Euphorbia sp.*, *Piscidia piscipula*, *Haematoxylum sp.*, *Lysiloma aurita* et *Eugenia/ Psidium*. Il contenait également des charbons de monocotylédone indéterminée.

Les spectres taxonomiques très différents entre le niveau cendreux interne et les charbons externes, qui traduisent leur origine différente, permettent d'affirmer que cette inhumation a impliqué au moins deux dépôts successifs indépendants. Le premier, en raison de sa richesse taxonomique élevée, pourrait correspondre aux restes accumulés de plusieurs feux. Le second est apparemment issu d'un feu ponctuel, dont les restes auraient été placés au-dessus de la ciste en dépôt secondaire, puisque l'absence de trace de combustion semble contredire l'idée d'un feu réalisé sur place (Perla, 2014a, p. 319).

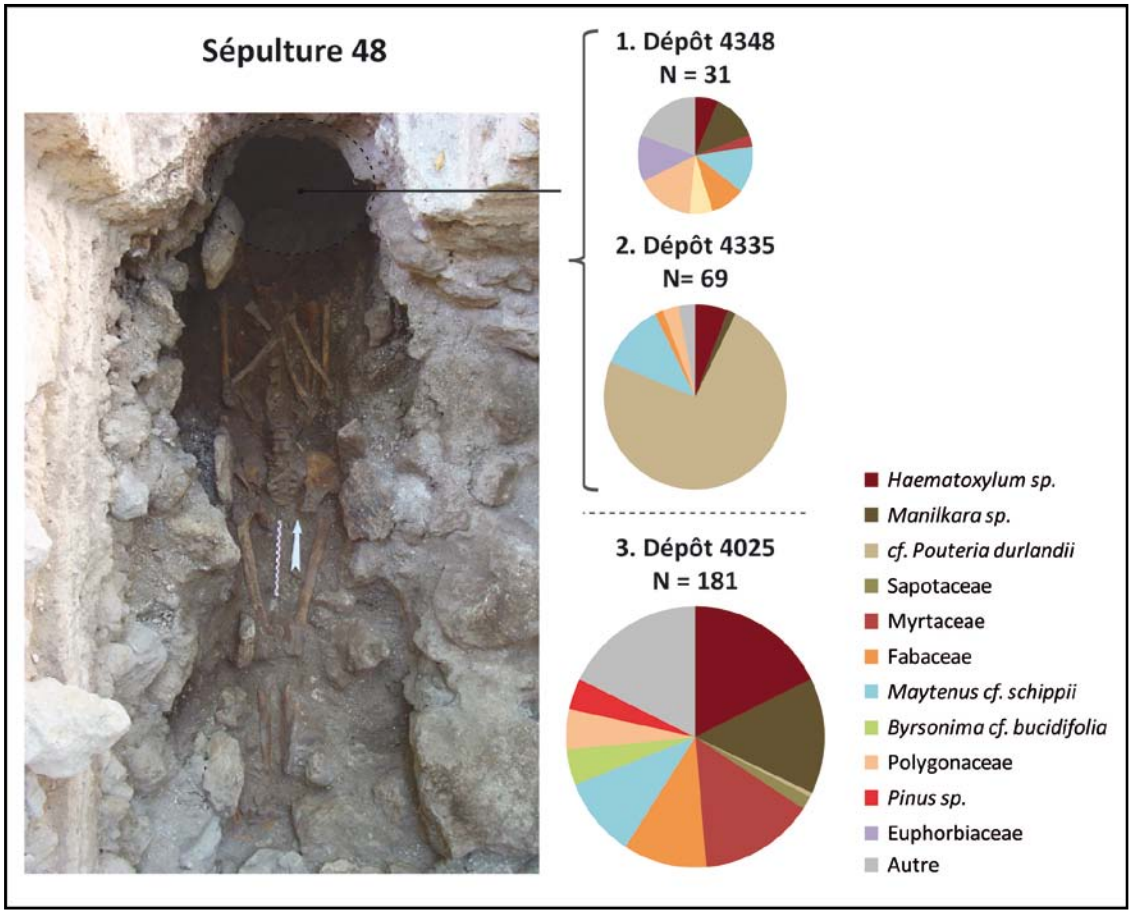


Figure 7.10 Composition taxonomique des dépôts de la sépulture 48, Patio 6, Complexe Ouest.

Patio 22, Complexe Central

Les sépultures 46 et 49 du Patio 22 (Complexe Central) présentaient chacune deux dépôts de cendres, prélevés séparément. Les uns recouvraient les ossements à l'intérieur des cistes, les autres étaient placés au-dessus des cistes sur les dalles de couverture (Tableau 7.8 et 7.9).

Dans la sépulture 46, les deux dépôts ont des compositions taxonomiques très semblables (Figure 7.11) : dominés par le taxon Sapotaceae, ils contiennent tous les deux des charbons de *Metopium brownei* (*chechem negro*), *Manilkara sp.*, Sapindacées (voir *Exothea sp.*, *cf. Thouinia paucidentata*), *Haematoxylum sp.*, *Bourreria sp.* et *Croton sp.* Dans le dépôt externe (4023), des charbons de monocotylédone (cf. Arecaceae) et d'une Nyctaginacée du genre *Neea* ou *Guapira*, ainsi que des restes de grains de maïs ont également été identifiés, alors que le dépôt interne (4024) contenait, en plus, des charbons de *Gymnopodium floribundum*, *Eugenia/Psidium*, et de Fabacées (*Lysiloma aurita*, *Havardia/ Pithecellobium* et indéterminés).

Tableau 7.8 Caractéristiques métriques des échantillons de la sépulture 46, Patio 22, Complexe Central.

	N° échant.	Volume (L)	Masse (g)	Densité (g/L)	Fraction
Externe	1	6	1,37	0,23	1
Interne	2	11	11,86	1,08	1

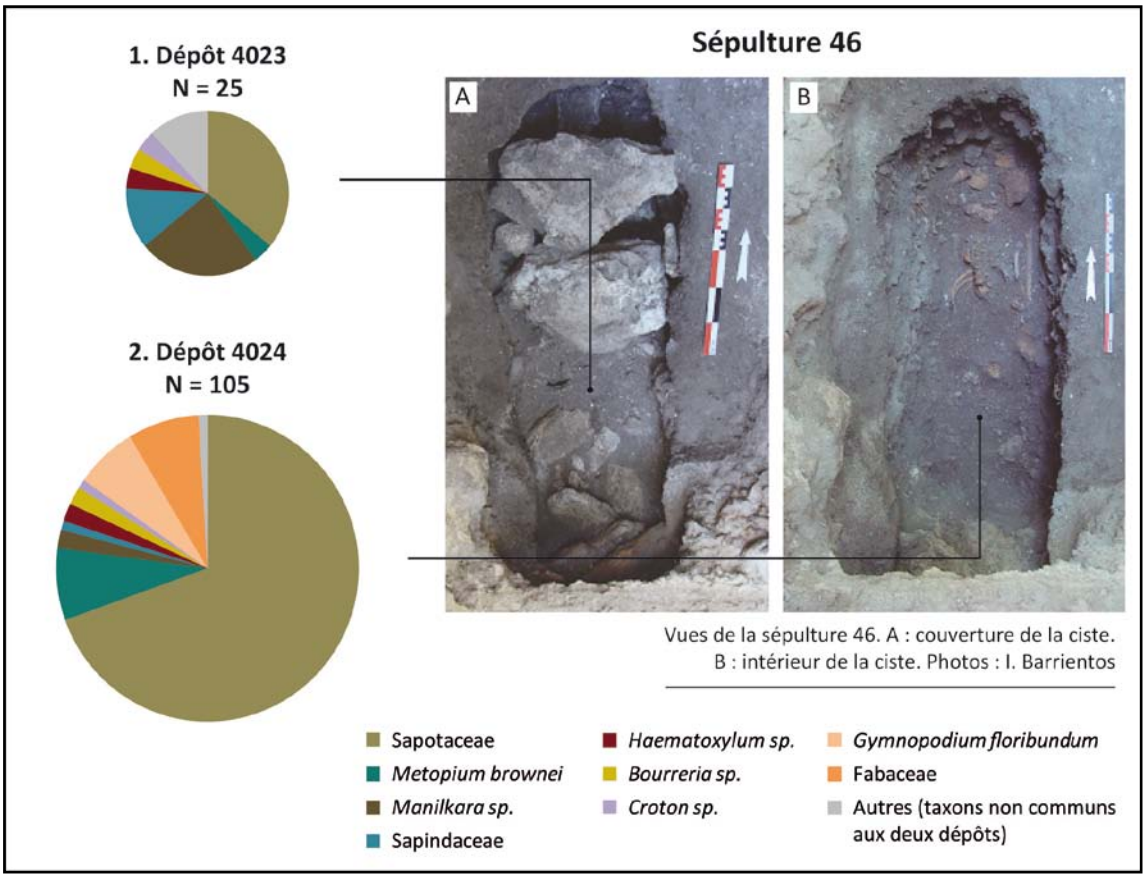


Figure 7.11 Composition taxonomique des échantillons issus de la sépulture 46, Patio 22, Complexe Central.

Les dépôts de la sépulture 49, dominés par *Haematoxylum sp.*, présentent aussi d'importantes similitudes (Figure 7.12). Les taxons communs aux deux dépôts sont le taxon Sapotaceae, *Manilkara sp.*, l'Apocynacée *Cascabela/Thevetia* (un arbuste ornemental qui pousse dans les forêts basses en marge des marais saisonniers), *Croton sp.* et *Tournefortia sp.* Ils contiennent également des charbons de monocotylédones indéterminés. Le dépôt externe (4016) est le plus riche avec, en plus, des charbons d'*Eugenia/Psidium*, *Maytenus cf. schippii*, *Guettarda cf. gaumeri*, *Psychotria cf. nervosa*, *Semialarium mexicanum*, *Gymnopodium floribundum*, d'une Primulacée du genre *Ardisia* ou *Myrsine*, de la Moracée *Brosimum alicastrum/Trophis racemosa* et de Bambusoidée. Il présentait surtout une grande quantité de restes de grains de maïs, accompagnée de quelques carporestes non identifiés (Tableau 7.1). Des restes de maïs ont aussi été identifiés dans le dépôt interne (4026), mais dans des proportions moindres. Ce dernier contenait, en plus, des charbons de *Byrsonima sp.* et des Fabacées *Havardia/ Pithecellobium* et *Cojoba/Pithecellobium/Zygia*.

Dans ces deux sépultures, les compositions taxonomiques très proches entre dépôts internes et dépôts externes pourraient bien être la conséquence de perturbations (réouverture rituelle dans le cas de la sépulture 46, effondrement d'une partie des dalles de couverture dans celui de la sépulture 49, voir Chapitre 4) au cours desquelles les dépôts de cendres initialement placés sur les dalles de couverture, ont dû se répandre au moins en partie à l'intérieur des cistes. Est-il tout de même possible de distinguer différents dépôts ? Dans le cas de la sépulture 49, on sait que des cendres mélangées à du *sascab* ont aussi été volontairement déposées sur le défunt, et ce dépôt interne se distingue par une proportion importante de Fabacées, complètement absentes dans le dépôt externe. Ce dernier contient en revanche une proportion importante d'*Eugenia/Psidium* et *Maytenus cf. schippii*, ainsi qu'une grande quantité de restes de maïs. On aurait donc deux dépositions distinctes de cendres, qui semblent bien être d'origine différente, comme ce qui a été observé dans la sépulture 48 du Patio 6 (Complexe Ouest). Dans le cas de la sépulture 46, la fouille n'a pas permis d'établir si des cendres avaient été volontairement déposées à l'intérieur de la ciste, indépendamment de toute contamination post-dépositionnelle. Toutefois la proportion importante de Fabacées et *Gymnopodium floribundum* dans la concentration interne, taxons complètement absents dans le dépôt externe, suggère que, là encore, deux dépôts distincts de cendres ont dû être placés successivement à l'intérieur puis au-dessus de cette ciste.

Tableau 7.9 Caractéristiques métriques des échantillons de la sépulture 49, Patio 22, Complexe Central.

	N° échant.	Volume (L)	Masse (g)	Densité (g/L)	Fraction
Externe	1	10	7,24	0,72	1
Interne	2	7	7,54	1,08	1

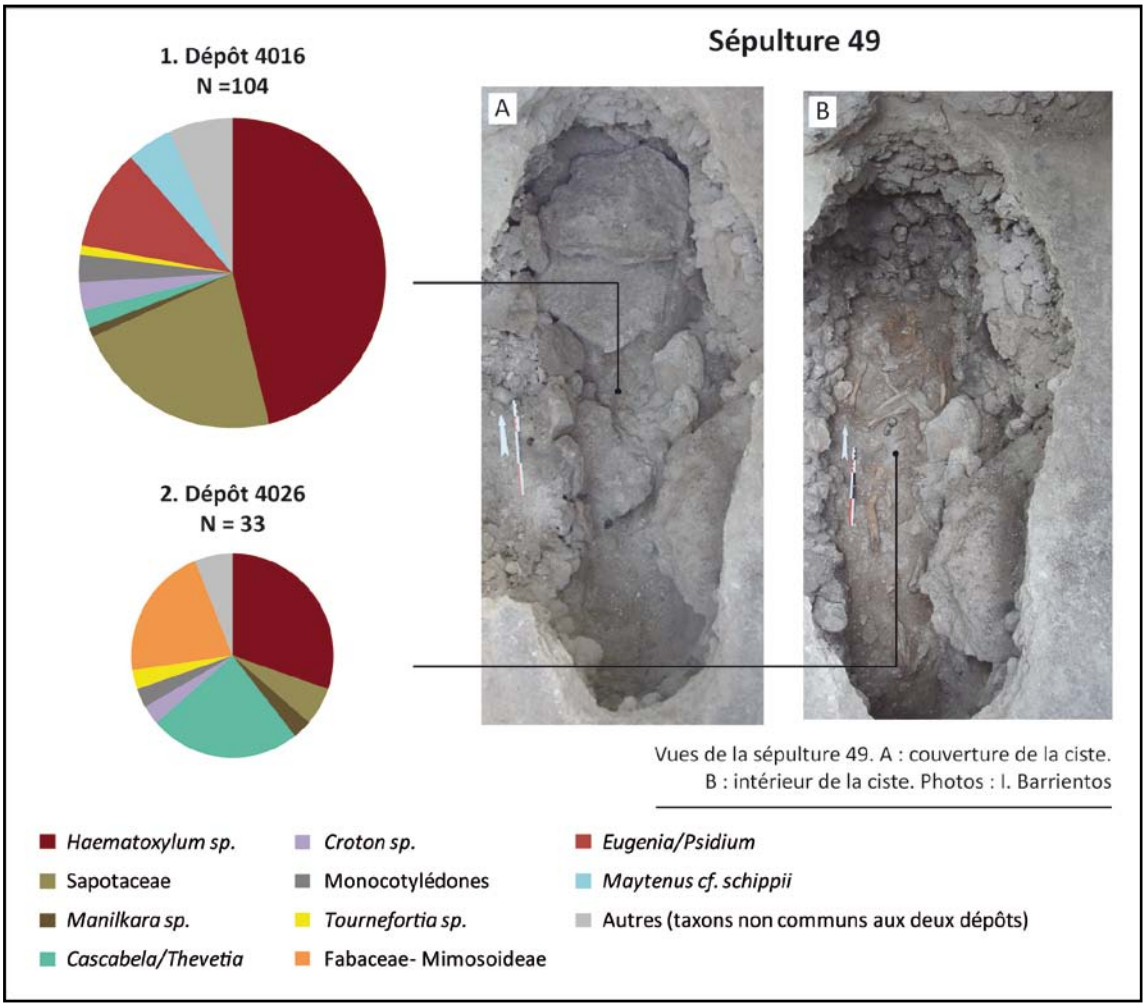


Figure 7.12 Composition taxonomique des échantillons issus de la sépulture 49, Patio 22, Complexe Central.

Patio 31, Complexe Sud

Les cendres issues de la sépulture 35 (dépôt 2301), qui fut mise au jour dans une tranchée de pillage traversant la structure 6O-14 du Patio 31 (Complexe Sud), présentent un spectre relativement riche par rapport au faible nombre de charbons identifiables (27 fragments). Il se compose de *Lysiloma aurita*, *Cojoba/Pithecellobium/Zygia*, *Pinus sp.*, *Croton sp.*, *Tournefortia sp.*, *Brosimum alicastrum*, *Manilkara sp.* et de Sapotaceae. De restes de maïs y ont également été identifiés. Au vue de ces résultats, et compte tenu du contexte fortement perturbé, il semble difficile d'interpréter le processus de formation de ce dépôt qui ne présente, *a priori*, aucune spécificité particulière par rapport à l'assemblage anthracologique général de la phase Maax III du Classique récent, phase dont est datée l'inhumation. Ces cendres, qui présentent d'ailleurs une faible densité de restes (Tableau 7.10), pourraient aussi bien provenir d'une contamination des sédiments adjacents.

Tableau 7.10 Caractéristiques métriques des échantillons de la sépulture 35, Patio 31, Complexe Sud.

Volume (L)	Masse (g)	Densité (g/L)	Fraction
10	0,90	0,09	1

Patio 34, Complexe Sud

Située dans la structure 6O-43 du Patio 34 (Complexe Sud), la sépulture 39 fait exception dans le corpus (Tableau 7.11). Le dépôt cendreux qui recouvrait les ossements, particulièrement riche en charbons (6 g/L), s'est révélé n'être composé que de trois essences, avec en plus des charbons de Fabacée indéterminés. Le taxon dominant est la Fabacée-Mimosoidée *Cojoba/Pithecellobium/Zygia*. Il s'accompagne de *Manilkara sp.* et d'une seconde Mimosoidée, probablement l'espèce *Mimosa pigra* (*kuka*). Le *kuka* est un arbuste épineux proche de la sensitive (*M. pudica*), qui pousse naturellement dans la végétation basse des marais saisonniers, dans les jachères et les zones rudérales. S'agissant de la seule occurrence de ce taxon sur l'ensemble du site, il ne fait aucun doute ici que ce dépôt inclut les restes d'un feu particulier qui a dû être réalisé spécialement pour le rituel funéraire. Mais cela est visiblement sans rapport avec une volonté de crémation du corps, puisque les ossements ne présentaient pas de trace de brûlure. Et de plus, ce feu a été effectué essentiellement avec des petites branches, comme l'attestent les nombreux fragments en section complète (moelle et écorce conservées) de petit calibre (environ 5 à 15 mm de diamètre), ce qui semble inadapté à la crémation d'un corps humain. Ce feu aurait pu être effectué directement dans la tombe, comme cela a été suggéré pour des contextes similaires sur d'autres sites des Basses Terres (Stuart, 1998, p. 399). Malheureusement ici, l'échantillonnage d'un unique prélèvement limite les possibilités d'interprétation quant à la formation de ce dépôt.

Tableau 7.11 Caractéristiques métriques des échantillons de la sépulture 39, Patio 34, Complexe Sud.

Volume (L)	Masse (g)	Densité (g/L)	Fraction
24	144,80	6,03	1/4

Les sépultures de l'unité 5N6, zone résidentielle sud : l'hypothèse d'une organisation spatiale des dépôts de cendres en contexte funéraire

Dans les trois sépultures non vides mises au jour dans la structure 5N-6, les sédiments qui recouvraient les ossements ont fait l'objet d'un échantillonnage par niveau et par secteur, afin de tester l'hypothèse d'une organisation spatiale de ces dépôts, invisible à la fouille (voir Chapitre 4.5.1). Cette méthode d'échantillonnage a révélé que la composition taxonomique des échantillons était clairement non homogène dans la sépulture 45 (pièce centrale, phase Maax II) dans laquelle l'échantillonnage fut le plus minutieux, suggérant une formation du dépôt en plusieurs étapes. Des variations spatiales sont également apparues dans les dépôts des sépultures 41 (pièce centrale, phase Maax II) et 43 (pièce O1, phase Maax III), mais il n'est pas certain qu'elles soient réellement significatives de différentes étapes dépositionnelles.

Sépulture 45

La sépulture 45 se situe sous la banquette de la pièce centrale, face à l'entrée condamnée de la pièce E1. Le sédiment qui remplissait la fosse (dépôt 2776) a été prélevé en totalité sur trois sections nord (tête), centre et sud (pieds) (Tableau 7.12). Il se compose d'un niveau organique moyennement riche en charbons (0,6 g/L) recouvrant un niveau cendreux en contact direct avec les ossements, beaucoup

plus riche en charbons (3,3 g/L). Ces deux niveaux se distinguent, en plus, par une composition taxonomique différente (Figure 7.13).

Tableau 7.12 Caractéristiques métriques des échantillons de la sépulture 45, unité 5N6.

		N° échant.	Volume (L)	Masse (g)	Densité (g/L)	Fraction
Niveau sup.	*Nord*	1	3	1,15	0,38	1
	Centre	2	3	2,99	1,00	1
	Sud	3	2	0,78	0,39	1
Niveau inf.	*Nord*	4	0,4	2,93	7,34	1
	Centre	5	2,2	8,85	4,02	1
	Sud	6	1,4	1,35	0,96	1
	Sous crâne	7	-	0,55	-	1
Récipient		8	-	0,35	-	1

Le spectre du niveau supérieur est dominé par *Haematoxylum sp.*, *Eugenia/Psidium*, les Polygonacées *Coccoloba sp.* et *Gymnopodium floribundum*, le taxon Sapotaceae et par les Fabacées (*Cojoba/Pithecellobium/Zygia*, *Havardia/Pithecellobium*, *Lysiloma aurita*). Il présente à l'inverse une faible proportion de *Manilkara sp.* Cette composition taxonomique le rapproche fortement du remblai de construction de la structure 5N-6 dans lequel la fosse fut installée (Figure 7.7), suggérant une origine commune à ces deux sédiments.

Dans le niveau cendreux inférieur, *Manilkara sp.* domine le spectre, où il représente plus de 50 % des charbons dans les sections nord et centrale. Dans ces deux sections, les taxons dominants du niveau supérieur sont peu, voire pas du tout représentés. La section nord est marquée par la présence de charbons de *Gliricidia sepium*, dont on retrouve un dernier charbon dans la section centrale. Cette dernière est marquée par la présence de charbons de *Pinus sp.*, présent également dans la même section du niveau supérieur, et de *Diospyros sp.*, également représenté dans la section sud par un charbon. Pour finir, des charbons d'*Astronium sp.* ont été identifié dans cette section sud, et également dans les sections centrales des deux niveaux. La concentration de ces taxons dans certaines parties de la fosse permet de penser qu'ils résultent d'une déposition intentionnelle, d'autant plus qu'ils sont peu fréquents dans l'assemblage anthracologique de l'unité 5N6, et d'une manière générale dans les assemblages des phases anciennes à Naachtun.

La section sud présente néanmoins un spectre plus proche du niveau supérieur avec une moindre proportion de *Manilkara sp.,* une proportion importante de *Haematoxylum sp.*, de Polygonacées et de Fabacée, et la présence de Sapotaceae. Cela indique que le sédiment cendreux dominé par *Manilkara sp.* se concentre surtout dans les parties centrale et nord de la fosse, alors que dans la partie sud les deux niveaux se confondent. C'est certainement la raison pour laquelle la densité de restes dans ce dernier échantillon est beaucoup plus faible (0,96 g/L).

Le reste du spectre comprend un total de 23 taxons mineurs (représentés par moins de 3 charbons dans l'ensemble du dépôt) : *Byrsonima cf. bucidifolia*, *Erythroxylum sp.*, probablement l'espèce *Ximenia americana*, *cf. Myrciaria floribunda*, *Croton sp.*, *Hyperbaena sp.*, *cf. Exothea sp.*, *cf. Thouinia paucidentata*, *cf. Inga sp.*, *Ardisia/Myrsine*, *Cascabela/Thevetia*, *Bourreria sp.*, *Maytenus cf. schippii*,

Myrcianthes fragrans, *cf. Guettarda sp.*, *cf. Pouteria sapota*, *Astrocasia/Phyllanthus*, une Capparacée (*Cynophalla/ Quadrella*), *Guapira/Neea*, *Albizia/Acacia* ainsi que des charbons de Fabacées et d'un taxon indéterminé.

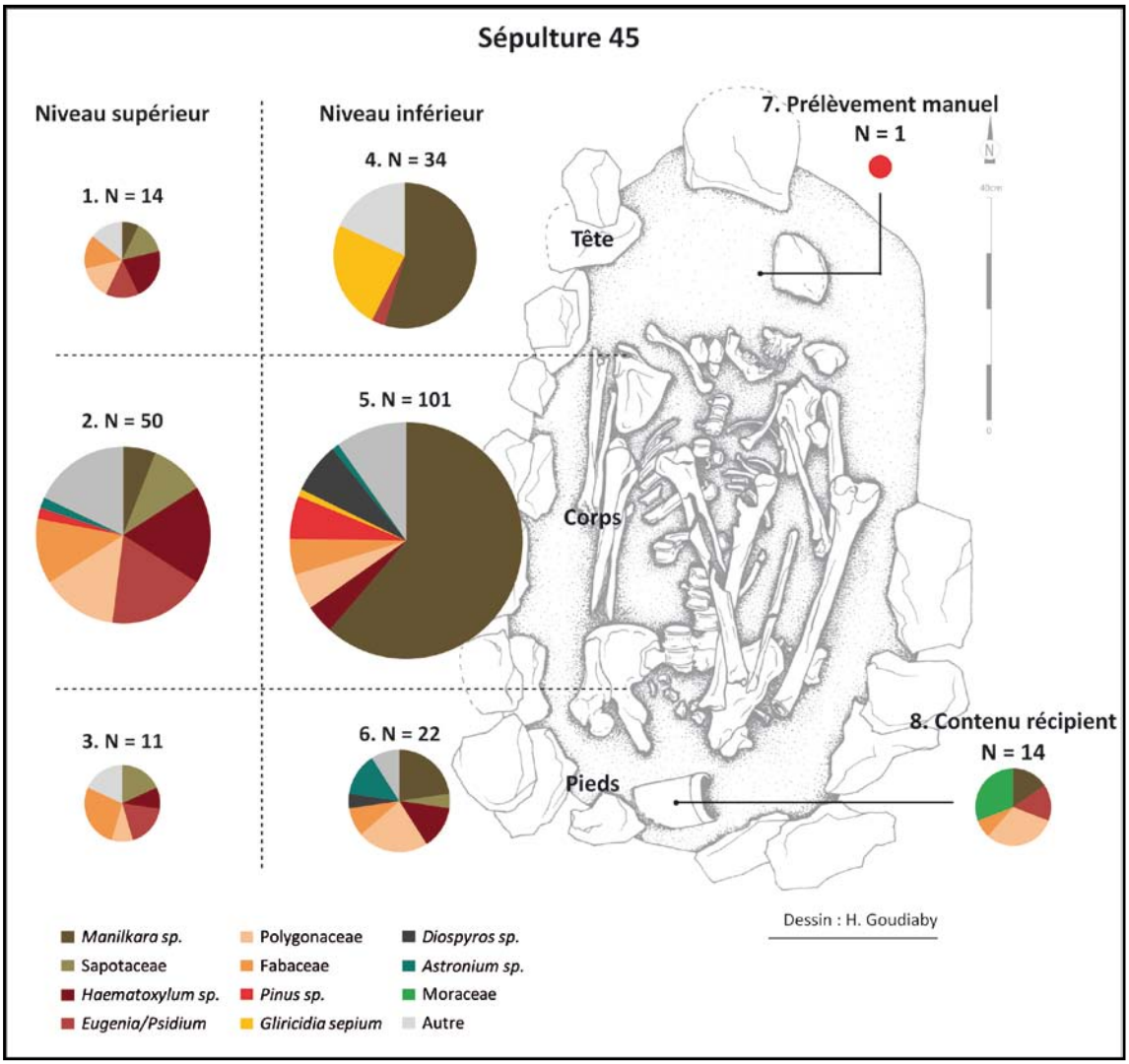


Figure 7.13 Composition taxonomique spatialisée du dépôt de la sépulture 45, unité 5N6.

S'agissant des prélèvements manuels dans ce contexte, le grand charbon prélevé sous le crâne est un charbon de pin (*Pinus sp.*). Enfin, les charbons extraits par micro-fouille du récipient céramique déposé au niveau des pieds ont été identifiés comme des charbons de Moracées (*Brosimum alicastrum/ Pseudolmedia sp.*), *Gymnopodium floribundum*, *Cojoba/Pithecellobium/Zygia*, *Eugenia/Psidium*, *Manilkara sp.* et *Coccoloba sp.* La présence de charbons de Moracées dans ce contexte apparaît comme une exception au sein de cette unité résidentielle. En effet, les Moracées sont très représentées dans son occupation tardive (phase Maax III), notamment dans la sépulture 43 (voir plus avant) et dans le dernier niveau d'occupation de la structure 5N-5 voisine (voir Chapitre 6.1.2), mais elles sont en revanche complètement absentes dans les phases d'occupations antérieures (Balam III à Maax II). Plus encore que pour les concentrations de *Gliricidia sepium*, *Diospyros sp.*, *Astronium sp.* et *Pinus sp.*, il

semble improbable que la présence de ces charbons de Moracées soit due à une contamination post-dépositionnelle.

Dès lors il est possible de proposer une restitution de la séquence de formation de ce dépôt, qui apparaît clairement plus complexe que ce qui était perceptible lors de la fouille. Le sédiment cendreux qui recouvrait les ossements est sans l'ombre d'un doute un dépôt intentionnel de cendres sur le défunt au moment de l'inhumation. En témoigne sa forte densité en charbons (Tableau 7.12), qui le distingue des sédiments généraux adjacents (la densité de restes du remblai de construction de la structure est de 1,3 g/L sous la pièce E1, et de 0,3 g/L sous la pièce centrale). Ces cendres et charbons, produites essentiellement à partir de bois de *Manilkara sp.*, ont été déposés principalement sur le haut du corps. Cette action a vraisemblablement été réalisée en plusieurs étapes, impliquant le dépôt intentionnel et successif, en différents endroits de la fosse ainsi que dans un vase cylindrique placé aux pieds du défunt, des restes de combustion d'essences particulières (*Gliricidia sepium*, *Diospyros sp.*, *Pinus sp.*, *Astronium sp.* et Moracées). Celles-ci ont pu être brûlées spécifiquement dans ce cadre, et peut-être directement dans la tombe, puisqu'elles ne sont pas des combustibles particulièrement fréquents à Naachtun à cette période. Ce dépôt funéraire fut ensuite recouvert par un sédiment ressemblant, par sa composition taxonomique et sa densité de restes, à celui du remblai de construction de la structure. Il est possible que le sédiment du remblai adjacent se soit naturellement déversé dans la fosse après sa fermeture, ou bien que la fosse ait été volontairement remblayée avec le sédiment dans laquelle elle fut creusée. Mais sachant la continuité qui existe dans l'économie des bois à Naachtun aux phases anciennes (Balam I - Maax I-II) (voir Chapitre 6), ce sédiment pourrait aussi bien provenir d'une autre source, un dépotoir domestique par exemple. L'origine de ce sédiment, de même que l'intentionnalité de cette dernière étape dans le processus de formation du dépôt de la sépulture 45, semble donc difficile à établir pour le moment.

Sépulture 41

La sépulture 41 fut installée à côté de la sépulture 45 dans la pièce centrale de la structure 5N-6, probablement en même temps (voir Chapitre 4). Quatre échantillons de sédiment sont issus du sédiment qui remplissait la ciste (dépôt 2783, Tableau 7.13). Un échantillon général de 10 L a d'abord été prélevé dans le niveau supérieur organique, puis trois échantillons ont été prélevés dans la fine couche cendreuse qui recouvrait les ossements : nord (tête), centre et sud (pieds). Ces échantillons ont livré un spectre très riche, puisque 20 taxons ont été identifiés parmi seulement 75 charbons. Ici, les deux niveaux présentent une composition taxonomique identique (Figure 7.14). Ils sont dominés par *Haematoxylum sp.* et ont en commun les taxons *Maytenus cf. schippii*, *Manilkara sp.*, le taxon Sapotaceae, la Myrtacée *Eugenia/Psidium*, la Polygonacée *Gymnopodium floribundum*, les Fabacées *Lonchocarpus sp.*, *Havardia/Pithecellobium* et *Lysiloma aurita* et la Sapindacée *cf. Exothea sp.* Presque tous ces taxons sont fréquents dans les assemblages des phases anciennes à Naachtun. Tout comme dans la sépulture 45, le spectre de la sépulture 41 est très cohérent avec celui du remblai de construction de la structure 5N-6. D'autres taxons ont été identifiés dans ce dépôt dans des proportions moindres : *Coccoloba sp.*, *Alvaradoa amorphoides*, *Guettarda cf. gaumeri*, *cf. Myrciaria floribunda*, *Bourreria sp.*, *Byrsonima cf. bucidifolia*, *cf. Chrysophyllum sp.*, *Cojoba/Pithecellobium/Zygia*, *cf. Inga sp.*, ainsi que des monocotylédones et une Euphorbiacée indéterminée. Au niveau des carporestes, ce dépôt ne contenait qu'un grain de maïs.

Tableau 7.13 Caractéristiques métriques des échantillons de la sépulture 41, unité 5N6.

		N° échant.	Volume (L)	Masse (g)	Densité (g/L)	Fraction
Niveau sup.		1	10	2,81	0,28	1
Niveau inf.	*Nord*	2	0,2	0,32	1,59	1
	Centre	3	0,8	1,58	1,97	1
	Sud	4	0,2	0,10	0,49	1

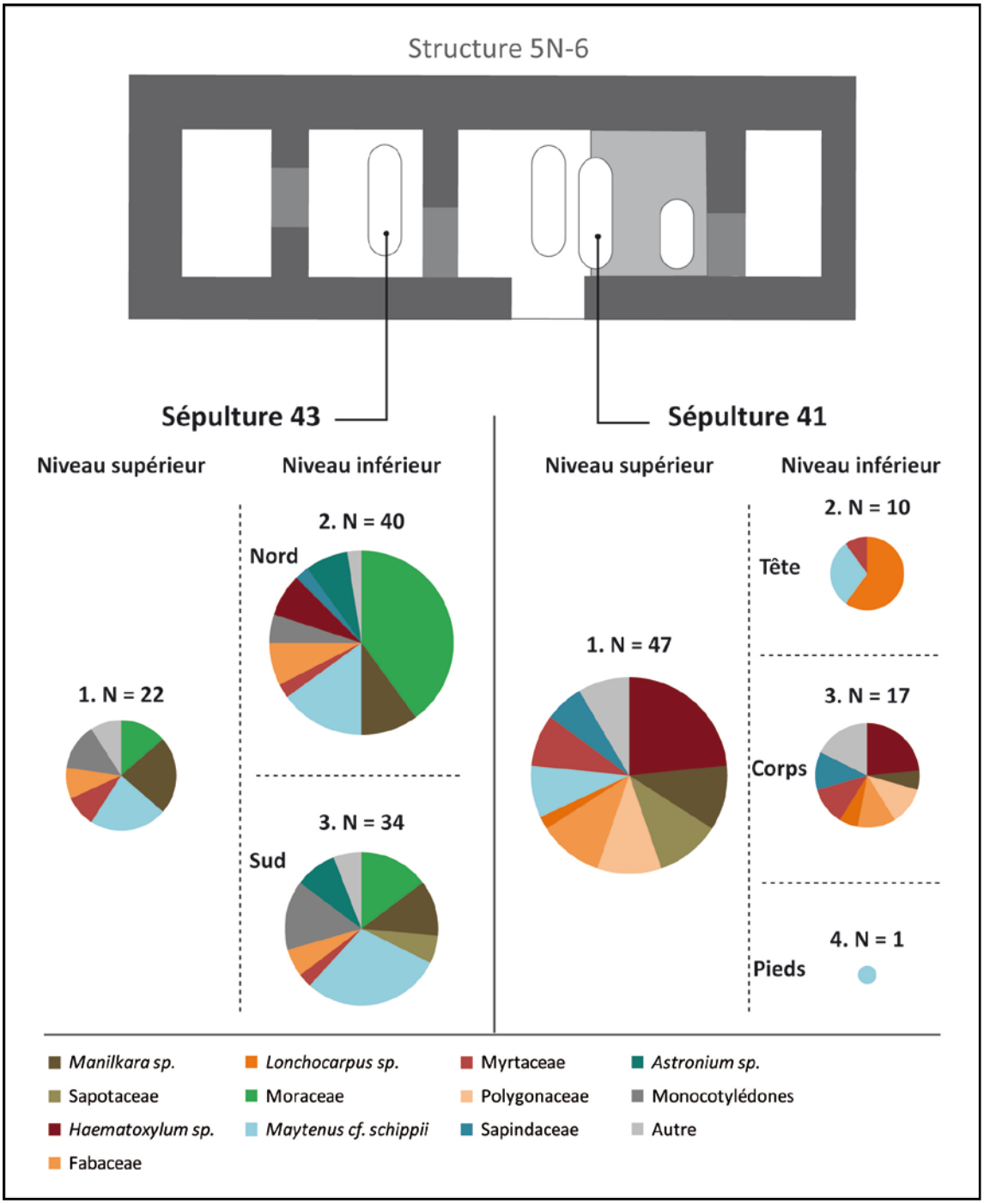


Figure 7.14 Composition taxonomique spatialisée des dépôts de la sépulture 41 et de la sépulture 43, unité 5N6.

Seule la proportion relativement importante de charbons de *Lonchocarpus sp.* est notable, d'autant plus que ceux-ci semblent se concentrer dans le tiers nord de la ciste. Cette essence étant complètement absente de l'ensemble des contextes de l'unité 5N6 (seul un charbon identifié comme *Lonchocarpus/Piscidia piscipula* est présent dans le remblai de construction de la structure 5N-6, voir Chapitre 6), elle ne semble pas avoir été un combustible commun dans cet habitat. Cela suggère que ces charbons sont les restes d'un feu particulier ayant été réalisé spécialement dans le cadre du rite funéraire avec du bois de *Lonchocarpus sp.* Ce dépôt pourrait donc avoir été formé en au moins deux étapes : première étape, déposition de cendres contenant les charbons de *Lonchocarpus sp.* ou combustion de bois de *Lonchocarpus sp.* directement dans la fosse, près de la tête ; seconde étape, dispersion, sur le corps, de cendres d'une origine différente (provenant du remblai de construction ?).

Sépulture 43

De la sépulture 43 située sous la pièce O1 de la structure 5N-6, trois échantillons de sédiment ont été prélevés dans la couche cendreuse qui recouvrait les dalles supérieures de la ciste (dépôt 2759, Tableau 7.14) : un échantillon général supérieur et deux échantillons profonds, correspondant à la moitié nord et à la moitié sud de la ciste. À nouveau, les spectres de ces deux niveaux, riches d'un point de vue taxonomique, se ressemblent fortement (Figure 7.14), suggérant un dépôt en une seule étape des restes mélangés de plusieurs feux. Leur seule différence est la proportion relativement importante de charbons d'*Astronium sp.* dans le niveau inférieur. Mais contrairement à ce qui a été observé dans les sépultures voisines, ces charbons ne sont, *a priori*, pas concentrés dans une partie de la fosse, bien que l'échantillonnage sur seulement deux secteurs ait pu masquer une concentration centrale par exemple. Il est donc difficile, dans ce cas, de dire si la présence de ces charbons est significative d'un dépôt intentionnel, indépendant du dépôt général de cendres. Parmi les 17 autres taxons identifiés (sur un total de 96 charbons), les plus représentés sont une Moracée (*Brosimum alicastrum/ Pseudolmedia sp.*), *Maytenus cf. schippii* et *Manilkara sp.* Parmi les taxons mineurs, on compte plusieurs Fabacées (*Haematoxylum sp.*, *Havardia/ Pithecellobium*, *Diphysa cf. carthagenensis* et *Piscidia piscipula*), la Myrtacée *Eugenia/Psidium*, le taxon Sapotaceae, *Erythroxylum sp.*, *Coccoloba sp.*, *Cordia cf. dodecandra* et la Sapindacée *cf. Exothea sp.* À cela s'ajoute une quantité non négligeable de fragments de tige de Bambusoidées d'environ 0,5 cm de diamètre, probablement une espèce herbacée, d'autres monocotylédones indéterminées, une possible seconde espèce du genre *Manilkara*, ainsi que quelques carporestes (grains et cupules de maïs et fragments non identifiés).

Tableau 7.14 Caractéristiques métriques des échantillons de la sépulture 43, unité 5N6.

		N° échant.	Volume (L)	Masse (g)	Densité (g/L)	Fraction
Niveau sup.		1	9	1,40	0,16	1
Niveau inf.	*Nord*	2	6,5	14,45	2,22	1
	Sud	3	11	3,00	0,27	1

Dans ce sédiment, la forte proportion de charbons de Moracées est cohérente avec l'assemblage général de la phase Maax III de laquelle est datée l'inhumation. Elle rappelle d'ailleurs la dernière occupation de la structure 5N-5 voisine, également datée de cette phase (voir Chapitre 6), suggérant

une origine domestique de ces cendres. Néanmoins, l'association des Moracées avec *Maytenus cf. schippi* ne ressemble à rien de connu à Naachtun. Par ailleurs, les charbons de Bambusoidées herbacées constituent des restes fragiles car très friables. Leur bonne conservation dans ce contexte est donc certainement due au fait qu'ils ne furent pas ou peu déplacés. Cela indique très clairement qu'au moins une partie des cendres dans ce dépôt ne provient pas de déchets domestiques, mais plus probablement de feux particuliers, ce qui expliquerait ainsi la proportion relativement importante d'*Astronium sp.* et de monocotylédones. La présence de charbons de tiges de bambous dans ce contexte est intéressante, puisqu'elle rappelle les dépôts d'autres contextes funéraires dans deux autres sites des Basses Terres mayas – Chinikihá (Chiapas) (Trabanino et Núñez, 2014) et Río Bec (Campeche) (Dussol et al., 2016) – où ce type de reste fut également identifié. Cela pourrait indiquer une tradition funéraire spécifique dans laquelle, par exemple, des objets faits de tiges de bambous (effigies ?) étaient brûlés dans le cadre du rituel, comme cela a été suggéré à Río Bec (Dussol et al., 2016, p. 68). Mais il est également possible que l'on soit en présence d'un phénomène purement taphonomique, si par exemple, des tiges de bambous servaient communément à l'allumage des feux (Scheel-Ybert, 2017; Thompson, 1994, p. 15). L'enfouissement rapide du dépôt de cendres dans ce contexte funéraire aurait ainsi contribué à préserver ces restes fragiles en limitant les processus de fragmentation post-dépositionnels.

Que ces cendres correspondent au moins en partie à des déchets domestiques ou bien aux restes de feux particuliers, il est certain qu'elles n'ont aucun lien avec le remblai de construction de la structure 5N-6. Dès lors, on peut douter du caractère fortuit de la présence d'un sédiment ressemblant à celui du remblai dans les sépultures 41 et 45. En effet, la sépulture 43 n'a pas été mieux aménagée que les deux sépultures voisines. Il serait donc étonnant que ces deux dernières aient été contaminées par le sédiment adjacent, quand la première ne le fut pas. La comparaison avec cette troisième sépulture permet donc de penser que les sépultures 41 et 45 furent intentionnellement remblayées avec le sédiment du remblai. Simple pragmatisme ou expression d'une volonté de renforcer les liens entre les défunts et la maison ? À Río Bec, Pereira (2013, p. 455) remarque que la stratigraphie initiale fut volontairement reproduite dans certaines sépultures, ce qu'il interprète comme l'expression de l'interconnexion entre la terre, la sépulture et la maison. Dans l'unité 5N6, le fait d'avoir remblayé les deux tombes de la pièce centrale avec le sédiment du remblai pourrait correspondre à un geste de pur bon sens. Mais sachant le rôle structurant qu'ont dû jouer certaines sépultures dans la construction de l'espace domestique (Becker, 1992; Kunen et al., 2002; Pereira, 2013), cet acte pourrait aussi exprimer la volonté de fusionner au maximum les tombes avec la plate-forme, comme pour parfaire l'incorporation des défunts à l'architecture.

L'échantillonnage spatialisé des niveaux cendreux dans les contextes funéraires de l'unité 5N6 s'est avéré probant. Il a permis de mettre en évidence, dans certaines sépultures, des variations spatiales dans la composition taxonomique et la densité de restes invisibles à l'œil nu. On a démontré que de telles variations ou, au contraire, l'homogénéité des dépôts, peuvent s'interpréter en termes de processus dépositionnels et post-dépositionnels. Ces interprétations sont d'autant plus pertinentes qu'elles s'appuient sur la connaissance de l'usage ordinaire des combustibles dans ce secteur et sur l'ensemble du site, représenté dans la séquence anthracologique générale (Figures 6.13 et 6.14).

L'acte de faire un feu dans la tombe, ou au-dessus de celle-ci comme dans le cas des sépultures du Groupe B, pourrait être en lien avec le rituel *och k'ak'*, identifié par Stuart (1998) dans des inscriptions de la période classique. Ce que l'auteur traduit par « l'entrée du feu » ou « l'encensement » de la maison, ici celle du défunt, est interprété comme le moyen par lequel on renouvelle l'énergie vitale du foyer en imprégnant l'espace de chaleur. La présence de charbons de pin dans les sépultures 45 (unité 5N6) et 48 (Patio 6) fait penser que certaines sépultures ont dû être « encensées » à la manière de ce que décrit Stuart, puisque l'on sait que le bois de pin était brûlé au cours des rituels principalement pour sa fumée odorante, supposée représenter une nourriture pour les ancêtres et les entités spirituelles (Morehart et al., 2005; Morehart, 2011).

7.1.3. Dépôts exposés

Les dépôts de terminaison dans les édifices politiques

Structure 5O-4, Place Est

Le dépôt 1925 provient d'un foyer aménagé sur les marches face à la porte nord-est de la structure 5O-4, dont on suppose qu'il marque l'abandon vers la fin de la phase Maax III ou le début de la phase Muuch (voir Chapitre 4.3.2). Échantillonné sur deux niveaux arbitraires (Tableau 7.15), le dépôt se compose principalement de charbons de *Manilkara sp.* et contenait également une quantité importante de restes de maïs (grains et fragments d'épis). Les autres taxons identifiés sont *Pinus sp.*, *Eugenia/Psidium* et *Piscidia piscipula*, à quoi s'ajoutent des charbons de Fabacée indéterminés (Figure 7.15).

Tableau 7.15 Caractéristiques métriques des échantillons du dépôt 1925, structure 5O-4, Place Est.

	N° échant.	Volume (L)	Masse (g)	Densité (g/L)	Fraction
Niveau supérieur	1	7	6,35	0,91	1/4
Niveau inférieur	2	8	20,90	2,61	1/4

Compte tenu du fait qu'il était recouvert par un important niveau de décombres riche en matériels divers et notamment en charbons (non inclus dans le corpus), il n'est pas impossible qu'au moins une partie de ces charbons proviennent d'une contamination des sédiments adjacents, malgré le nettoyage de surface qui a précédé l'échantillonnage (Perla, 2014b, pp. 340–341). Toutefois, comme dans le cas du dépôt 2135 (Complexe à enceinte), la présence de ces différents taxons dans le niveau inférieur du foyer (zone la moins sujette à contamination) permet de penser que ces charbons sont bien *in situ* et que des essences autres que le seul bois de *Manilkara* et les épis de maïs ont été brûlées dans ce foyer.

Structure 5O-5, Place Est

Dans la structure 5O-5, les dépôts de cendres répandus sur les sols (Tableau 7.16) ont livré des spectres taxonomiques très riches (Figure 7.16).

Dans la pièce centrale, le feu associé aux encensoirs (dépôt 584) a été réalisé avec au moins 13 essences différentes, en plus d'une probable résine végétale. *Manilkara sp.* est le taxon dominant du spectre, qui comprend également les Sapindacées *cf. Thouinia paucidentata* et *Allophylus sp.*, *Pinus sp.*,

l'Anacardiacée *Astronium sp.*, *Piscidia piscipula*, une Euphorbiacée (*Adelia sp./Gymnanthes lucida/Sebastiania sp.*), *Dalbergia cf. stevensonii* (bois de rose), *Byrsonima cf. bucidifolia*, *Brosimum alicastrum/Pseudolmedia sp.*, l'espèce probable *Maclura tinctoria* (*mora*), un taxon correspondant probablement à la Bixacée *Bixa sp.* (*achiote*) et un taxon indéterminé. Il s'agit de la seule occurrence de ces deux taxons (*cf. Maclura tinctoria* et *cf. Bixa sp.*) à Naachtun.

Tableau 7.16 Caractéristiques métriques des échantillons de la structure 5O-5, Place Est.

	N° échant.	Volume (L)	Masse (g)	Densité (g/L)	Fraction
Pièce centrale	1	-	32,92	-	1
	2	23	8,53	0,37	1
	3	13	4,28	0,33	1
Pièce est	4	14	1,07	0,08	1
	5	-	2,50	-	1
	6	-	7,13	-	1
Plate-forme	7	-	47,81	-	1

Dans la pièce est, 23 taxons ont été identifiés parmi les différents dépôts de cendres (dépôts 2108). Comme dans la pièce centrale, ces dépôts sont dominés par *Manilkara sp.* La concentration située dans l'angle nord-ouest de la pièce (échantillon n°2) se compose majoritairement de *Pinus sp.* Il est associé à une grande quantité de carporestes, principalement des fragments d'endocarpe d'une probable Arécacée. Les autres taxons identifiés dans cette zone sont les Moracées *Brosimum alicastrum* et/ou *Pseudolmedia sp.*, une Euphorbiacée du genre *Adelia*, *Gymnanthes* ou *Sebastiania*, *cf. Pouteria sapota*, *Engenia/Psidium*, *cf. Myrciaria floribunda*, *Piscidia piscipula* et *cf. Thouinia paucidentata.* Au centre de la pièce et jusque sur le seuil de la porte (échantillons n°3 et 5), les dépôts présentent une grande quantité de charbons de Sapindacées (dont *cf. Thouinia paucidentata*). Ils contenaient également des charbons de *Pinus sp.*, *Piscidia piscipula*, *Haematoxylum sp.*, *cf. Albizia sp.*, *Brosimum alicastrum*, *Astronium sp.* et *Gymnopodium floribundum*, ainsi que quelques carporestes (6 fragments d'endocarpe de type Arécacée et 3 fragments non identifiés). La petite concentration située au pied du mur ouest (échantillon n°6) est composée de *Manilkara sp.*, *Byrsonima cf. bucidifolia*, *Piscidia piscipula*, *cf. Thouinia paucidentata* et d'une Euphorbiacée du genre *Adelia* ou *Sebastiania*. Dans la moitié est de la pièce (échantillon n°4), où la densité de reste est, de façon attendue, beaucoup plus faible, des charbons de *Manilkara sp.*, *Pinus sp.*, *Brosimum alicastrum*, Sapindacées, *Haematoxylum sp.*, *cf. Albizia sp.*, et Anacardiacée ont été identifiés. Enfin, la concentration de charbons située sur la plate-forme à l'extérieur de la structure (dépôt 573, échantillon n°7) se compose exclusivement de *Manilkara sp.*, plus exactement de grands fragments de branches en section complète d'environ 2 cm de diamètre.

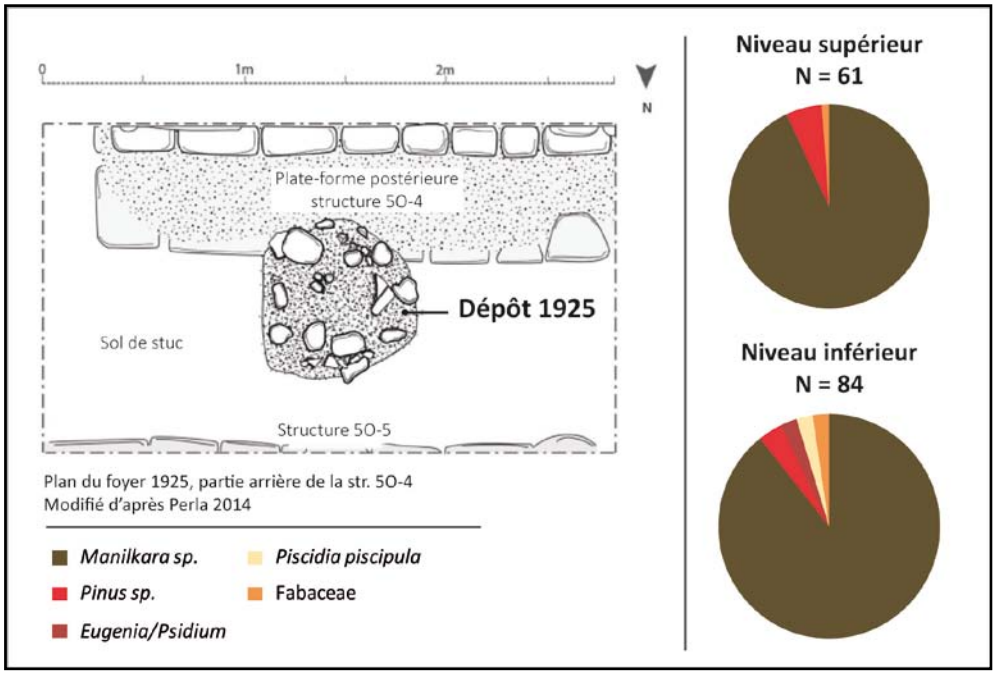


Figure 7.15 Composition taxonomique du dépôt 1925, structure 5O-4, Place Est.

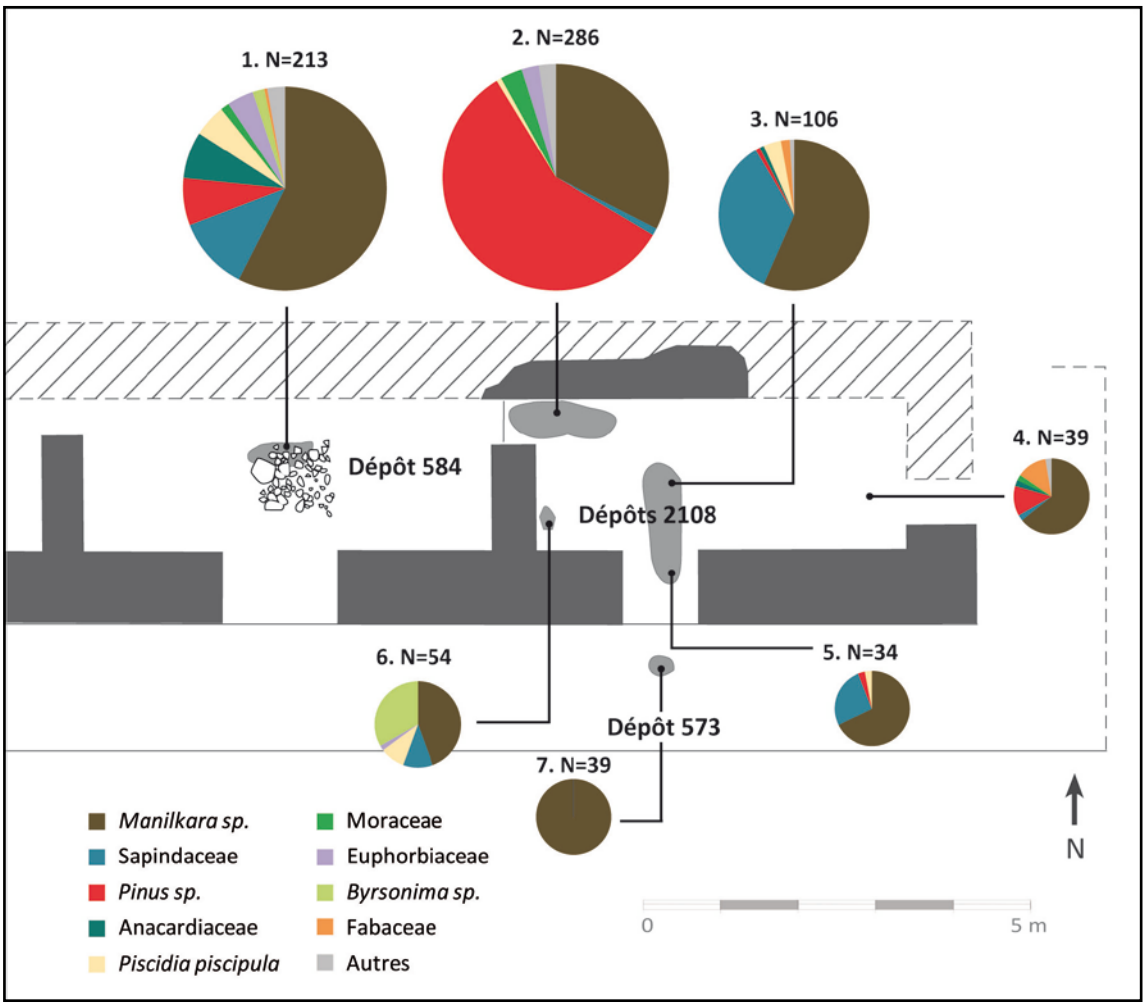


Figure 7.16 Composition taxonomique des dépôts de la structure 5O-5, Place Est.

Les différences notables dans la composition taxonomique des concentrations cendreuses de la pièce est indiquent qu'elles résultent d'au moins trois feux différents, le premier réalisé principalement avec des bois de Sapindacées, le second avec du bois de pin (*Pinus sp.*) et le troisième avec du bois de *nance* (*Byrsonima cf. bucidifolia*). Rien ne garantit que ces feux aient été effectués au même moment, ni même dans une perspective exclusivement rituelle (la dominance de *Manilkara sp.* dans tous les dépôts n'est pas significative d'un lien entre eux puisque cette essence est la plus utilisée à Naachtun). La fonction rituelle du dépôt central et de celui de la plate-forme extérieure ne fait cependant guère de doute en raison de leur position dans l'axe de la porte. En revanche, les dépôts situés dans l'angle nord-ouest et au pied du mur ouest pourraient être les restes de feux profanes, effectués par des squatters par exemple. On sait que plusieurs décennies voire siècles se sont écoulés entre la cessation des activités dans cet édifice vers la fin de la phase Maax III (début du IX^{e} siècle) et le moment, au cours du Postclassique ancien (X^{e}-XI^{e} siècles), où fut réalisée la cérémonie de terminaison matérialisée par le dépôt de la pièce centrale (voir Chapitre 1.3.3 et Chapitre 4.3.2). Mais ce qui est intéressant, c'est que les trois principales essences (Sapindacées, pin et *nance*) et d'autres encore parmi celles identifiées dans les dépôts de la pièce est (*Piscidia piscipula*, *Brosimum alicastrum*, *Astronium sp.* et l'Euphorbiacée *Adelia sp./ Gymnanthes lucida/Sebastiania sp.*) se retrouvent réunies dans le dépôt de la pièce centrale, qui résulte lui-même d'un feu indépendant réalisé sur place. Sans garantir la contemporanéité des feux dont ces dépôts sont issus, une telle conjoncture ne peut pas être le fruit du hasard de la collecte opportuniste des combustibles. Au contraire, elle atteste qu'un lien existe entre le dépôt de la pièce centrale et ceux de la pièce est. Soit ces dépôts sont les restes *in situ* et non remaniés de feux contemporains volontairement faits avec les mêmes essences, soit il y a eu déplacement et mélange intentionnel entre les restes de plusieurs feux.

Structure 6O-5, Place Río Bec

Dans la structure 6O-5 de la Place Río Bec (Groupe B), deux concentrations cendreuses ont été échantillonnées manuellement (Tableau 7.17). Celle située au pied de la niche axiale et résultant visiblement d'un feu *in situ* (dépôt 549) contenait des charbons de *Manilkara sp.*, Sapindacées (*cf. Thouinia paucidentata* et *cf. Exothea sp.*), *Byrsonima cf. bucidifolia*, *cf. Myrciaria floribunda*, *Pinus sp.*, *Alvaradoa amorphoides* et *Ardisia sp.* (Figure 7.17). Mentionnons également que, de l'amalgame de résine et de charbons qui se trouvait à l'intérieur de la niche (voir Chapitre 4.4.1), deux charbons ont été extraits et identifiés comme du bois de pin. La seconde concentration (dépôt 564), située sur la plate-forme à l'extérieur de la structure et associé à des fragments d'encensoir, contenait des charbons d'*Alvaradoa amorphoides* ainsi qu'un charbon de *Manilkara sp.* On peut donc affirmer que ce dépôt résulte d'un feu à part, et non du feu qui fut effectué à l'intérieur de la structure.

Tableau 7.17 Caractéristiques métriques des échantillons de la structure 6O-5, Place Río Bec, Groupe B.

Dépôt	Volume (L)	Masse (g)	Densité (g/L)	Fraction
549	-	6,35	-	1
564	-	20,90	-	1

Il est intéressant de constater que l'on retrouve associées dans cette structure les principales essences avec lesquelles ont été faits les feux de la structure 5O-5 de la Place Est, à savoir le pin, le

nance et surtout les Sapindacées (*cf. Exothea sp.* et *cf. Thouinia paucidentata*), qui ne sont plus des combustibles habituels à Naachtun à la fin du premier millénaire. Il a été proposé au Chapitre 6 que la résurgence de ces essences forestières dans les dépôts tardifs pourrait être due à la recolonisation de la forêt après l'abandon du site. On sait en effet, grâce aux datations par le radiocarbone, que les cérémonies religieuses à l'origine de ces dépôts ont été effectuées tardivement, vraisemblablement entre les XI^{e} et XII^{e} siècles. Ils ont également en commun d'être associés à des fragments d'encensoirs de même type (encensoir à pointes), ainsi qu'à des restes de résine brûlée qui pourraient correspondre à des restes d'encens – seules occurrences, jusqu'à présent, de résine archéologique à Naachtun. Leurs points communs font penser qu'ils pourraient être les vestiges d'un rituel unique, effectué lors d'un retour sur le site après son abandon, au cours du Postclassique ancien. Pagliaro et ses collègues (2003, pp. 82–83) ont en effet évoqué la possibilité que des rituels de terminaison aient pu avoir une dimension globale en incluant plusieurs édifices d'un même site, ce que les fouilles dispersées ne permettent pas toujours d'entrevoir. Les auteurs citent en exemple des fouilles à Cerros et Blackman Eddy au Belize ou encore à Yaxuná dans le Yucatán, où des fragments de mêmes récipients céramiques ont été retrouvés dispersés dans différents dépôts de terminaison.

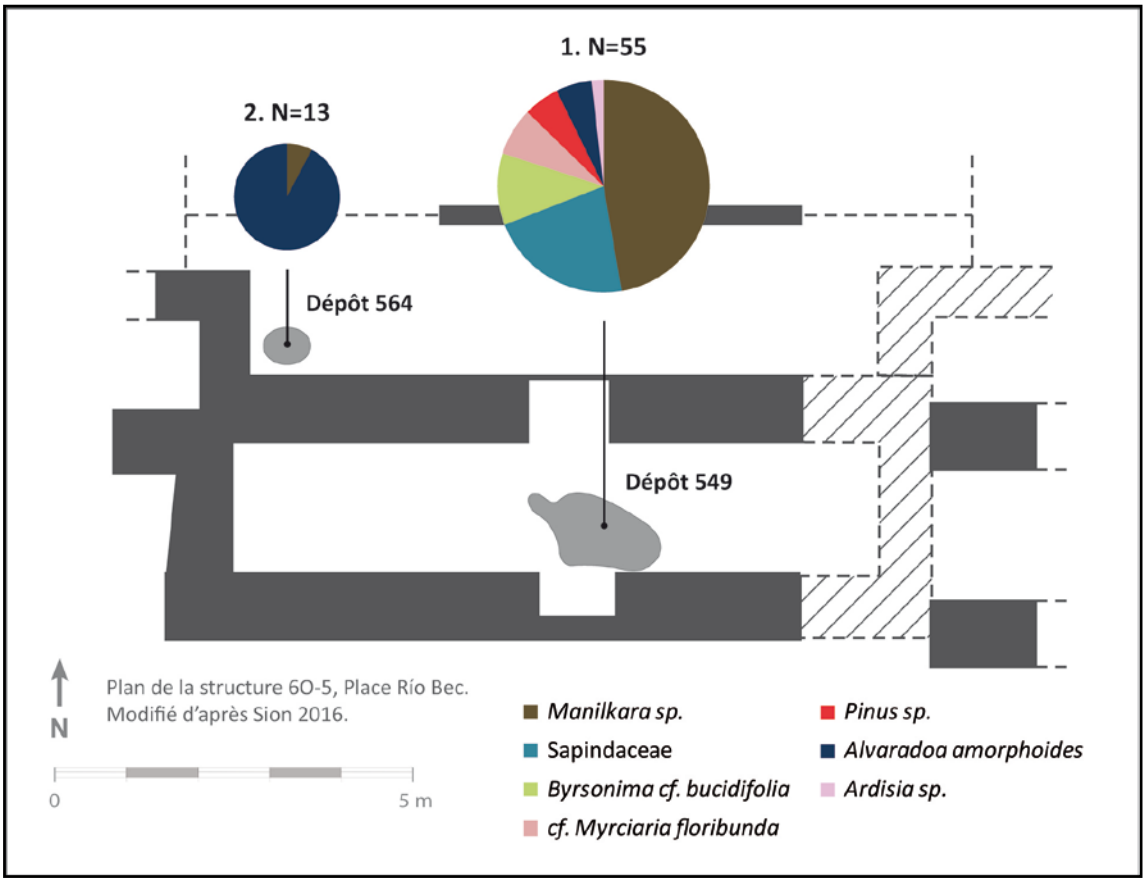


Figure 7.17 Composition taxonomique des dépôts de la structure 6O-5, Place Río Bec, Groupe B.

Les dépôts d'abandon en contexte domestique

Dans les complexes résidentiels du Groupe B, les dépôts liés à l'abandon sont datés de la dernière phase d'occupation du lieu, soit de la fin de la phase Maax III du Classique récent ou de la phase Muuch du Classique terminal.

Patio 6, Complexe Ouest

Daté de la phase Maax III, le feu qui fut effectué au pied de la banquette dans la structure 5O-51 du Patio 6 (Complexe Ouest) a été réalisé avec du bois de *Manilkara sp.* (dépôt 1990, Tableau 7.18). La présence de deux charbons identifiés comme de Sapotacée indéterminée et d'une probable Myrtacée pourrait être due à une contamination des sédiments adjacents (niveau d'occupation et niveau de décombres).

Tableau 7.18 Caractéristiques métriques de l'échantillon du dépôt 1990, Patio 6, Complexe Ouest.

Volume (L)	Masse (g)	Densité (g/L)	Fraction
8	21,824	2,73	1/4

Patios 21 et 22, Complexe Central

Parmi les nombreux dépôts mis au jour dans les Patios 21 et 22 du Complexe Central, ceux qui ont été étudiés dans le cadre de cette étude (Tableau 7.19) ont livré des spectres riches et hétérogènes.

Dans la pièce 1 de la structure 5O-120 du Patio 22 (Complexe Central), l'importante concentration cendreuse située au pied du mur sud (dépôt 2051) contenait principalement des charbons de *Manilkara sp.* (Figure 7.18). Les autres taxons présents dans ce dépôt sont *Cordia cf. dodecandra*, *cf. Exothea sp.*, *Eugenia/Psidium*, *Diphysa cf. carthagenensis*, *cf. Myrciaria floribunda*, *Maytenus cf. schippii*, *cf. Pouteria durlandii*, Sapotaceae, *Pinus sp.*, *Lonchocarpus sp.* et *cf. Caesalpinia yucatanensis*. Il présentait également une quantité importante de restes de maïs et quelques carporestes non identifiés. Dans la partie nord de la pièce, le dépôt 2074 se compose essentiellement de *Manilkara sp.*, *Eugenia/Psidium* et *Brosimum alicastrum*. Il contenait également des charbons de *Cordia cf. dodecandra*, *Maytenus cf. schippii*, *Pinus sp.*, *Byrsonima cf. bucidifolia*, *Metopium brownei*, *cf. Myrciaria floribunda*, de l'espèce probable *Indigofera suffruticosa* (indigo, Fabacée), de Fabacée et de monocotylédones indéterminés, ainsi que d'un taxon indéterminé. Il n'a fourni en revanche que deux restes de maïs (grain et cupule).

Tableau 7.19 Caractéristiques métriques des échantillons issus des dépôts exposés dans les Patios 21 et 22, Complexe Central, Groupe B.

	Dépôt	Volume (L)	Masse (g)	Densité (g/L)	Fraction
Structure 5O-120	4479	43	83,91	1,95	1/4
	4415	10	18,58	1,86	1/2
	2051	15	8,60	0,57	1
	2074	12	8,61	0,72	1/4
Structure 5O-131	2244	12	14,27	1,19	1

Malgré des différences, ces deux dépôts présentent une composition taxonomique proche, avec plusieurs taxons en commun (voir *Myrciaria floribunda*, *Maytenus cf. schippii*, *Cordia cf. dodecandra*, *Pinus sp.*), qui permet de penser qu'ils sont les restes *in situ* de feux effectués probablement au même moment, et avec les mêmes essences. Cela renforce l'hypothèse que ces dépôts résultent d'un rituel d'abandon, soit d'un évènement unique (voir Chapitre 4.4.3), par opposition à une accumulation progressive des restes de plusieurs feux.

Dans la pièce 4 de cette même structure, ouverte sur le Patio 21, la concentration cendreuse située dans la niche de la banquette (dépôt 4415) était composée essentiellement de charbons de *Pinus sp*. Le reste du spectre comprend *Byrsonima cf. bucidifolia*, les Fabacées *Lysiloma aurita* et *Enterolobium/Lysiloma*, *Alvaradoa amorphoides* et *Eugenia/Psidium*. Il est tout à fait notable que *Manilkara sp.* soit complètement absent de ce dépôt. Cela démontre avec certitude qu'il résulte d'un ou plusieurs feux particuliers qui ont pu être réalisés directement dans la niche, et non de feux domestiques communs dont les restes auraient été placés dans cet espace. En effet, *Manilkara sp.* étant le combustible le plus utilisé à Naachtun, il semble improbable que des restes de feux domestiques accumulés ne contiennent aucun charbon de cette essence ou au moins d'une Sapotacée.

S'agissant du dépôt de charbons issu de la fosse intrusive à moitié rebouchée (dépôt 4479), celui-ci a livré un spectre très riche, puisque 26 taxons ont été identifiés parmi seulement 146 charbons analysés (correspondant à un quart du dépôt). Les Fabacées sont dominantes avec 10 taxons identifiés. Les taxons les plus représentés sont *Brosimum alicastrum*, les Fabacées *Lysiloma aurita*, *Havardia/Pithecellobium* et *Piscidia piscipula*, *Manilkara sp.* et la Sapotacée *cf. Pouteria sapota*. Sont également représentés dans ce dépôt, les taxons *Byrsonima cf. bucidifolia*, *Albizia/Acacia*, *Cordia cf. dodecandra*, *cf. Inga sp.*, *Lonchocarpus sp.*, *Gliricidia sepium*, *cf. Myrciaria floribunda*, *cf. Pouteria durlandii*, *Metopium brownei*, *cf. Albizia sp.*, *Bucida buceras*, probablement une espèce du genre *Protium* (Burseracée), *Cojoba/Pithecellobium/Zygia*, *Licaria/Nectandra*, *Acacia sp.*, une probable Euphorbiacée (*cf. Euphorbia sp.*), ainsi que des charbons de Fabacée indéterminés, de monocotylédones et de deux taxons indéterminés. Ce dépôt contenait également une quantité importante de restes de grains de maïs.

En raison de leur composition taxonomique très différente, il est clair que ce dépôt intrusif et celui de la niche ont été produits au cours d'actions rituelles indépendantes. La richesse taxonomique dans le premier fait penser qu'il pourrait correspondre à une accumulation de déchets domestiques placés intentionnellement dans la fosse. Mais l'abondance de certaines Fabacées comme *Lysiloma aurita* et *Havardia/Pithecellobium*, de même que l'absence de pin, sont en incohérence avec l'assemblage anthracologique général de la phase Muuch (voir Chapitre 6) de laquelle est daté le dépôt. En effet, le pin est l'essence qui caractérise le Classique terminal à Naachtun, et on le trouve jusque dans des résidences de la zone résidentielle sud éloignées du centre de la cité. Ce dépôt résulterait-il alors, au moins en partie, d'un ou plusieurs feux particuliers qui auraient été réalisés spécialement pour le rituel, comme ce que suggère la présence d'ossements d'animaux brûlés dans cette fosse ? Si c'était le cas, cette richesse taxonomique particulièrement élevée traduirait un usage volontaire d'un maximum d'essences pour la réalisation de ce ou ces feux rituels.

Cela étant, aucun des contextes généraux ayant servi à la construction de la séquence anthracologique générale n'est issu du Complexe Central, ce qui implique qu'on ignore, en fait, quel fut l'usage ordinaire des combustibles domestiques dans ces résidences au Classique terminal. Or le cas du Patio 6 a démontré la variabilité qui peut exister dans l'usage des bois entre les unités d'habitat. Et par ailleurs, certains dépotoirs des Patios 31 et 34 (Complexe Sud) pourtant datés du Classique terminal, se sont révélés dépourvus de pin (voir Chapitre 6).

On dispose tout de même d'un contexte dans ce secteur qui, bien que n'appartenant pas à la même unité résidentielle, pourrait servir de cas de comparaison. Il s'agit de l'importante couche de cendre (dépôt 2244, Tableau 7.19 et Figure 7.19) qui recouvrait le sol de la pièce b dans la structure 5O-131 ouverte sur le Patio 22. Dans le Chapitre 4, on avait soulevé les incertitudes qui persistent quant à l'interprétation de ce dépôt, résultant peut-être en partie d'un rituel d'abandon mais incluant aussi certainement des déchets domestiques (voir Chapitre 4.4.3). Dans ce niveau cendreux, 22 taxons ont été identifiés parmi 101 charbons, ce qui représente une richesse taxonomique importante, cohérente avec une accumulation progressive de nombreux feux. Les taxons les plus représentés sont *Manilkara sp.* et *Byrsonima cf. bucidifolia*. Il contient par ailleurs plusieurs Fabacées (*Piscidia piscipula*, *Havardia/Pithecellobium*, *Cojoba/ Pithecellobium/Zygia*, *cf. Inga sp.*, *Enterolobium/Lysiloma*, *Diphysa cf. carthagenensis*, *cf. Gliricidia sepium*), les Myrtacées *cf. Myrciaria floribunda* et *Eugenia/Psidium*, *Alvaradoa amorphoides*, *Brosimum alicastrum*, la Sapindacée *cf. Thouinia paucidentata*, *Maytenus cf. schippii*, *Semialarium mexicanum*, une Phyllanthacée du genre *Astrocasia* ou *Phyllanthus*, *Bucida buceras*, *Zanthoxylum sp.*, *Coccoloba sp.*, et un taxon indéterminé. On constate qu'à l'instar du dépôt intrusif de la structure 5O-120, aucun charbon de pin n'y a été identifié, alors que les Fabacées y sont très représentées. Ces deux dépôts ont par ailleurs plusieurs taxons en commun, à savoir *Manilkara sp.*, *Byrsonima cf. bucidifolia*, *Piscidia piscipula*, *Havardia/Pithecellobium*, *Cojoba/ Pithecellobium/Zygia*, *cf. Gliricidia sepium*, *cf. Inga sp.*, *cf. Myrciaria floribunda*, *Brosimum alicastrum* et *Bucida buceras*.

Ainsi, sans aller jusqu'à envisager une origine commune, la bonne cohérence taxonomique entre ces deux dépôts strictement indépendants d'un point de vue archéologique (et dont on ne peut d'ailleurs pas établir la contemporanéité absolue), suggère qu'ils correspondent tous les deux aux restes accumulés de nombreux feux et qu'ils représentent au moins en partie l'usage commun des bois dans ce secteur de la cité au Classique terminal.

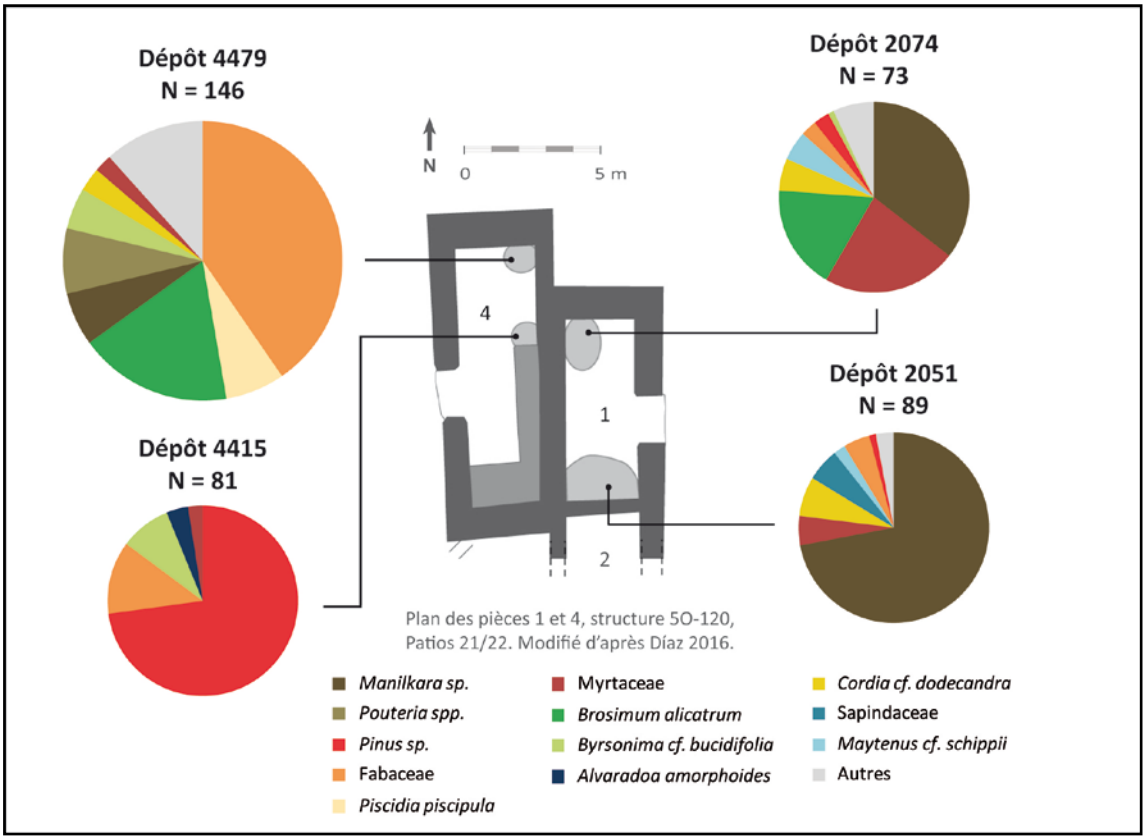


Figure 7.18 Composition taxonomique des dépôts dans les pièces 1 et 4 de la structure 5O-120, Patios 21-22, Complexe Central.

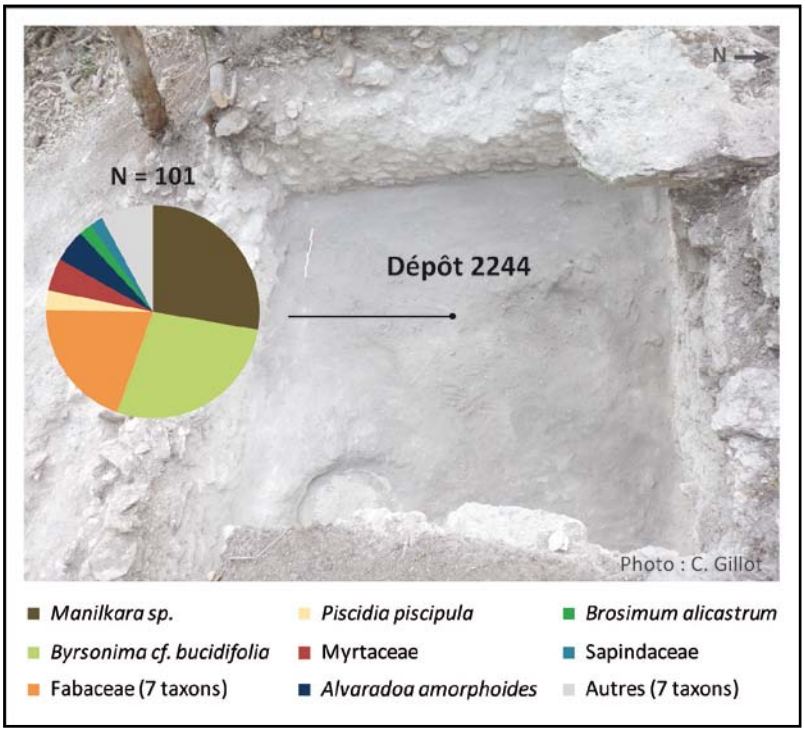


Figure 7.19 Composition taxonomique du dépôt de la pièce b de la structure 5O-131, Patio 22, Complexe Central.

Patios 28, 32, 34, Complexe Sud

Parmi les nombreux dépôts exposés qui ont été mis au jour dans le Complexe Sud, ceux inclus dans le corpus proviennent principalement des Patios 28 et 31, un dépôt étant issus du Patio 32 (Tableau 7.20). Tous ont été datés du Classique terminal par l'analyse du matériel céramique.

Déposées sur le sol du patio face à la structure 6O-6 bis du Patio 28, les deux concentrations cendreuses (dépôts 2027 et 2034) supposées liées à l'abandon ritualisé du secteur (voir Chapitre 4.4.4), présentent des spectres anthracologiques très semblables (Figure 7.20). Tous les deux sont dominés par *Pinus sp.*, *Manilkara sp.*, *Byrsonima cf. bucidifolia* et la Myrtacée *cf. Myrciaria floribunda*. Un autre taxon commun à ces deux dépôts est la Fabacée *Havardia/Pithecellobium*. Le dépôt 2027 contenait également des charbons de *Brosimum alicastrum/Pseudolmedia sp.*, *Gymnopodium floribundum* et *Maytenus cf. schippii*, alors que le dépôt 2034 contenait des charbons de *Cordia cf. dodecandra*, *Cynophalla/Quadrella*, *Zanthoxylum sp.*, *Ardisia sp.*, *Eugenia/Psidium*, *Piscidia piscipula* et de Sapotacée indéterminés. Ces spectres sont particulièrement cohérents avec ceux des dépotoirs domestiques de cette même unité résidentielle, et d'une façon générale avec l'assemblage anthracologique de la phase Muuch (voir Chapitre 6). Considérant, en plus, leur faible densité de macrorestes (0,21 et 0,45 g/L) et la présence de quelques carporestes (dont des restes de grains maïs et des fragments d'endocarpe, probablement d'Arécacée), il ne fait aucun doute que ces cendres correspondent à des déchets domestiques. Dès lors, soit elles sont de simples rejets domestiques sporadiques, soit elles ont été volontairement récupérées dans un dépotoir pour être déposées ensuite à cet endroit pour les besoins d'un rituel d'abandon.

Tableau 7.20 Caractéristiques métriques des échantillons issus des dépôts exposés dans les unités résidentielles du Complexe Sud, Groupe B.

	Dépôt	Volume (L)	Masse (g)	Densité (g/L)	Fraction
Patio 28	1342	-	1,13	-	1
	2027	19	3,98	0,21	1
	2034	11	4,95	0,45	1
Patio 32	2408	16	32,64	2,04	1/4
Patio 31	1840	5	5,69	1,14	1
	1842	9	1,28	0,14	1
	1830	13	0,85	0,07	1
	2311	3,5	14,22	4,06	1

La seconde hypothèse n'est pas invraisemblable, puisqu'un dépôt d'abandon (dépôt 1842) situé dans le Patio 31 (Figure 7.20), dont la fonction rituelle est attestée par sa position axiale face à l'entrée de la structure 6O-15 et par le matériel associé (voir Chapitre 4), présente les mêmes caractéristiques. Cette concentration cendreuse comporte une faible densité de restes (0,14 g/L) et inclut quelques restes de grains de maïs, et son spectre relativement riche (pour le faible nombre de charbons identifiables) est cohérent avec l'assemblage général de la phase Muuch. Il se compose de *Manilkara sp.*, *Pinus sp.*, Sapindacées (dont *Allophylus sp.*) et de monocotylédones, probablement des Bambusoidées. On retrouve ce même schéma dans l'autre dépôt possiblement lié à l'abandon ritualisé du Patio 31, situé dans la structure 6O-14 (dépôt 1830) : faible densité de restes (0,07 g/L), rares carporestes (non

identifiés) et spectre ordinaire, composé de monocotylédone indéterminés, *Manilkara sp.*, *Pinus sp.*, *Gymnopodium floribundum*, *Maytenus cf. schippii* et *Croton sp.*

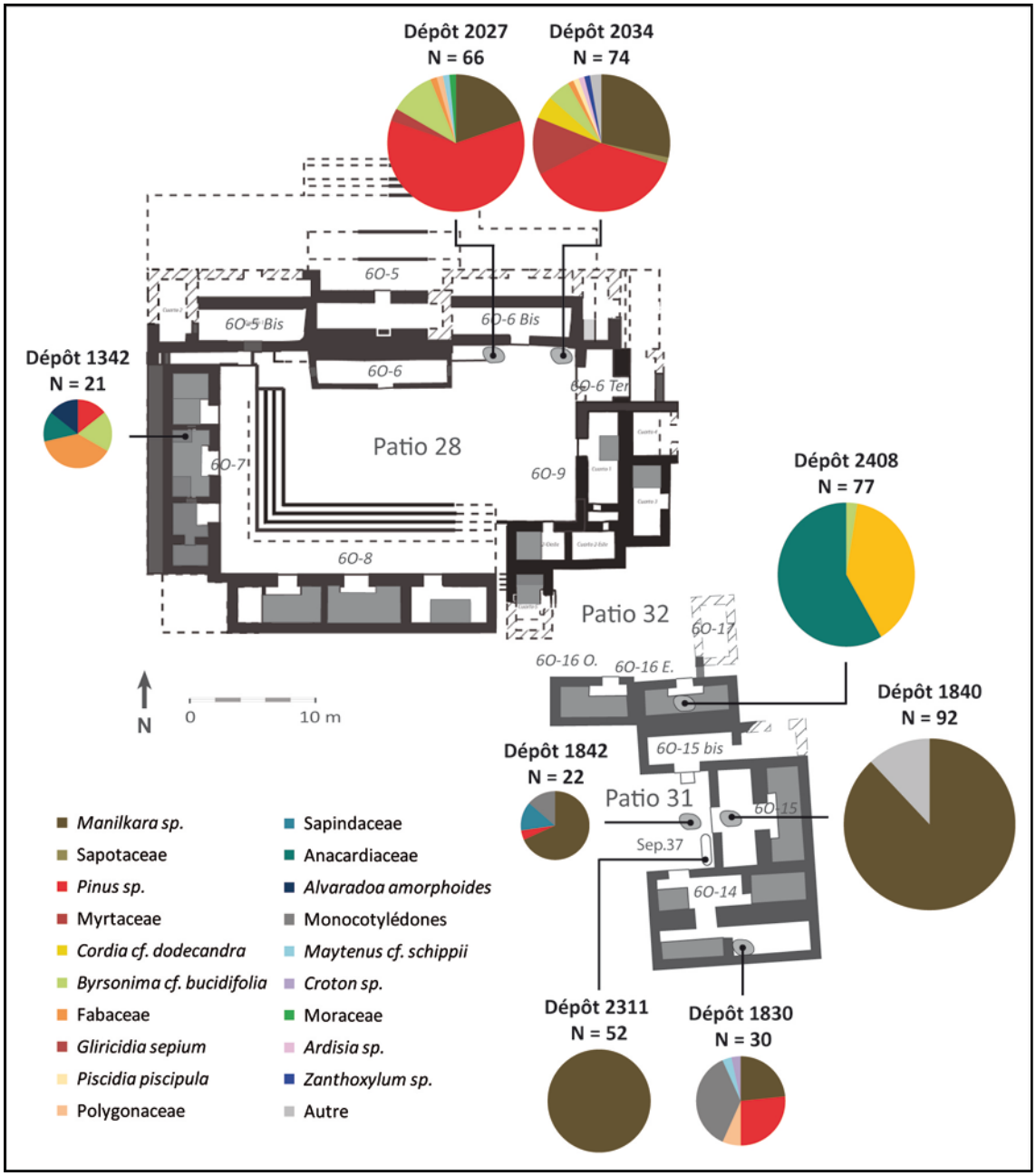


Figure 7.20 Composition taxonomique des dépôts exposés dans le Complexe Sud, Groupe B.

Ces dépôts de cendres, à l'évidence secondaires, s'opposent aux deux dépôts post-abandon, mis au jour dans les niveaux de décombres des structures 6O-16 Est (dépôt 2408) et 6O-15 (dépôt 1840). Ces concentrations riches en charbons (de densité respective 2,04 et 1,14 g/L) se composent chacune de deux essences, ce qui démontre qu'elles sont les restes de feux ponctuels, possiblement *in situ*. Le premier dépôt a été réalisé avec des bois de *Gliricidia sepium* et *Astronium sp.* Il inclut également deux charbons de *Byrsonima cf. bucidifolia*, peut-être issus d'une contamination. Le second se compose de

Manilkara sp. et d'un taxon indéterminé (possiblement une Malvacée ou une Primulacée). Un dernier dépôt exposé (dépôt 2311) résulte aussi visiblement d'un feu ponctuel. Il s'agit de la concentration de charbons (4,06 g/L) déposée dans la fosse intrusive associée à la sépulture 37. Elle contenait exclusivement des charbons de *Manilkara sp.*

Enfin, dans le Patio 28, le dépôt issu de la niche latérale nord dans la pièce centrale de la structure 6O-7 contenait des charbons d'une Fabacée (*Cojoba/Pithecellobium/Zygia*), de *Metopium brownei*, *Byrsonima cf. bucidifolia*, *Pinus sp*. et *Alvaradoa amorphoides*. Cette composition taxonomique, associée à l'absence de *Manilkara sp.*, n'est pas sans rappeler celle du dépôt de la niche de la structure 5O-120 dans le Complexe Central, bien que celui-ci ait contenu des Fabacées différentes, appartenant toutefois à la même sous-famille des Mimosoidées.

Les feux qui furent effectués dans les deux niches des structures résidentielles 6O-7 du Patio 28 (Complexe Sud) et 5O-120 du Patio 21 (Complexe Central) surprennent par leur singularité. Non seulement, ce sont les seuls dépôts spéciaux, avec le dépôt post-abandon de la structure 6O-16 du Patio 32 (Complexe Sud), complètement dépourvus de charbons de *Manilkara sp.* ou de Sapotacée. Mais ils présentent, en plus, une composition taxonomique très proche, associant le pin, le *nance*, le *palo de hormiguas* (*Alvaradoa amorphoides*) et des Mimosacées. Certes, d'autres dépôts se ressemblent : les dépôts exposés devant la structure 6O-6 bis dans le Patio 28 (Complexe Sud), les dépôts cendreux dans les sépultures 41 et 45 de l'unité 5N6, et bien sûr les dépôts exposés dans la structure 5O-5 de la Place Est. Mais tous ces dépôts sont liés par un contexte archéologique commun. Ce n'est pas le cas des dépôts de ces deux niches, qui se situent dans des complexes résidentiels différents. Comme ce qui a été suggéré pour les dépôts de terminaison des édifices politiques de la Place Est et de la Place Río Bec, les ressemblances entre les dépôts de ces deux niches suggèrent que certaines cérémonies rituelles ont pu avoir une dimension collective, dépassant le seul cadre familial. Si cette hypothèse était exacte, on pourrait s'attendre à ce qu'une telle cérémonie ait porté sur d'autres niches domestiques dans ces deux complexes résidentiels.

Bien que cette hypothèse puisse sembler vraisemblable, il est évident que ces seuls deux dépôts ne peuvent suffire à la valider. Néanmoins, ces exemples mettent en avant l'intérêt d'adopter une perspective plus globale dans la reconstitution des comportements humains, afin, peut-être, de mieux percevoir la portée symbolique et sociale de certaines pratiques rituelles.

7.2. Variabilité des dépôts, continuité des comportements

La reconstitution au cas par cas des processus de formation des dépôts spéciaux de cendres via une approche anthracologique a mis en évidence toute la variabilité qui existe entre ces dépôts, en termes d'assemblages d'essences et de processus dépositionnels. Faisant écho à la diversité contextuelle et matérielle des dépôts rituels à Naachtun, qui se manifeste notamment à travers les assemblages d'artefacts (Sion, 2016, p. 510), cette variabilité révèle la diversité et la complexité des gestes humains à l'origine des dépôts. Cela conduit à s'interroger sur l'existence de possibles comportements rituels récurrents en lien avec la nature des rites et la fonction des dépôts.

7.2.1. Origine et déposition des cendres : des comportements rituels multiples

Depuis les feux réalisés avec une ou deux essences aux dépositions multiples, les dépôts rituels de cendres à Naachtun sont les restes d'une multitude de comportements cérémoniels différents, des plus simples aux plus complexes.

Plusieurs dépôts exposés résultent de feux ponctuels effectués essentiellement ou exclusivement avec une ou deux essences. Dans certains cas, attestés par les traces de combustion sur les surfaces, les restes de ces feux ne furent pas déplacés, soit parce qu'ils ont été recouverts par une construction postérieure (cas du foyer intrusif du Complexe à enceinte), soit parce qu'ils correspondent à la dernière action avant l'abandon définitif d'un lieu (cas du foyer exposé de la structure 5O-4 de la Place Est et du dépôt exposé de la structure 5O-51 du Patio 6). Dans d'autres cas, l'absence d'indice clair de combustion *in situ* implique que des restes de feux ponctuels ont pu être placés volontairement dans un espace différent du lieu de combustion. À moins que des combustions brèves n'aient laissé que peu de traces visibles. Cette incertitude demeure pour le dépôt de charbons placé dans l'angle sud-ouest de la plate-forme de la structure 6O-5 (Place Río Bec), ainsi que pour les deux dépôts post-abandon et le dépôt exposé associé à la sépulture 37 dans les Patios 31 et 32 (Complexe Sud). De la même façon, il semble difficile de dire si le dépôt de charbons placé au-dessus de la sépulture 48 dans le Patio 6, ou le dépôt de cendres qui recouvrait le corps du défunt dans la sépulture 39 du Patio 34 (Complexe Sud), sont les restes de combustions *in situ* ou bien des dépositions secondaires de feux spéciaux effectués à l'extérieur des fosses.

Ces dépôts issus de feux ponctuels incluent souvent des charbons d'autres essences. Dans le cas du dépôt associé à la sépulture 48, ceux-ci proviennent vraisemblablement d'une contamination du remblai qui le recouvre. Dans d'autres cas (foyers de la structure 5O-4 et du Complexe à enceinte), l'analyse spatiale a permis de supposer que ces charbons sont *in situ*, ce qui suggère que d'autres essences furent volontairement brûlées dans ces foyers, peut-être sous forme de petit bois ayant servi à l'allumage.

Certains dépôts sont les restes *in situ* de feux ayant impliqué la combustion de nombreuses essences. C'est le cas des dépôts retrouvés dans les niches des structures 6O-5 (Place Río Bec), 6O-7 (Patio 28, Complexe Sud) et 5O-120 (Patio 22, Complexe Central), du niveau d'incendie sous la structure 5N-6 (zone résidentielle sud), des dépôts exposés dans la structure 5O-5 (Place Est) et dans la pièce 1 de la structure 5O-120 du Patio 22 (Complexe Central). C'est probablement aussi le cas du

dépôt enterré sous la structure IV du Groupe C, dont le caractère primaire a été déduit de l'analyse de son organisation interne. Certains de ces dépôts pourraient avoir été produits par plusieurs feux successifs réalisés au même endroit. On sait que les niches sont des lieux privilégiés pour la performance des rituels domestiques et civiques. Si le dépôt associé à la niche de la structure 6O-5 correspond clairement à un rituel de terminaison tardif (attesté par le radiocarbone), il n'est en revanche pas exclu que ceux des deux niches en contexte résidentiel (Patios 22 et 28) soient, en fait, les vestiges des derniers rituels domestiques qui devaient être régulièrement pratiqués dans ces habitats.

Ces feux rituels incluent parfois de grandes quantités d'autres types de matériaux végétaux ou organiques : grains et épis de maïs, endocarpes présumés d'Arécacées et autres carporestes dans certains dépôts exposés, résine dans les deux dépôts de terminaison des structures 5O-5 et 6O-5, matière organique non identifiée (restes de préparation alimentaire, de fruit, de fumier ?) dans trois dépôts enterrés : le dépôt de fondation sous la structure 6L-40 (zone résidentielle sud), celui sous la structure IV (Groupe C) et le foyer intrusif du Complexe à enceinte, ce dernier ayant également livré des restes de fibres ligneuses. Cela suggère que certains feux ont dû faire l'objet d'une composition végétale intentionnelle.

Dans d'autres cas, la richesse taxonomique élevée et la densité de restes relativement faible, associées à l'absence de traces de combustion *in situ*, permettent de démontrer (ou de confirmer) que certains dépôts correspondent certainement à des dépôts secondaires de cendres. Confrontée à la séquence anthracologique générale (Chapitre 6), leur composition taxonomique indique si ces dépôts résultent de feux particuliers, par opposition aux cendres qui correspondent plus probablement à des rejets domestiques produits par les feux quotidiens ordinaires. Ainsi, on peut affirmer qu'au moins une partie des cendres associées aux deux dépôts de fondation de la zone résidentielle sud ont été produites au cours de feux particuliers, puisque la proportion importante de charbons de pin dans ces dépôts est incohérente avec l'assemblage anthracologique général des phases du Classique ancien à Naachtun. Ces cendres pourraient ainsi correspondre à des « déchets rituels » (Walker, 1995) issus d'un ou plusieurs feux, qui auraient été conservés avant d'être intégrés à ces dépôts de fondation.

À l'inverse, certains des dépôts exposés dans les résidences du Groupe B présentent une composition taxonomique et une densité de restes proches de celles des matrices cendreuses que l'on trouve dans les dépotoirs domestiques. C'est le cas des deux concentrations cendreuses déposées dans l'angle nord-est du Patio 28 face à la structure 6O-6 bis, du dépôt placé à l'entrée de la structure 6O-15 et de celui situé au pied de la banquette dans la structure 6O-14 du Patio 31. Dans les Patios 21 et 22 du Complexe Central, le dépôt exposé de la pièce b de la structure 5O-131 et celui de la fosse intrusive de la pièce 4 de la structure 5O-120 semblent également correspondre à des déchets domestiques accumulés, principalement en raison de leur richesse taxonomique très élevée et de la bonne cohérence de leurs spectres (alors qu'ils se situent dans deux unités résidentielles différentes). Il reste néanmoins difficile de l'affirmer en l'absence de contexte général avéré dans cette zone du site.

Des dépôts secondaires de cendres ressemblant à des déchets domestiques ont également été mis en évidence dans la majorité des contextes funéraires, dans lesquels ils recouvraient les corps des défunts. On a pu démontrer que ces cendres, qui correspondent vraisemblablement aux restes accumulés de nombreux feux, s'accompagnent de la déposition volontaire des restes de feux ponctuels

pouvant avoir été effectués spécialement pour les rites funéraires. C'est évident dans le cas de la sépulture 48 du Patio 6 (Complexe Ouest), qui présente un dépôt interne de cendres ordinaires, cohérentes avec l'assemblage anthracologique du Patio 6 (voir Chapitre 6) et un dépôt externe extraordinaire, composé essentiellement de l'espèce probable *Pouteria durlandii*. C'est également probable dans le cas des sépultures 46 et 49 du Patio 22 (Complexe Central). La proportion relativement importante de *Metopium brownei* dans la première, et de *Cascabela/Thevetia* dans la seconde (associée à une grande quantité de restes de maïs), indiquent que ces dépôts incluent certainement les restes de feux ponctuels particuliers, puisque ces deux taxons sont mineurs dans la séquence anthracologique de Naachtun. Mais à nouveau, déterminer ce qui relève de l'ordinaire ou de l'extraordinaire dans ces dépôts datés du Classique récent, se trouve limité par l'absence de spectre de référence pour l'usage quotidien des combustibles dans le Complexe Central à cette période.

Les restes des tels « feux funéraires » peuvent aussi être intentionnellement mêlés aux cendres issues des feux ordinaires, directement à l'intérieur des sépultures. Dans les sépultures 41 et 45 de l'unité 5N6, on a pu mettre en évidence, grâce à une analyse spatiale des niveaux cendreux, qu'au moins certaines essences (*Pinus sp.*, *Gliricidia sepium*, *Astronium sp.*, Moracées, *Diospyros sp.* dans la sépulture 45, *Lonchocarpus sp.* dans la sépulture 41) ont dû être déposées intentionnellement, voire brûlées directement dans les fosses, avant que les corps ne soit recouverts de cendres apparemment ordinaires. C'est également probable dans le cas de la sépulture 43 de l'unité 5N6, où les restes de feux particuliers incluant au moins des tiges de Bambusoidées ont dû être mélangés à des cendres issues de feux ordinaires.

Dans ces trois sépultures, les différences de densité de restes à l'intérieur des fosses montrent que ces cendres furent déposées principalement sur le haut des corps des défunts. C'est intéressant car cette même disposition était directement visible dans la sépulture 39 du Patio 34 (Complexe Sud). Et, par ailleurs, le dépôt placé au-dessus de la sépulture 48 du Patio (Complexe Ouest) était également situé au niveau de la tête. Le fait de placer les cendres au plus proche de la tête des défunts pourrait donc être un geste funéraire significatif. On ne manquera pas de souligner qu'un trait récurrent des inhumations dans les sites mayas consiste à couvrir la tête du défunt d'un plat en céramique. Enfin, la comparaison de ces dépôts de cendres entre eux et avec les charbons issus du remblai de construction de la structure 5N-6, a permis de déduire que les deux sépultures 41 et 45 furent probablement en partie remblayées avec le sédiment issu du creusement des fosses.

C'est cette même approche comparée qui permet de mettre en évidence le lien ou, au contraire, l'absence de lien entre certains dépôts spéciaux. Dans la structure 5N-6 de l'unité 5N6, l'absence de lien dépositionnel entre le niveau d'incendie sous la pièce O2 et le remblai de construction charbonneux de la structure 5N-6 contredit l'hypothèse initiale d'une déposition unique. Elle démontre au contraire que cette étape de transition ritualisée de l'habitat a impliqué au moins deux actions indépendantes : un feu sur place dans le secteur ouest et la dispersion de déchets domestiques dans le secteur est. À l'inverse, on a pu confirmer que les dépôts exposés dans la structure 5O-5 de la Place Est sont liés par une cérémonie de terminaison, effectuée au début du Postclassique et dont résulte directement au moins le dépôt central d'encensoirs. Cette cérémonie a pu couvrir plusieurs édifices de la cité, comme le suggèrent les similitudes entre ce dépôt central et le dépôt de terminaison également tardif de la structure 6O-5 de la Place Río Bec. De la même façon, et bien que cette hypothèse soit très

préliminaire, les ressemblances dans la composition végétale des dépôts de deux niches situées dans des secteurs différents du site (Patio 28, Complexe Sud et Patio 21, Complexe Central), suggère soit une codification dans l'usage des végétaux pour certains types de feu rituels (ici ceux effectués dans les niches), soit que des actions rituelles ont pu avoir une dimension plus large que celle d'une seule structure ou unité résidentielle.

7.2.2. Processus de formation, richesse taxonomique et nature des dépôts : des comportements rituels récurrents ?

Lorsque l'on compare le nombre total de taxons identifiés par rapport au nombre de charbons dans chaque dépôt, soit la richesse taxonomique relative, en fonction des catégories de dépôt (scellé, funéraire, exposé en contexte civique, exposé en contexte résidentiel), deux groupes se distinguent (Figure 7.21). Le premier, formé par les dépôts exposés dans les édifices politiques et la majorité des dépôts scellés, se caractérise par une richesse taxonomique relativement faible. Le second est centré sur les dépôts funéraires qui présentent, pour la plupart, une richesse taxonomique élevée, corrélée à celle des contextes généraux[24] (voir Chapitre 6). Cette répartition s'explique par le fait que les dépôts issus de feux ponctuels livrent relativement moins d'essences par rapport aux dépôts qui résultent d'une accumulation des restes de plusieurs feux. On a donc une double corrélation générale : entre le processus de déposition et la richesse taxonomique, d'une part, et, d'autre part, entre le processus de déposition et certains types de dépôts. Autrement dit, les dépôts exposés dans les édifices civiques et les dépôts scellés résultent majoritairement de feux ponctuels qui livrent relativement moins d'essences, alors que les cendres en contexte funéraire sont plus vraisemblablement les restes accumulés de plusieurs feux, qui livrent un nombre d'essences équivalent à celui des charbons dispersés dans les contextes généraux. On a vu que les multiples feux à l'origine des dépôts funéraires peuvent être de différentes natures, feux domestiques ordinaires ou bien feux particuliers ayant pu être effectués directement dans ou au-dessus des tombes.

Mais cette corrélation n'est pas stricte. Le dépôt de la sépulture 39 (Patio 34, Complexe Sud) correspond clairement à une accumulation brève des restes d'un ou plusieurs feux effectués avec trois essences au minimum (possiblement quatre, si l'on compte les charbons de Fabacée indéterminés). De même, le dépôt externe associé à la sépulture 48 (Patio 6, Complexe Ouest), placé au-dessus de la ciste, est probablement issu d'un feu unique effectué avec une seule essence (il est en effet vraisemblable que les autres taxons identifiés dans ce dépôt proviennent en fait du niveau de remblaiement de la fosse qui recouvrait ce dépôt). À l'inverse, les deux dépôts de fondation de la zone résidentielle sud (dépôts scellés 3731 et 2520), dont on a vu qu'ils correspondent à des dépôts secondaires de cendres, présentent une richesse taxonomique relativement élevée qui permet de penser qu'ils rassemblent les restes de plusieurs feux. La catégorie du dépôt n'est donc pas strictement liée à un processus de formation et de déposition.

[24] Précisons que ce graphique est, de plus, biaisé par le sous-échantillonnage des dépôts les plus riches en charbons, qui résultent tous de feux ponctuels (dépôts 3809, 2135, 2765, 1925, 1990, 2408 et sépulture 39). Si la totalité de ces échantillons avait été analysée, la distinction entre ces deux tendances aurait été nettement plus marquée, puisque les points correspondant à ces dépôts auraient été fortement décalés à droite du graphique (beaucoup plus de charbons analysés), pour un nombre de taxons probablement pas beaucoup plus élevé, voire identique.

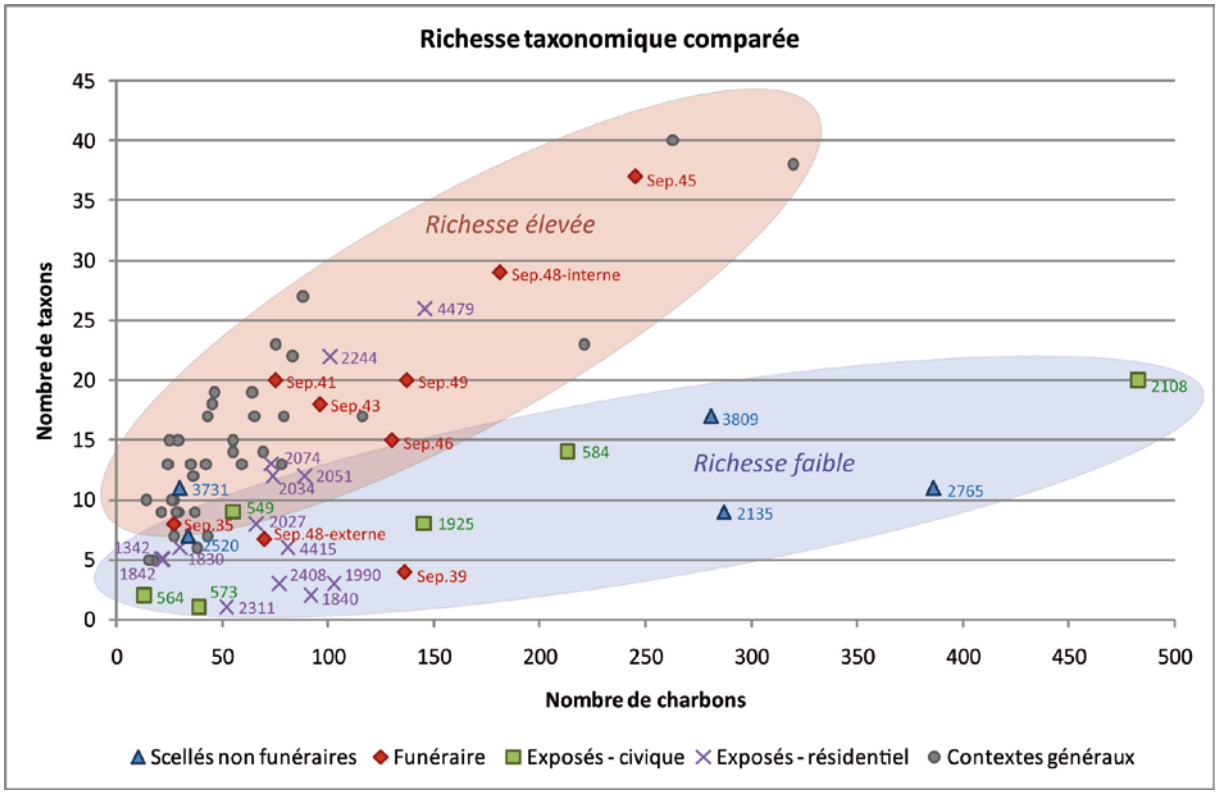


Figure 7.21 Nombre de taxons identifiés par rapport au nombre de charbons dans les dépôts spéciaux et dans les contextes généraux.

Les dépôts exposés dans les habitats semblent faire le lien entre ces deux principales tendances. Leur distribution uniforme entre les dépôts les plus riches et ceux ne contenant qu'une ou deux essences, traduit une plus grande variabilité de leurs processus de formation. On a démontré que certains d'entre eux ont été produits lors de feux ponctuels, réalisés avec plus ou moins d'essences (dépôts 1990, 1342, 4415, 2408, 1840, 2074, 2051), quand d'autres correspondent visiblement aux restes accumulés de nombreux feux, probablement issus de dépotoirs domestiques (dépôts 1830, 1842, 2027, 2033, 2244, 4479). Par ailleurs, dans cette même catégorie de dépôt, les dépôts 2051 et 2074 de la structure 5O-120 du Patio 22 (Complexe Central) ont quelque chose d'atypique, dans la mesure où ils ont livré un grand nombre d'essences et se placent donc dans le groupe des dépôts riches, malgré le fait qu'ils correspondent à des dépôts ponctuels résultant de feux *in situ*. La même observation peut être faite pour le dépôt exposé dans la structure cérémonielle 6O-5 de la Place Río Bec (dépôt 549), qui présente une richesse taxonomique relativement élevée pour un feu ponctuel. Mais ce résultat est peut-être dû à son échantillonnage manuel (voir Chapitre 4). Il est en effet concevable que le prélèvement total et par flottation de ce dépôt *in situ* aurait livré beaucoup plus de charbons, sans pour autant qu'augmente le nombre de taxons.

Cette relative imprévisibilité démontre que ni le processus de déposition, ni la catégorie du dépôt (exposé, scellé, funéraire) ne suffisent à expliquer complètement leur composition taxonomique, ici en termes de richesse. S'il existe bel et bien une tendance générale associant certaines pratiques à certains types de dépôts, les modalités d'usage du feu et des cendres dans les actions à l'origine des dépôts spéciaux ne dépendent donc pas strictement de la nature du rituel ou de la fonction attribuée au dépôt.

En particulier, les dépôts liés à l'abandon des habitats ne semblent se distinguer des autres dépôts que par leur caractère exposé (Sion, 2016, p. 515). Cela met en évidence la continuité qui existe entre les catégories de dépôts et entre les comportements rituels qui en sont à l'origine (Kunen et al., 2002; Newman, 2015, p. 312).

7.3. Usage des bois et manipulation des cendres : continuité et flexibilité

Les limites entre les types de dépôts s'estompent d'autant plus lorsque l'on examine leur composition végétale. À travers l'usage des bois et la manipulation des cendres dans les pratiques rituelles, c'est leur imbrication avec les activités domestiques profanes qui semblent se révéler.

D'après les données anthracologiques, *Manilkara sp.* est l'essence la plus fréquemment employée pour les feux rituels à Naachtun. Elle est présente dans la presque totalité des dépôts spéciaux, généralement dans de grandes proportions, quel que soit le type de dépôt et quelle que soit la phase chronologique. Plusieurs dépôts ponctuels (dépôts 573, 1925, 1990, 2311 et 1840) furent d'ailleurs produits essentiellement ou exclusivement à partir de ce bois. Ce résultat peut sembler prévisible, compte tenu de l'usage préférentiel et continu de cette essence comme combustible à Naachtun (voir Chapitre 6). Il n'en révèle pas moins la continuité qui existe, dans l'usage des combustibles, entre les activités domestiques quotidiennes et les pratiques rituelles. Dans certains dépôts, d'autres combustibles parmi les plus utilisés à Naachtun – et donc de valeur probablement équivalente – tel que *Haematoxylum sp.* ou une autre espèce de Sapotacée, viennent se substituer à *Manilkara sp.* C'est le cas des dépôts dans les sépultures du Groupe B : le dépôt ponctuel associé à la sépulture 48 du Patio 6 provient d'un feu effectué à partir de la Sapotacée *cf. Pouteria durlandii*, les dépôts des sépultures 46 et 49 du Patio 22 contiennent des proportions importantes de *Haematoxylum sp.* ou de Sapotacée indéterminée. De la même façon que ce sont souvent les objets du quotidien qui sont retrouvés dans les dépôts rituels (e.g. Kunen et al., 2002; Newman, 2015; Pagliaro et al., 2003), ce sont les combustibles ordinaires qui servent en priorité dans les feux rituels.

La continuité entre les activités domestiques quotidiennes et les pratiques rituelles se manifeste également à travers la manipulation de cendres dont on peut penser qu'elles proviennent de dépotoirs domestiques. Parmi les dépôts exposés de cendres et de matériels que l'on suppose liés à l'abandon ritualisé des habitats dans le Groupe B, plusieurs correspondent à (ou incluent) des déchets domestiques : dans le Complexe Sud, les dépôts 2027, 2033, 1842 et 1830, et, dans le Complexe Central, les dépôts 2244 et 4479. Certains d'entre eux, notamment le dépôt 1842 face à l'entrée de la structure 6O-15 du Patio 31 et le dépôt intrusif 4479 de la structure 5O-120 du Patio 22, n'ont probablement pas été formés *in situ*. Ils ont donc dû être prélevés dans des zones de rejets puis déposés intentionnellement dans ces espaces spécifiques.

Le transport et la déposition de matériels ressemblant à des déchets sur le lieu du rituel, en particulier dans les accès comme pour en interdire symboliquement le passage, est un acte de terminaison fréquent dans les sites mayas (Stanton et al., 2008). De tels « dépotoirs rituels » ont été documentés sur de nombreux sites des Basses Terres mayas, où ils aussi sont parfois interprétés comme les restes de festivités religieuses (e.g. Clayton et al., 2005; Newman, 2015; Pagliaro et al., 2003, p. 84). Sur le site de Minanha notamment, un centre classique situé au Belize, une importante accumulation détritique fut mise au jour dans l'un des temples du centre civico-cérémoniel de la cité. Interprété comme le résultat d'une cérémonie de terminaison effectuée au Classique terminal, ce dépôt incluait également du matériel céramique du Classique récent, suggérant que ces déchets furent récupérés de dépotoirs plus anciens (Lamoureux-St-Hilaire et al., 2015, p. 557). C'est aussi ce qui pourrait expliquer la présence, dans le passage condamné du Complexe à enceinte à Naachtun, du

« dépotoir » qui incluait du matériel céramique et anthracologique des phases antérieures (voir Chapitre 6.1.3). Cette accumulation détritique pourrait alors correspondre au dépôt intentionnel de déchets lié à l'abandon du secteur.

D'après Sion (2016, pp. 515–516), la réutilisation des déchets domestiques à l'occasion des rites d'abandon dans les habitats du Groupe B répond à une symbolique identitaire. Tout comme l'emploi des objets du quotidien et la manipulation des ossements des ancêtres, le recyclage des cendres issues des feux domestiques quotidiens dans les pratiques rituelles – rites d'abandon mais aussi rites funéraires – pourrait participer de la création et de l'entretien de l'identité sociale. Cela renvoie à la dimension symbolique du foyer domestique, représentant l'identité sociale et familiale dans les sociétés mayas et mésoaméricaines (Elson et Smith, 2001; Stuart, 1998; Taube, 1998). Pereira (2013, p. 464) avait proposé que la dispersion de cendres sur les corps des défunts dans les sépultures de Río Bec (Campeche, Mexique) pouvait ainsi symboliser la mort du groupe familial ou social. Selon Newman (2015, p. 314), le réemploi des déchets domestiques viserait à « nourrir » symboliquement les entités spirituelles et les ancêtres avec des offrandes accumulées et enterrées. Quoi qu'il en soit, l'imbrication du quotidien domestique dans les actions rituelles, qui transparaît ici à travers les données anthracologiques, témoigne de la convergence du séculier et du symbolique dans les conceptions des anciens Mayas (Brown et Emery, 2008; Morehart et Butler, 2010; Newman, 2015, pp. 309–310). Comme le souligne Newman (2015, p. 309), « même des pratiques aussi terre-à-terre que la gestion des déchets ont pu également remplir une fonction autre, métaphorique ou "rituelle" »[25].

Si, lors d'un rite de feu, les bois employés comme combustibles sont prélevés en priorité dans la réserve des bois de feu servant aux activités domestiques quotidiennes, l'absence apparente de codification dans la composition des feux rituels à Naachtun, matérialisée par la variabilité des assemblages d'essences, démontre la flexibilité des pratiques rituelles dans les sociétés mayas anciennes (Morehart et Butler, 2010). Il est possible que la sélection des composantes des rituels dépende de conceptions culturelles, religieuses ou symboliques qui nous sont difficilement accessibles. On sait, en effet, que les Mayas modernes attribuent certaines valeurs aux plantes qui en déterminent les usages. Pour ne citer qu'un exemple, certaines communautés yucatèques contemporaines associent symboliquement certaines plantes à l'eau (e.g. *Piscidia piscipula*, *Bursera simaruba*,) ou au vent (e.g. *Randia longiloba*, *Nicotiania tabacum*), ce pourquoi elles ont un rôle dans les rituels de pétition au dieu de la pluie (Flores et Balam, 1997). Dans les dépôts de Naachtun, plusieurs indices suggèrent que certains feux rituels ont probablement fait l'objet d'une composition végétale intentionnelle, qu'il s'agisse de la présence de charbons de pin dans les dépôts de fondation de la zone résidentielle sud datés du Classique ancien, à une période où cette essence devait être une denrée rare à Naachtun (voir Chapitre 6.2.2), de la composition atypique du foyer du Complexe à enceinte suggérant la combustion d'objets en bois comme offrandes, de la fréquence du *palo de hormigas* (*Alvaradoa amorphoides*) dans les dépôts terminaux, alors que cette essence est complètement absente dans l'assemblage général de la phase Muuch du Classique terminal (voir Chapitre 6.1.2), ou encore de la ressemblance de certains dépôts dans différents secteurs du site. Le fait que les usages des bois dans les feux rituels ne soient pas toujours corrélés aux usages des

[25] « *For the Maya, even activities as mundane as refuse management might also accomplish alternative, metaphorical or "ritual" work* »

combustibles domestiques ordinaires montre que ces usages, s'ils ne sont pas codifiés, n'en sont pas pour autant aléatoires. Le bois faisait certainement partie de « l'équipement » nécessaire à l'accomplissement du rite, servant de combustible pour la crémation des offrandes sans être nécessairement un « objet rituel » en soi (Whitehouse, 1996, p. 13, cité par Plunket, 2002, p. 5). Mais ces éléments semblent indiquer qu'en dehors du bois de pin et du maïs, dont on sait la valeur symbolique dans les rituels des Mayas anciens et contemporains (e.g. Lentz et al., 2016; Morehart et Butler, 2010; Morehart et al., 2005; Morehart, 2011; Vogt, 1976), d'autres essences brûlées au cours des rites de feu ont dû revêtir une fonction particulière, autre que celle de seul combustible fonctionnel.

*

À travers une approche anthracologique, on a pu mettre en évidence la continuité et la flexibilité de la performance rituelle, qui s'observent aussi bien dans la diversité des comportements rituels – rites de feu et manipulation des cendres – que dans la variabilité des dépôts en termes de composition végétale. Ainsi que le rappellent Morehart et Butler (2010, p. 591), les pratiques rituelles ne sont pas exemptes des préférences des acteurs sociaux des rituels, de leur vécu ou de leur position sociale.

Cette approche comporte néanmoins des limites, induites en tout premier lieu par un ensemble de biais archéologiques. Par exemple, on ne dispose que d'une information partielle s'agissant du dépôt situé sous la structure IV du Groupe C, puisque cette fosse n'a pas pu être fouillée en totalité. Il semble par ailleurs impossible de déterminer la configuration d'origine des dépôts associés aux sépultures du Patio 22 (Complexe Central), en raison des perturbations subies par ces deux contextes. D'une façon générale, les différentes stratégies d'échantillonnage (spatialisé dans certains contextes, global dans d'autres), engendre d'inégales possibilités d'interprétation en fonction des contextes. De plus, les dépôts spéciaux de cendres ne livrent souvent que peu voire aucun charbon identifiable. On ne saurait, dans ces conditions, mener une analyse comparée des dépôts cendreux entre plusieurs secteurs, encore moins interpréter des différences dans le corpus en termes socio-culturels, dans la mesure où celles-ci ont probablement été affectées par de multiples biais, depuis la conservation des matériaux archéologiques jusqu'aux stratégies de fouille et d'échantillonnage (voir Chapitre 3.2.1).

Mais surtout, les dépôts résultant d'actions rituelles peuvent être des ensembles composites et parfois complexes, intégrés dans un contexte archéologique, spatial et temporel peut-être multi-dimensionnel (Bonnardin et al., 2009). La seule prise en compte des données anthracologiques peut difficilement permettre des diagnostiques fiables et pertinents de certaines questions socio-culturelles complexes, touchant à la signification symbolique des rituels, à leurs fonctions sociales et à leurs implications dans les conceptions religieuses des sociétés anciennes, qui nécessitent d'être appréhendées selon une approche holistique interdisciplinaire.

CONCLUSION

Il est important de prendre conscience des biais qui découlent des méthodes que nous utilisons pour reconstituer l'histoire socio-environnementale des Basses Terres mayas et de continuer à développer de nouvelles méthodes et des approches alternatives pour étudier la façon dont les Mayas ont entretenu ou bien dégradé la forêt maya.[25]

– *Scott Fedick (2010, p. 954)*

Ce qu'il est possible d'inférer à partir des données anthracologiques pour la compréhension des dynamiques socio-environnementales dans le monde maya ancien est une question qui a reçu, jusqu'à présent, assez peu d'attention de la part de la communauté scientifique. Pourtant, les charbons de bois archéologiques font partie des traces les plus directes de l'exploitation des ressources ligneuses et des forêts, dont l'évolution, au cours du temps, recèle un indéniable potentiel informatif. Reconstituer l'économie des bois de feu sur huit siècles d'occupation humaine dans une cité maya classique des Basses Terres centrales, a été le point de départ d'une interprétation des changements environnementaux à l'échelle locale et des stratégies d'adaptation mises en place en réponse à ces changements. Notre recherche à Naachtun a ainsi permis de démontrer comment, à propos de questionnements anciens de l'archéologie environnementale au sein de l'aire maya, un changement de perspective peut permettre d'affiner, voire de reconsidérer complètement certains modèles.

Les Mayas de Naachtun ont probablement eu recours à différentes formes d'approvisionnement en bois, impliquant aussi bien la collecte opportuniste de bois mort dans des boisements maintenus à proximité des habitats et dans les jachères, que des systèmes organisés de production et de distribution des combustibles, dépassant le cadre du groupe familial. La stabilité de cette économie durant les six premiers siècles de l'histoire de la cité (150-750 apr. J.-C.) contraste avec la croissance de la population et démontre la durabilité des systèmes d'exploitation agroforestière. Dans ce contexte, le

[25] *« It is important that we recognize biases in the methods used to reconstruct the historical ecology of the Maya lowlands and that we continue in the development of new methods and alternative strategies for assessing how the ancient Maya managed or mismanaged the Maya forest. »*

changement dans les usages des bois de feu qui s'opère vraisemblablement au début de la phase Maax III du Classique récent (~750 apr. J.-C.), est sans aucun doute une conséquence de l'évolution de la composition des boisements sous l'effet de pratiques arboricoles. Mais la rapidité de ce changement semble aussi indiquer une mutation économique intentionnelle dans la société de Naachtun, qui, à un moment de son histoire, oriente l'acquisition des combustibles vers des boisements aménagés contenant une proportion importante d'arbres multi-usages. Un tel changement pourrait être interprété comme relevant d'une stratégie d'adaptation en réponse à une situation de stress dans l'approvisionnement en bois au moment où la population est à son apogée.

Ces résultats remettent en question la vision traditionnelle selon laquelle les anciens Mayas collectaient les bois de feu quotidiens uniquement sous forme de bois mort dans des boisements nécessairement proches des habitats. Cela rejoint l'observation faite par Wiseman (1983, p. 151), que les techniques actuelles de collecte des bois de feu, opportuniste et locale, n'auraient probablement pas suffi à subvenir aux besoins des cités mayas. L'hypothèse d'un approvisionnement à distance des combustibles quotidiens, qui découle de celle d'un système de production et de distribution organisé à l'échelle de la cité, pourrait ainsi nous amener à reconsidérer les modèles interprétatifs classiques relatifs à l'impact de la déforestation locale sur l'économie des sociétés mayas anciennes. Ces données viennent s'ajouter au nombre de cas d'étude ayant suggéré que les anciens Mayas avaient mis en place des techniques de gestion des combustibles différentes de celles observées de nos jours (e.g. Anderson et Wahl 2016; Wernecke 2008).

Loin d'apporter des réponses claires et définitives sur la façon dont les Mayas de Naachtun ont exploité les forêts et adapté leur économie de subsistance aux changements environnementaux, les variations du spectre ont surtout soulevé de nombreuses questions. À plusieurs reprises, nous avons montré que les données anthracologiques, en l'état actuel, ne sont pas suffisantes pour étayer certaines interprétations pas plus que pour trancher entre plusieurs hypothèses. En particulier, la question de la part des facteurs climatiques et anthropiques dans l'état du couvert ligneux que l'on observe au Classique ancien, visiblement semi-ouvert et se rapprochant davantage, en termes de composition taxonomique, des forêts septentrionales, reste entièrement posée. Avait-on déjà recours, à cette période, à des sources exogènes de combustibles ? Cela pourrait expliquer l'usage intensif du bois du *dzidzilche* (*Gymnopodium floribundum*) à Naachtun, une essence aujourd'hui rare dans l'environnement du site mais abondante dans les forêts basses de la moitié nord de la péninsule. De la même façon, la généralisation de l'usage du bois de pin (*Pinus sp.*) au Classique terminal (830-950 apr. J.-C.) serait-elle consécutive au développement de nouvelles routes d'échanges, dans un contexte régional de réorganisation socio-économique et politique ? Ou bien résulte-elle de la colonisation rapide, par le pin caribéen (*Pinus caribaea*), de zones plus facilement accessibles suite à l'abandon d'une partie des terres par la population à la fin du Classique récent ? On ne pourra espérer approfondir ces questions touchant, en fait, aux variations biogéographiques de la distribution des espèces végétales, qu'à travers la confrontation avec des données paléoclimatiques et paléoécologiques, en particulier avec celles qui procéderont des travaux paléoenvironnementaux du projet Naachtun (Castanet et al. 2016, 2015).

Par ailleurs, l'analyse future des carporestes devrait permettre d'évaluer à quel moment du développement de la cité, la part des arbres fruitiers augmente dans le régime alimentaire par rapport

aux autres cultigènes, maïs et haricot en particulier. On pourra, de cette façon, déterminer si le changement dans l'économie des combustibles qui se produit au milieu du Classique récent est concomitant d'une intensification de l'arboriculture fruitière à cette période, ou bien s'il résulte effectivement d'un changement dans les sources d'approvisionnement en bois (jardins forestiers déjà établis), en réponse à l'augmentation de la pression démographique. La comparaison des tendances diachroniques dans les usages des bois de feu par rapport à celles des ressources alimentaires végétales, et leur intégration avec les résultats des analyses phytolithiques, physico-chimiques et micromorphologiques en cours dans des zones potentiellement cultivées du site (Purdue et Goudiaby 2016; Testé et Garnier 2016; Lemonnier 2016), permettra d'obtenir un modèle plus complet de l'évolution des pratiques agroforestières à Naachtun et de leur impact sur l'environnement local.

Appréhender les usages rituels du feu et des cendres dans les sites mayas est indissociable de la connaissance des usages communs des combustibles. Grâce à une étude anthracologique spatialisée des dépôts spéciaux de cendres et de charbons à Naachtun, et par la confrontation constante avec la séquence anthracologique générale du site, il a été possible de proposer une restitution des gestes responsables de leur formation. La difficulté à identifier des constantes et des spécificités dans les comportements rituels, entre rites de feu, manipulation des cendres et récupération de déchets domestiques, est probablement, en partie, liée au fait d'un corpus limité et, de plus, singulièrement cloisonné d'un point de vue typo-chronologique. Ainsi, par exemple, le caractère atypique de la sépulture 39 dans le Patio 34 (Complexe Sud, Groupe B) par rapport aux autres dépôts funéraires, doit-il être interprété comme la traduction d'une évolution des mœurs entre le Classique récent et le Classique terminal ? Ou alors doit-on chercher une explication dans des facteurs socio-culturels ? Cela dit, la diversité et la complexité des actions rituelles qui se manifestent à travers la variabilité des dépôts spéciaux de cendres et de charbons, reflètent aussi probablement une conception préhispanique dans laquelle les pratiques rituelles et les activités du quotidien domestique convergeaient fondamentalement vers un symbolisme social et identitaire commun (Morehart et Butler 2010; Newman 2015, pp. 309–310).

Au-delà d'une meilleure compréhension des comportements rituels, l'image instantanée de l'usage de certaines essences dans des feux rituels permet, par ailleurs, un important calage chronologique de la séquence anthracologique générale. Les assemblages de charbons issus des sépultures du Groupe B ont ainsi permis de vérifier que l'augmentation de l'usage du bois de *Maytenus cf. schippii* est bien associée à la phase Maax I-II du Classique récent, et qu'elle pourrait, en outre, être spécifique au Patio 6 (Complexe Ouest, Groupe B). Par là même, cela a autorisé une interprétation socio-culturelle à ce phénomène ponctuel. À l'inverse, l'usage rituel des bois de *siricote* (*Cordia cf. dodecandra*) et de pin dans des rites de fondation au Classique ancien, à une période où ces essences ne sont pas des combustibles communs à Naachtun, conduit à s'interroger sur les changements de valeur économique, sociale et symbolique de certains matériaux, puisque, par la suite, leur usage se propage à la sphère domestique et, visiblement, à l'ensemble de la société. La découverte et l'analyse d'autres dépôts dans les niveaux du Classique ancien à Naachtun permettront sans doute d'examiner de plus près cet aspect des usages des bois. L'étude conjointe des assemblages de charbons des contextes généraux et ceux

des dépôts spéciaux représente par conséquent une approche prometteuse pour appréhender la dimension sociale et culturelle des usages du feu et des combustibles par les anciens Mayas.

Cette recherche doctorale a permis d'enrichir nos connaissances sur l'économie forestière, les usages des combustibles et les comportements humains dans les sociétés mayas anciennes. Mais il est clair que les données anthracologiques ne procurent qu'une vision partielle des boisements et des pratiques humaines. Et les hypothèses que l'on tire des observations faites à Naachtun ne peuvent évidemment pas être extrapolées à d'autres sites des Basses Terres en l'absence de données empiriques. Néanmoins, notre projet a permis le développement d'outils méthodologiques dont l'intérêt et l'utilité vont bien au-delà du seul site de Naachtun. La collection xylologique de référence pour les Basses Terres centrales mayas, dont la compilation a été initiée à l'occasion de ce travail doctoral, est un outil de premier ordre pour l'anthracologie, qui facilitera considérablement l'expansion de la discipline dans les Basses Terres. Enfin, notre travail a permis l'ouverture d'un nouveau champ de recherche en archéologie expérimentale dans l'aire maya dont la portée théorique s'étend, en fait, à l'ensemble des régions tropicales. Certes, l'étude de l'effet de la combustion et, plus généralement, des processus taphonomiques sur la préservation des charbons de bois d'essences tropicales n'en est qu'à ses prémices. Mais les résultats produits, qui nous ont conduite à reconsidérer les méthodes d'analyse des données anthracologiques à Naachtun, ont d'ores et déjà démontré l'intérêt de développer cet axe de recherche dans la reconstitution des dynamiques socio-environnementales à long terme dans les forêts tropicales.

REFERENCES CITEES

ABRAMS, E.M., FRETER, A.,

1996. A Late Classic lime-plaster kiln from the Maya centre of Copan, Honduras. *Antiquity* 70, 422–428.

ABRAMS, E.M., RUE, D.J.,

1988. The causes and consequences of deforestation among the prehistoric Maya. *Human Ecology* 16, 377–395.

ACOPA, D., BOEGE, E.,

1998. The Maya forest in Campeche, Mexico: experiences in forest management at Calakmul, dans : *Timber, tourist and temples. Conservation and development in the Maya forest of Belize, Guatemala and Mexico.* Island Press, Washington, D.C, pp. 81–97.

ADRIANO-MORÁN, C.C., MCCLUNG DE TAPIA, E.,

2008. Trees and shrubs: the use of wood in prehispanic Teotihuacan. *Journal of Archaeological Science* 35, 2927–2936.

AGUILAR, J.M., AGUILAR, M.A.,

1992. *Árboles de la Biosfera Maya Petén. Guía para las especies del Parque Nacional Tikal*. USAC-CECON, Guatemala.

AGUILAR RODRÍGUEZ, S., BARAJAS-MORALES, J.,

2005. Anatomía de la madera de especies arbóreas de un bosque mesófilo de montaña: un enfoque ecológico-evolutivo. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 77, 51–58.

AGUIRRE DE RIOJAS, R., DE PÖLL, E.,

2007. *Trees in the life of the Maya world*. Botanical Research Institute of Texas, Fort Worth.

AIMERS, J., IANNONE, G.,

2014. Dynamics of ancient Maya developmental history, dans : Iannone, G. (Ed.), *The great Maya droughts in cultural context: case studies in resilience and vulnerability*. University Press of Colorado, Boulder, pp. 21–50.

AIMERS, J.J.,

2007. What Maya Collapse? Terminal Classic Variation in the Maya Lowlands. *Journal of Archaeological Research* 15, 329–377.

ALCORN, J.B.,

1984. *Huastec Mayan ethnobotany*. University of Texas Press, Austin.

ALVARADO, S., COTOM-NIMATUJ, J.,

2013. Operación II.2: Sondeos estratigráficos en los grupos de patios de la Periferia Sur, dans : Michelet, D., Morales-Aguilar, C., Sion, J., Nondédéo, P. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la tercera temporada de campo 2012*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 55–78.

AMIGUET, V.T., ARNASON, J.T., MAQUIN, P., CAL, V., VINDAS, P.S., POVEDA, L.,

2005. A consensus ethnobotany of the Q'eqchi' Maya of southern Belize. *Economic Botany* 59, 29–42.

ANDERSON, E.N.,

2003. Traditional knowledge of plant resources, dans : Gómez-Pompa, A., Allen, M.F., Fedick, S.L., Jiménez-Osornio, J.J. (Eds.), *The Lowland Maya area: three millennia at the human-wildland interface*. Food Products press, New York, pp. 533-550.

ANDERSON, L., WAHL, D.,

2016. Two Holocene paleofire records from Peten, Guatemala: Implications for natural fire regime and prehispanic Maya land use. *Global and Planetary Change* 138, 82–92.

ANDREWS, E.W.,

1970. *Balankanche, throne of the tiger priest*. Tulane University, New Orleans.

ANDRIEU, C.,

2014a. Operación IV.2: Análisis de la Lítica, Temporada 2013, dans : Nondédéo, P., Morales-Aguilar, C., Sion, J., Michelet, D., Andrieu, C. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la cuarta temporada de campo 2013*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 497–500.

2014b. Operación IV.2: Análisis de la Lítica, Temporada 2014, dans : Nondédéo, P., Hiquet, J., Michelet, D., Sion, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la quinta temporada de campo 2014*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 509–516.

ANDRIEU, C.,

2009. *Outils mayas, distribution et production du silex et de l'obsidienne dans les Basses Terres.* Thèse de doctorat, Université de Paris Ouest Nanterre.

ANSELMETTI, F.S., HODELL, D.A., ARIZTEGUI, D., BRENNER, M., ROSENMEIER, M.F.,

2007. Quantification of soil erosion rates related to ancient Maya deforestation. *Geology* 35, 915–918.

ARELLANO RODRIGUEZ, J.A., FLORES GUIDO, J.S., GARRIDO, J.T., CRUZ BOJORQUEZ, M.M.,

2003. *Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la Peninsula de Yucatán,* Etnoflora yucatanense. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida.

ARNAULD, M.-C., MICHELET, D.,

2004. Nature et dynamique des cités mayas. Annales. *Histoire, Sciences Sociales* 59, 73–108.

ARNAULD, M.C., MICHELET, D., NONDEDEO, P.,

2013. Living together in Río Bec Houses: coresidence, rank, and alliance. *Ancient Mesoamerica* 24, 469–493.

ARRANZ-OTAEGUI, A., ZAPATA-PEÑA, L., COLLEDGE, S., IBAÑEZ, J.J.,

2015. Evaluating the impact of water processing on wood charcoal remains: Tell Qarassa North, a case study. *6th International Anthracological Meeting*, Université de Fribourg, Allemagne, 30 août - 6 septembre 2015.

ARREDONDO, E., GONZÁLEZ, G., GOUDIABY, H.,

2014. Operación II.5bis: En busca de la secuencia funeraria de un conjunto residencial: El Grupo 5N6 "Matapalos", dans : Nondédéo, P., Hiquet, J., Michelet, D., Sion, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la quinta temporada de campo 2014*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 243–311.

ASHWORTH, V.E.T.M., CLEGG, M.T.,

2003. Microsatellite markers in avocado (*Persea americana* Mill.): genealogical relationships among cultivated avocado genotypes. *Journal of Heredity* 94, 407–415.

ASOUTI, E., AUSTIN, P.,

2005. Reconstructing woodland vegetation and its exploitation by past societies, based on the analysis and interpretation of archaeological wood charcoal macro-remains. *Environmental Archaeology* 10, 1–18.

ATRAN, S., CHASE, A.F., FEDICK, S.L., KNAPP, G., MCKILLOP, H., MARCUS, J., SCHWARTZ, N.B., WEBB, M.C.,

1993. Itza Maya tropical agro-forestry [and Comments and Replies]. *Current Anthropology* 34, 633–700.

ATRAN, S., LOIS, X., UCAN EK', E.,

2004. *Plants of the Petén Itza' Maya*. University of Michigan, Ann Arbor.

ATRAN, S., MEDIN, D.L.,

2008. *The native mind and the cultural construction of nature.* A Bradford Book, Cambridge.

ATRAN, S., MEDIN, D.L., ROSS, N., LYNCH, E., VAPNARSKY, V., UCAN EK', E., COLEY, J., TIMURA, C., BARAN, M.,

2002. Folkecology, cultural epidemiology, and the spirit of the commons. *Current Anthropology* 43, 421–450.

ATRAN, S., UCAN EK', E.,

1999. Classification of uselful plants by the Northern Petén Maya (Itzaj), dans : White, C.D. (Ed.), *Reconstructing ancient Maya diet*. University of Utah Press, Salt Lake City, pp. 19–59.

AUBRÉVILLE, A.,

1938. La forêt coloniale : les forêts de l'Afrique occidentale française. *Annales de l'Académie des sciences coloniales* 9, 1–245.

BACHELET, C.,

2011. *Apport de l'anthracologie à la connaissance des relations hommes-milieux à partir de l'Holocène moyen dans les sites préhistoriques de la Cidade de Pedra (Mato Grosso, Brésil).* Thèse de doctorat, MNHN & Universdidade de Sao Paulo, Paris.

BACHELET, C., SCHEEL-YBERT, R.,

Sous presse. Landscape and firewood selection in the Santa Elina rock shelter (Mato Grosso, Brazil) during the Holocene. *Quaternary International*.

BADAL GARCIA, E.,

1992. L'anthracologie préhistorique: à propos de certains problèmes méthodologiques. *Bulletin de la Société Botanique de France* 139, 167–189.

BALICK, M.J., ARVIGO, R.,

2015. *Messages from the gods: a guide to the useful plants of Belize*. Oxford University Press, Oxford.

BALICK, M.J., NEE, M.H., ATHA, D.E.,

2000. *Checklist of the vascular plants of Belize: with common names and uses*. New York Botanical Garden Press, New York.

BARAJAS-MORALES, J., ÁNGELES-ÁLVAREZ, G., SOLÍS-SÁNCHEZ, P.,

1997. *Anatomía de maderas de México: especies de una selva alta perennifolia*. UNAM, Mexico, D.F.

BARAJAS-MORALES, J., GÓMEZ, C.L.,

1989. *Anatomía de maderas de México: especies de una selva baja caducifolia*. UNAM, Mexico, D.F.

BARRERA, A., GÓMEZ-POMPA, A., VAZQUEZ-YANES, C.,

1977. El manejo de las selvas por los Mayas, sus implicaciones silvícolas y agrícolas. *Biotica* 2, 47–61.

BARRERA-BASSOLS, N., TOLEDO, V.M.,

2005. Ethnoecology of the Yucatec Maya: Symbolism, knowledge and management of natural resources. *Journal of Latin American Geography* 4, 9–41.

BARRET, W.H.G., GOLFARI, L.,

1962. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W.H.G. *Caribbean Forester* 23, 211–213.

BARRIENTOS, I.,

2016a. Operación II.5: Los contextos funerarios y los procesos de aglomeración, dans : Nondédéo, P., Michelet, D., Hiquet, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: informe de la sexta temporada de campo 2015*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 161–183.

2016b. Operación IV.4a: Análisis realizados en los restos óseos humanos, dans : Nondédéo, P., Michelet, D., Hiquet, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: informe de la sexta temporada de campo 2015*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 369–402.

2014a. Operación II.5: Los contextos funerarios y los procesos de aglomeración, dans : Nondédéo, P., Hiquet, J., Michelet, D., Sion, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la quinta temporada de campo 2014*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 219–241.

2014b. Operación IV.4a: Análisis realizados en los restos óseos humanos, dans : Nondédéo, P., Hiquet, J., Michelet, D., Sion, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2011-2014: informe de la quinta temporada de campo 2014*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 539–564.

2014c. Operación II.5: Los contextos funerarios y los procesos de aglomeración, dans : Nondédéo, P., Morales-Aguilar, C., Sion, J., Michelet, D., Andrieu, C. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la cuarta temporada de campo 2013*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 297–315.

BARRIENTOS, I., SION, J., ANDRIEU, C., SALAZAR, D., COTOM-NIMATUJ, J.,

2015. Evidencias de reingreso a los espacios sepulcrales en grupos habitacionales del Clásico Tardío-Terminal en Naachtun, Petén, Guatemala, dans : Arroyo, B., Mendez Salinas, L., Paiz, L. (Eds.), *XXVIII Simposio de investigaciones arqueológicas en Guatemala*. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Asociación Tikal, Guatemala, pp. 465–480.

BARTHEL, S., ISENDAHL, C.,

2013. Urban gardens, agriculture, and water management: Sources of resilience for long-term food security in cities. *Ecological Economic*s 86, 224–234.

BARTLETT, H.H.,

1932. A Biological Survey of the Maya Area. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 59, 7–20.

BARWICK, M., VAN DER SCHANS, A.,

2004. *Tropical and subtropical trees: a worldwide encyclopedic guide*. Thames & Hudson Ltd, Londres.

BATON, F., NGUYEN TU, T.T., DERENNE, S., DELORME, A., DELARUE, F., DUFRAISSE, A.,

Sous presse. Tree-ring δ13C of archeological charcoals as indicator of past climatic seasonality. A case study from the Neolithic settlements of Lake Chalain (Jura, France). *Quaternary International*.

BAWA, K.S.,

1990. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual Review of Ecology & Systematics* 21, 399–422.

BEACH, T., DUNNING, N., LUZZADDER-BEACH, S., COOK, D.E., LOHSE, J.,

2006. Impacts of the ancient Maya on soils and soil erosion in the central Maya Lowlands. *CATENA* 65, 166–178.

BEACH, T., LUZZADDER-BEACH, S., COOK, D., DUNNING, N., KENNETT, D.J., KRAUSE, S., TERRY, R., TREIN, D., VALDEZ, F.,

2015a. Ancient Maya impacts on the earth's surface: an early anthropocene analog? *Quaternary Science Reviews* 124, 1–30.

BEACH, T., LUZZADDER-BEACH, S., DUNNING, N., JONES, J., LOHSE, J., GUDERJAN, T., BOZARTH, S., MILLSPAUGH, S., BHATTACHARYA, T.,

2009. A review of human and natural changes in Maya Lowland wetlands over the Holocene. *Quaternary Science Reviews* 28, 1710–1724.

BEACH, T., LUZZADDER-BEACH, S., FLOOD, J., HOUSTON, S.D., GARRISON, T.G., ROMAN, E., BOZARTH, S., DOYLE, J.,

2015b. A neighborly view: water and environment history of the El Zotz Region, dans : Lentz, D.L., Dunning, N.P., Scarborough, V.L. (Eds.), *Tikal: paleoecology of an ancient Maya city*. Cambridge University Press, New York, pp. 258–279.

BEAUCLAIR, M., SCHEEL-YBERT, R., BIANCHINI, G., BUARQUE, A.,

2009. Fire and ritual: bark hearths in South-American Tupiguarani mortuary rites. *Journal of Archaeological Science* 36, 1409–1415.

BECKER, M.J.,

1992. Burials as caches; caches as burials: a new interpretation of the meaning of ritual deposits among the Classic Period Lowland Maya, dans : Danien, E.C., Sharer, R.J. (Eds.), *New theories on the ancient Maya*. University of Pennsylvania, Philadelphia, pp. 185–196.

BELTRÁN FRIAS, L.,

1987. Subsistencia y aprovechamiento del medio, dans : Manzanilla, L. (Ed.), *Coba, Quintana Roo, análisis de dos unidades habitacionales Mayas*. UNAM, Mexico, D.F., pp. 213–232.

BERG, C.C., WELLE, B.J.H. TER, DÉTIENNE, P., BONSEN, K., JANSEN-JACOBS, M.J., GÖRTS-VAN RIJN, A.R.A.,

1992. *Flora of the Guianas. Series A, Phanerogams. Fascile 11. 20. Ulmaceae; 21. Moraceae; 22. Cecropiaceae; 23. Urticaceae; 26. Casuarinaceae; including wood and timber*. Koeltz Scientific Books, Koenigstein.

BHATTACHARYA, T., BEACH, T., WAHL, D.,

2011. An analysis of modern pollen rain from the Maya lowlands of northern Belize. *Review of Palaeobotany and Palynology* 164, 109–120.

BIANCHINI, G., SCHEEL-YBERT, R.,

2012. Plants in a funerary context at the Jabuticabeira-II shellmound (Santa Catarina, Brazil) – feasting or ritual offerings? dans : Badal, E., Carrión, Y., Macías, M., Ntinou, M. (Eds.), *Wood and Charcoal. Evidence for Human and Natural History, SAGVNTVM Extra*. Université de Valence, Valence, pp. 253–258.

BINFORD, L.R.,

1962. Archaeology as anthropology. *American Antiquity* 28, 217–225.

BLOMSTER, J.P.,

1998. Context, cult, and Early Formative period public ritual in the Mixteca Alta: analysis of a hollow-baby figurine from Etlatongo, Oaxaca. *Ancient Mesoamerica* 9, 309–326.

BLOOM, P.R., POHL, M., BUTTLEMAN, C., WISEMAN, F., COVICH, A., MIKSICEK, C., BALL, J., STEIN, J.,

1983. Prehistoric Maya wetland agriculture and the alluvial soils near San Antonio Rio Hondo, Belize. *Nature* 301, 417–419.

BONAVIA, D.,

2013. *Maize: origin, domestication, and its role in the development of culture*. Cambridge University Press, Cambridge.

BONNAFOUX, P.,

2008. *Etude iconographique des céramiques du Classique ancien dans les Basses Terres mayas*. Thèse de doctorat, Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

BONNARDIN, S., HAMON, C., LAUWERS, M., QUILLIEC, B.,

2009. Introduction, dans : Bonnardin, S., Hamon, C., Lauwers, M., Quilliec, B. (Eds), *Du matériel au spirituel : réalités archéologiques et historiques des "dépôts" de la Préhistoire à nos jours, XXIXe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire, Antibes–Juan-Les-Pins, 16 Au 18 Octobre 2008*. ADPCA, pp. 13–17.

BOYD, W.E.,

1988. Methodological problems in the analysis of fossil non-artifactual wood assemblages from archaeological sites. *Journal of Archaeological Science* 15, 603–619.

BOZARTH, S.R., GUDERJAN, T.H.,

2004. Biosilicate analysis of residue in Maya dedicatory cache vessels from Blue Creek, Belize. *Journal of Archaeological Science* 31, 205–215.

BRAADBAART, F., POOLE, I.,

2008. Morphological, chemical and physical changes during charcoalification of wood and its relevance to archaeological contexts. *Journal of Archaeological Science* 35, 2434–2445.

BRAADBAART, F., POOLE, I., HUISMAN, H.D.J., VAN OS, B.,

2012. Fuel, fire and heat: an experimental approach to highlight the potential of studying ash and char remains from archaeological contexts. *Journal of Archaeological Science* 39, 836–847.

BRADY, J.E., PRUFER, K.M.,

2005. *In the maw of the earth monster: Mesoamerican ritual cave use*. University of Texas Press, Austin.

BRASWELL, G.E. (ED.),

2012. *The ancient Maya of Mexico: reinterpreting the past of the northern Maya lowlands.* Equinox, Sheffield England, UK, Bristol, USA.

BREEDLOVE, D.E.,

1986. *Listados florísticos de México. IV Flora de Chiapas.* UNAM, Mexico, D.F.

BREEDLOVE, D.E., LAUGHLIN, R.M.,

2000. *The flowering of man: a Tzotzil botany of Zinacantan*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

BRENNER, M., HODELL, D.A., CURTIS, J.H., ROSENMEIER, M.F., BINFORD, M.W., ABBOT, M.B.,

2001. Abrupt climate change and Pre-Columbian cultural collapse, dans : Markgraf, V. (Ed.), *Interhemispheric climate linkages*. Publisher Academic Press, San Diego, pp. 87–103.

BRENNER, M., LEYDEN, B.W., BINFORD, M.W.,

1990. Recent sedimentary histories of shallow lakes in the Guatemalan savannas. *Journal of Paleolimnology* 4, 239–251.

BRENNER, M., ROSENMEIER, M.F., HODELL, D.A., CURTIS, J.H.,

2002. Paleolimnology of the Maya Lowlands. Long-term perspectives on interactions among climate,environment, and humans. *Ancient Mesoamerica* 13, 141–157.

BRIDGE, M.,

2012. Locating the origins of wood resources: a review of dendroprovenancing. *Journal of Archaeological Science* 39, 2828–2834.

BRIDGEWATER, S.,

2012. *A natural history of Belize: inside the Maya forest*. University of Texas Press, Austin.

BROWN, L.A., EMERY, K.F.,

2008. Negotiations with the animate forest: hunting shrines in the Guatemalan Highlands. *Journal of Archaeological Method and Theory* 15, 300–337.

CAMPBELL, D., FORD, A., LOWELL, K.S., WALKER, J., LAKE, J.K., OCAMPO-RAEDER, C., TOWNESMITH, A., BALICK, M.J.,

2006. The feral forest of the eastern Petén, dans : Balée, W.L., Erickson, C.L. (Eds.), *Time and complexity in historical ecology: studies in the neotropical lowlands*. Colombia University Press, New York, pp. 21–56.

CARABIAS LILLO, J., PROVENCIO, E., ELVIRA, J., RODRÍGUEZ DE LA GALA MÉNDEZ, J.B.,

1999. *Programa de manejo, Reserva de la Biosfera Calakmul, México*. Instituto Nacional de Ecología, Mexico, D.F.

CARILLO-BASTOS, A., ISLEBE, G.A., TORRESCANO-VALLE, N., GONZÁLEZ, N.E.,

2010. Holocene vegetation and climate history of central Quintana Roo, Yucatan Peninsula, Mexico. *Review of Palaeobotany and Palynology* 160, 189–196.

CASES, I., LACADENA, A.,

2015. Operación III.5: Estudios epigráficos, temporada 2014, dans : Nondédéo, P., Hiquet, J., Michelet, D., Sion, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la quinta temporada de campo 2014*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 371–384.

CASSENS, D.L., MILLER, R.B.,

1981. Wood Anatomy of the New World *Pithecellobium* (sensu lato). *Journal of the Arnold Arboretum* 62, 1–44.

CASTANET, C., PURDUE, L.,

2013. Operación IV.6 y IV.7: Estudios paleoambientales y geoarqueológicos., dans : Nondédéo, P., Morales-Aguilar, C., Sion, J., Michelet, D., Andrieu, C. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la cuarta temporada de campo 2013*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 551–564.

CASTANET, C., PURDUE, L., LEMONNIER, E., NONDEDEO, P.,

2015. Dynamiques croisées des milieux et des sociétés dans les basses terres tropicales mayas. Hydrosystème et agrosystème à Naachtun (Guatemala). *Les nouvelles de l'archéologie* 142, 32–37.

CASTANET, C., PURDUE, L., LEMONNIER, E., NONDÉDÉO, P., TESTÉ, M., MOKADEM, F.,

2016. Environmental and socio-environmental dynamics in subtropical maya lowlands: hydrosystem and agrosystem of the wetlands (bajos) around Naachtun during the last three millennia (Petén, Guatemala), dans : *Reconstructing resources availability, management and use at Naachtun (Guatemala), a regional Maya center of the Classic period*, Dussol, L., Purdue, L. (coord.). Symposium du 81st SAA meeting, Orlando, 5-10 avril 2016.

CASTRO-LUNA, A.A., CASTILLO-CAMPOS, G., SOSA, V.J.,

2011. Effects of selective logging and shifting cultivation on the structure and diversity of a tropical evergreen forest in south-eastern Mexico. *Journal of Tropical Forest Science* 23, 17–34.

CENZON-SALVAYRE, C.,

2014. *Le bûcher funéraire dans l'Antiquité : une approche archéologique, bioarchéologique et historique d'après l'étude des structures de crémation en Gaule méridionale*. Thèse de doctorat, Université du Maine, Le Mans.

CHABAL, L.,

1997. *Forêts et sociétés en Languedoc (Néolithique final, Antiquité tardive) : l'anthracologie, méthode et paléoécologie*. Maison des Sciences de l'Homme, Paris.

1994. Apports récents de l'anthracologie à la connaissance des paysages passés : performances et limites. *Histoire & Mesure* 9, 317–338.

1992. La représentativité paléo-écologique des charbons de bois archéologiques issus du bois de feu. *Bulletin de la Société Botanique de France, Actualités botaniques* 139, 213–236.

1991. *L'Homme et l'évolution de la végétation méditerranéenne, des âges de métaux à la période romaine: recherches anthracologiques théoriques, appliquées principalement à des sites du Bas-Languedoc*. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II.

1990. L'étude paléoécologique de sites protohistoriques à partir des charbons de bois : dénombrements de fragments ou pesées? dans : Hackens, T., Munaut, A.V., Till, C. (Eds.), *Wood and Archaeology : First European Conference, Louvain-La-Neuve, 2-3 octobre 1987*. PACT, Louvain-La-Neuve, pp. 189–205.

1988. Pourquoi et comment prélever les charbons de bois pour la période antique : les méthodes utilisées sur le site de Lattes (Hérault). *Lattara* 1, 187–222.

CHABAL, L., FABRE, L., TERRAL, J.-F., THERY-PARISOT, I.,

1999. L'anthracologie, dans : Bourquin-Mignot, C., Brochier, J.-E., Chabal, L., Crozat, S., Fabre, L., Guibal, F., Marinval, P., Richard, H., Terral, J.-F., Théry, I. (Eds.), *La botanique*. Errance, Paris, pp. 43–104.

CHASE, A.F., CHASE, D.Z., WEISHAMPEL, J.F., DRAKE, J.B., SHRESTHA, R.L., SLATTON, K.C., AWE, J.J., CARTER, W.E.,

2011. Airborne LiDAR, archaeology, and the ancient Maya landscape at Caracol, Belize. *Journal of Archaeological Science* 38, 387–398.

CHASE, D.Z., CHASE, A.F.,

2003. Secular, sagrado y "revisitado": la profanación, alteración y reconsagración de los antiguos entierros mayas, dans : Ruíz, A.C., Ruz, M.H., Iglesias Ponce de León, M.J. (Eds.), *Antropología de la eternidad: la muerte en la cultura maya*. UNAM, Mexico, D.F., pp. 255–278.

CHASE, D.Z., CHASE, A.F.,

1998. The architectural context of caches, burials, and other ritual activities for the Classic period Maya (as reflected at Caracol, Belize), dans : Houston, S.D. (Ed.), *Function and meaning in Classic Maya architecture*. Dumbarton Oaks Research Library and Collection, Washington, D.C, pp. 299–332.

CHAVE, J., MULLER-LANDAU, H.C., BAKER, T.R., EASDALE, T.A., TER STEEGE, H., WEBB, C.O.,

2006. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree species. *Ecological Applications* 16, 2356–2367.

CHAYAX HUEX, R., TZUL COLLI, F., GÓMEZ CAAL, C., GRETZINGER, S.P.,

1998. The Bio-Itza Reserve: History of an indigenous effort to conserve the Maya Itza community of San José, El Petén, Guatemala, dans : Primack, R.B., Bray, D., Galletti, H.A., Ponciano, I. (Eds.), *Timber, tourists, and temples: conservation and development in the Maya forest of Belize, Guatemala and Mexico*. Island Press, Washington, D.C, pp. 317–325.

CHAZDON, R.L., HARVEY, C.A., MARTÍNEZ-RAMOS, M., BALVANERA, P., STONER, K.E., SCHONDUBE, J.E., AVILA CABADILLA, L.D., FLORES-HIDALGO, M.,

2011. Seasonally dry tropical forest biodiversity and conservation value in agricultural landscapes of Mesoamerica, dans : Dirzo, R., Young, H.S., Mooney, H.A., Ceballos, G. (Eds.), *Seasonally dry tropical forest: ecology and conservation*. Island Press, Washington, D.C, pp. 195–219.

CHRZAZVEZ, J., THÉRY-PARISOT, I., FIORUCCI, G., TERRAL, J.-F., THIBAUT, B.,

2014. Impact of post-depositional processes on charcoal fragmentation and archaeobotanical implications: experimental approach combining charcoal analysis and biomechanics. *Journal of Archaeological Science* 44, 30–42.

CLAYTON, S.C., DRIVER, W.D., KOSAKOWSKY, L.J.,

2005. Rubbish or ritual? Contextualizing a problematical deposit at Blue Creek, Belize. A response to “Public architecture, ritual, and temporal dynamics at the Maya center of Blue Creek, Belize,” by Thomas H. Guderjan. *Ancient Mesoamerica* 16, 119–130.

CLIFF, M.B., CRANE, T.R.,

1989. Changing economy at a Late Preclassic Maya community. *Research in Economic Anthropology Supplement* 4, 295–324.

COE, W.R., SHOOK, E.M., SATTERTHWAITE, L.,

1961. The carved wooden lintels of Tikal. Tikal Report No. 6, dans : *Tikal Reports, Nos. 5-10*. University of Pennsylvania, Philadelphia, pp. 15–112.

COGGINS, C., LADD, J.M.,

1992a. Wooden Artifacts, dans : Coggins, C. (Ed.), *Artifacts from the Cenote of Sacrifice, Chichen Itza, Yucatan: textiles, basketry, stone, bone, shell, ceramics, wood, copal, rubber, other organic materials, and mammalian remains*. Harvard University Press, Cambridge, pp. 235–344.

1992b. Copal and Rubber Offerings, dans : Coggins, C. (Ed.), *Artifacts from the Cenote of Sacrifice, Chichen Itza, Yucatan: textiles, basketry, stone, bone, shell, ceramics, wood, copal, rubber, other organic materials, and mammalian remains*. Harvard University Press, Cambridge, pp. 345–357.

COLÍN, M.,

2016. Operación VIa y VIb: Trabajos de conservación y restauración, dans : Nondédéo, P., Michelet, D., Hiquet, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: informe de la sexta temporada de campo 2015*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 555–573.

COLÍN, M.,

2014. Operación VI. Restauración y conservación de materiales, dans : Nondédéo, P., Morales-Aguilar, C., Sion, J., Michelet, D., Andrieu, C. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la cuarta temporada de campo 2013*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 603–611.

CONABIO,

2017. Vecinos verdes. *Biodiversidad mexicana*. Disponible sur <http://www.biodiversidad.gob.mx/Difusion/ciencia Ciudadana/aurbanos/buscar_cientifico.php.>

CONAP

2012 *Guatemala y su biodiversidad: un enfoque histórico, cultural, biológico y económico.* Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Oficina Técnica de la Biodiversidad. Editorial Serviprensa, Guatemala.

CONSERVATION INTERNATIONAL,

2004. *Ecosystem Profile. Northern region of the Mesoamerica biodiversity hotspot. Belize, Guatemala, Mexico*. Critical Ecosystem Paternship Fund, Washington, D.C.

COTOM-NIMATUJ, J.,

2016. Operación II.6b: Excavaciones en el Complejo Oeste del Grupo B, Patio 6, Estructura 5O-69, dans : Nondédéo, P., Michelet, D., Hiquet, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: informe de la sexta temporada de campo 2015*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 283–295.

2014a. Operación IV.3: Resultados del análisis del material malacológico de la temporada 2014, dans : Nondédéo, P., Hiquet, J., Michelet, D., Sion, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la quinta temporada de campo 2014*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 517–538.

2014b. Operación IV.3: Resultados del análisis del material malacológico de la temporada de Campo 2013, dans : Nondédéo, P., Morales-Aguilar, C., Sion, J., Michelet, D., Andrieu, C. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la cuarta temporada de campo 2013*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 501–516.

COTOM-NIMATUJ, J., HIQUET, J., CAAL, J.,

2014. Operación II.2: Tercera fase de excavaciones en los patios de los grupos de la periferia sur de Naachtun, dans : Nondédéo, P., Morales-Aguilar, C., Sion, J., Michelet, D., Andrieu, C. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la cuarta temporada de campo 2013*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 51–72.

COTOM-NIMATUJ, J., VELIZ, W., HERNÁNDEZ, B.,

2012. Operación II.2: Sondeos estratigráficos en los grupos de patios de la Periferia Sur, dans : Nondédéo, P., Michelet, D., Sion, J., Morales-Aguilar, C. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la secunda temporada de campo 2011*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 66–79.

COWAN, C.P.,

1983. *Listados florísticos de México. I Flora de Tabasco*. UNAM, Mexico, D.F.

COWAN, R.S., LINDEMAN, J.C., WELLE, B.J.H. TER, DÉTIENNE, P., GÖRTS-VAN RIJN, A.R.A.,

1989. *Flora of the Guianas*. Series A, Phanerogams. Fascile 7. 88. Caesalpiniaceae p.p., including wood and timber. Koeltz Scientific Books, Koenigstein.

COWGILL, U.M.,

1966. *The history of Laguna de Petenxil: a small lake in Northern Guatemala*, Memoirs of the Connecticut Academy of Arts & Sciences. Connecticut Academy of Arts and Sciences, New Haven.

COWGILL, U.M.,

1962. An agricultural study of the southern Maya Lowlands. *American Anthropologist* 64, 273–286.

1960. Soil fertility, population, and the ancient Maya. *PNAS* 46, 1009–1011.

CRANE, C.J.,

1996. Archaeobotanical and palynological research at a Late Preclassic Maya community, Cerros, Belize, dans : Fedick, S. (Ed.) *The managed mosaic: ancient Maya agriculture and aesource use*. University of Utah Press, Salt Lake City, pp. 262–276.

CREASMAN, P.P., BAISAN, C., GUITERMAN, C.T.,

2015. Dendrochronological evaluation of ship timber from Charlestown Navy Yard (Boston, MA). *Dendrdochronologia* 33, 8–15.

CROFT, G.K.M.,

2012. *Evolution and ecology during domestication in the neotropical fruit tree, Byrsonima crassifolia (Malpighiaceae)*. Thèse de doctorat, Washington University, Saint Louis.

CURTIS, J.H., BRENNER, M., HODELL, D.A., BALSER, R.A., ISLEBE, G.A., HOOGHIEMSTRA, H.,

1998. A multi-proxy study of Holocene environmental change in the Maya Lowlands of Peten, Guatemala. *Journal of Paleolimnology* 19, 139–159.

DALLE, S., DE BLOIS, S.,

2006. Shorter fallow cycles affect the availability of noncrop plant resources in a shifting cultivation system. *Ecology and Society* 11 (2): 2 [En ligne]. Disponible sur : < http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art2/>

DAVID, N., KRAMER, C.,

2001. *Ethnoarchaeology in action*. Cambridge University Press, New York.

DAVIDSE, G., SOUSA SÁNCHEZ, M., KNAPP, S., CHIANG CABRERA, F.,

1994. *Flora Mesoamericana* [En ligne] Missouri Botanical Garden, Saint Louis. Disponible sur : <http://www.tropicos.org/Project/FM>.

DECAIX, A., MESSAGER, E., TENGBERG, M., NEEF, R., LYONNET, B., GULIYEV, F.,

2016. Vegetation and plant exploitation at Mentesh Tepe (Azerbaijan), 6th-3rd millennium BC initial results of the archaeobotanical study. *Quaternary International* 395, 19–30.

DEEVEY, E.S., RICE, D.S., RICE, P.M., VAUGHAN, H.H., BRENNER, M., FLANNERY, M.S.,

1979. Mayan urbanism: impact on a tropical karst environment. *Science* 206, 298–306.

DEFORCE, K., BOEREN, I., ADRIAENSSENS, S., BASTIAENS, J., DE KEERSMAEKER, L., HANECA, K., TYS, D., VANDEKERKHOVE, K.,

2013. Selective woodland exploitation for charcoal production. A detailed analysis of charcoal kiln remains (ca. 1300–1900 AD) from Zoersel (northern Belgium). *Journal of Archaeological Science* 40, 681–689.

DEFORCE, K., HANECA, K.,

2015. Tree-ring analysis of archaeological charcoal as a tool to identify past woodland management: the case from a 14th century site from Oudenaarde (Belgium). *Quaternary International* 366, 70–80.

DEMAREST, A.A.,

2013. The collapse of the Classic Maya kingdoms of the southwestern Petén: implications for the end of Classic Maya civilization, dans : Arnauld, M.-C., Breton, A. (Eds.), *Millenary Maya societies: past crisis and resilience* [En ligne], pp. 22–48. Disponible sur : <www.mesoweb.com/publications/MMS>.

DEMAREST, A.A., O'MANSKY, M., WOLLEY, C., VAN TUERENHOUT, D., INOMATA, T., PALKA, J., ESCOBEDO, H.,

1997. Classic Maya defensive systems and warfare in the Petexbatun region: archaeological evidence and interpretations. *Ancient Mesoamerica* 8, 229–253.

DEMAREST, A.A., RICE, P.M., RICE, D.S.,

2004. The Terminal Classic in the Maya Lowlands. Assessing collapses, terminations, and transformations, dans : Demarest, A.A., Rice, P.M., Rice, D.S. (Eds.), *The Terminal Classic in the Maya lowlands: collapse, transition, and transformation*. University Press of Colorado, Boulder, pp. 545–572.

DESACHY, B.,

2004. Le sériographe EPPM un outil informatisé de sériation graphique pour tablea ux de comptages. *Revue Archéologique de Picardie* 3, 39–56.

DETIENNE, P., JACQUET, P.,

1983. *Atlas d'identification des bois de l'Amazonie et des régions voisines*. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne.

DIAZ, A.,

2016. Operación II.4: Excavaciones en el Complejo Central del Grupo B, dans : Nondédéo, P., Michelet, D., Hiquet, J., Garrido, L. (Eds.), P*royecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: informe de la sexta temporada de campo 2015*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 139–159.

DÍAZ, A., GILLOT, C.,

2014. Operación II.4: Excavaciones en el Complejo Central del Grupo B, dans : Nondédéo, P., Hiquet, J., Michelet, D., Sion, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la quinta temporada de campo 2014*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 155–219.

DÍAZ, A., SION, J.,

2014. Operación II.3b: Excavaciones selectivas en el Patio 28, las Estructuras 6O-4, 6O-7 bis, 6O-5 sur, 6O-6 sur y 6O-6 ter, dans : Nondédéo, P., Morales-Aguilar, C., Sion, J., Michelet, D., Andrieu, C. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la cuarta temporada de campo 201*3. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 137–160.

DICKSON, R.P.,

2009. *Secondary diversity: ecological and spectral dimensions of secondary succession following smallholder cultivation in the southern Yucatan*. Thèse de doctorat, Clark University, Worcester.

DOTTE-SAROUT, E.,

2011. Evaluating methods and results for the application of anthracology to high diversity and high endemism environments: Case study in the Tiwaka Valley, north-eastern Grande Terre of New Caledonia, dans : Badal Garcia, E., Carrión, Y., Grau, E., Macías, M., Ntinou, M. (Eds.), *5th International Meeting of Charcoal Analysis: the charcoal as cultural and biological heritage, Valencia, Spain, September 5th-9th, 2011*, Saguntum Extra 11, pp. 41–42.

2010. *« Le bois ancêtre » Arbres, forêts et occupation kanak précoloniale sur la Grande Terre de Nouvelle-Calédonie : étude de cas et approche anthracologique dans la vallée de la Tiwaka (Nord-est)*. Thèse de doctorat, Australian National University & Université de Paris 1, Canberra.

DOTTE-SAROUT, E., KAHN, J.G.,

Sous presse. Ancient woodlands of Polynesia: a pilot anthracological study on Maupiti Island, French Polynesia. *Quaternary International*.

DOTTE-SAROUT, E., OUETCHO, J., BOLÉ, J., BARRET, D., SAND, C.,

2013. Of charcoals and forests: results and perspectives from an archaeobotanical investigation of precolonial Kanak settlement sites in New Caledonia, dans : Summerhayes, G.R., Buckley, H. (Eds.), *Pacific archaeology: documenting the past 50,000 years: papers from the 2011 Lapita Pacific Archaeology Conference*. University of Otago, Dunedin, pp. 120–137.

DOUGLAS, P.M.J., BRENNER, M., CURTIS, J.H.,

2016. Methods and future directions for paleoclimatology in the Maya Lowlands. *Global and Planetary Change* 138, 3–24.

DOUGLAS, P.M.J., PAGANI, M., CANUTO, M.A., BRENNER, M., HODELL, D.A., EGLINTON, T.I., CURTIS, J.H.,

2015. Drought, agricultural adaptation, and sociopolitical collapse in the Maya Lowlands. *PNAS* 112, 5607–5612.

DRENNAN, R.D.,

1988. Household location and compact versus dispersed settlement in prehispanic Mesoamerica, dans : Wilk, R.R., Ashmore, W. (Eds.), *Household and community in the Mesoamerican past: case studies in the Maya area and Oaxaca*. University of New Mexico Press, Albuquerque, pp. 273–293.

DUFRAISSE, A.,

2008. Firewood management and woodland exploitation during the late Neolithic at Lac de Chalain (Jura, France). *Vegetation History and Archaeobotany* 17, 199–210.

DUNNING, N., RUE, D.J., BEACH, T., COVICH, A., TRAVERSE, A.,

1998. Human-environment interactions in a tropical watershed: the paleoecology of Laguna Tamarindito, El Petén, Guatemala. *Journal of Field Archaeology* 25, 139–151.

DUNNING, N.P., LUZZADDER-BEACH, S., BEACH, T., JONES, J.G., SCARBOROUGH, V.L., CULBERT, T.P.,

2002. Arising from the bajos : the evolution of a neotropical landscape and the rise of Maya civilization. *Annals of the Association of American Geographers* 92, 267–283.

DUSSOL, L., ELLIOTT, M., PEREIRA, G., MICHELET, D.,

2016. The use of firewood in ancient Maya funerary rituals: a case study from Río Bec (Campeche, Mexico). *Latin American Antiquity* 27, 51–73.

DVORAK, W.S., HAMRICK, J.L., GUTIÉRREZ, J.L.,

2005. The origin of Caribbean pine in the seasonal swamps of the Yucatán. *International Journal of Plant Sciences* 166, 985–994.

ELLIOTT, M.,

2016. Climate, ecology, and social change in Prehispanic northwestern Mesoamerica, dans : Kellett, L.C., Jones, E. (Eds.), *Settlement ecology of the ancient Americas*. Routledge, Oxford.

2012. An anthracological approach to understanding Late Classic period collapse in Mesoamerica's northwestern frontier, dans : Badal, E., Carrion, Y., Grau, E., Garcia, M., Ntinou, M. (Eds.), *Wood and charcoal: evidence for human and natural history*, Saguntum Extra 13, pp. 217–225.

ELLIOTT, M., PEREIRA, G., STEVANATO, M.,

2017. Flames, ash, and charcoal: paleoethnobotanical approaches to understanding the role of fire in Postclassic Tarascan ritual practices, dans : *The use of plants in ancient rituals: new perspectives from palaeoethnobotany*, Dussol, L., Elliott, M. (coord.). Symposium du 82nd SAA meeting, Vancouver, 29 mars-2 avril 2017.

ELSON, C.M., SMITH, M.E.,

2001. Archaeological deposits from the Aztec New Fire ceremony. *Ancient Mesoamerica* 12, 157–174.

EMERY, K.F., THORNTON, E.K.,

2008. A regional perspective on biotic change during the Classic Maya occupation using zooarchaeological isotopic chemistry. *Quaternary International* 191, 131–143.

ESCOBAR DURAND, C.,

2013. Operación II.1: informe de las excavaciones en el muro sur del Complejo Amurallado, Naachtun, Guatemala, dans : Michelet, D., Morales-Aguilar, C., Sion, J., Nondédéo, P. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la tercera temporada de campo 2012*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 43–54.

ESPINOZA DE PERNIA, N., MELANDRI, J.L.,

2006. Wood anatomy of the tribe Caesalpinieae (Leguminosae, Caesalpinioideae) in Venezuela. *IAWA Journal* 27, 99–114.

ESTRADA-BELLI, F.,

2011. *The first Maya civilization: ritual and power before the Classic period*. Routledge, Londres, New York.

EVANS, J.A., GASSON, P.E., LEWIS, G.P.,

2006. Wood Anatomy of the Mimosoideae (Leguminosae). *IAWA Journal Supplement* 5.

FAO,

2004. *Inventario Forestal Nacional de Guatemala 2002-2003 (IFN 2002-2003), documento de trabajo elaborado por: Ramírez y Rodas* [En ligne]. Disponible sur : <http://www.fao.org/forestry/en/>

FAUVET-BERTHELOT, M.-F.,

1986. *Ethnopréhistoire de la maison maya : Guatemala 1250-1525*. CEMCA, Mexico, D.F.

FEDICK, S.L.,

2010. The Maya forest: destroyed or cultivated by the ancient Maya? *PNAS* 107, 953–954.

1996. *The managed mosaic: ancient Maya agriculture and resource use*. University of Utah Press, Salt Lake City.

FERNÁNDEZ CARNEVALI, G.C., TAPIA MUÑOZ, J.L., DUNO DE STEFANO, R., RAMÍREZ MORILLO, I.M., CAN ITZÁ, L., HERNÁNDEZ AGUILAR, S., CASTILLO, A.,

2012. La flora de la Península de Yucatán mexicana: 250 años de conocimiento florístico. *Biodiversitas* 101, 6–10.

FIALKO, V.,

2001. *Investigaciones arqueológicas en el bajo de Santa Fe y la cuenca* alta *del Río Holmul,* r*egión noreste del Parque Nacional Tikal y periferia oeste de Nakum: Parte 2*. PROSIAPETEN-PRONAT, Instituto de Antropología e Historia, Guatemala.

FIGUEIRAL, I.,

1992. Méthodes en anthracologie: étude de sites du Bronze final et de l'âge du Fer du Nord-ouest du Portugal. *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques* 139, 191–204.

FIGUEIRAL, I., MOSBRUGGER, V.,

2000. A review of charcoal analysis as a tool for assessing Quaternary and Tertiary environments: achievements and limits. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 164, 397–407.

FLETCHER, R.,

2009. Low-density, agrarian-based urbanism: a comparative view. *Insights* 2, 2–19.

FLEURY, S., MALAIZÉ, B., GIRAUDEAU, J., GALOP, D., BOUT-ROUMAZEILLES, V., MARTINEZ, P., CHARLIER, K., CARBONEL, P., ARNAULD, M.-C.,

2015. Impacts of Mayan land use on Laguna Tuspán watershed (Petén, Guatemala) as seen through clay and ostracode analysis. *Journal of Archaeological Science* 54, 410–420.

FLORES, J.S., BALAM, J.K.,

1997. Importance of plants in the Ch'a Chaak Maya ritual in the Peninsula of Yucatan. *Journal of Ethnobiology* 17, 97–108.

FLORES, J.S., ESPEJEL, L.C.,

1994. *Tipos de vegetación de la Península de Yucatán*, Etnoflora yucatanense. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida.

FOLAN, W.J., FLETCHER, L.A., KINTZ, E.R.,

1979. Fruit, Fiber, bark, and resdans: social organization of Maya urban area. *Science* 204, 697–701.

FORD, A.,

2008. Dominant plants of the maya forest and gardens of El Pilar: implications for paleoenvironmental reconstructions. *Journal of Ethnobiology* 28, 179–199.

FORD, A., JAQUA, A., NIGH, R.,

2012. Paleoenvironmental record, reconstruction, forest succession, and weeds in the Maya milpa, dans : Morris, J., Awe, J., Badillo, M., Thompson, G. (Eds.), *Archaeological investigations in the eastern Maya Lowlands: papers of the 2011 Belize Archaeology Symposium, Research Reports in Belizean Archaeology*. National Institute of Culture and History, Belmopan, pp. 279–288.

FORD, A., NIGH, R.,

2015. *Maya forest garden: eight millennia of sustainable cultivation of the tropical woodlands*. Left Coast Press, Walnut Creek.

2010. The Milpa cycle and the making of the Maya Forest garden, dans : Morris, J., Jones, S., Awe, J., Thompson, G., Badillo, M. (Eds.), *Archaeological investigations in the eastern Maya Lowlands: papers of the 2009 Belize Archaeology Symposium*. Research Reports in Belizean Archaeology, Vol.7. National Institute of Culture and History, Belmopan, pp. 183–190.

2009. Origins of the Maya forest garden: Maya resource management. *Journal of Ethnobiology* 29, 213–236.

FORD, R.I.,

1988. Commentary: little things mean a lot. Quantification and qualification in paleoethnobotany, dans : Hastorf, C.A., Popper, V.S. (Eds.), *Current paleoethnobotany: analytical methods and cultural interpretations of archaeological plant remains*. University of Chicago Press, Chigaco, pp. 215–222.

1979. Paleoethnobotany in American archaeology. *Advances in Archaeological Method and Theory* 2, 285–336.

FREIDEL, D.A., SCHELE, L., PARKER, J.,

1993. *Maya cosmos: three thousand years on the shaman's path*. William Morrow, New York.

FUENTES, G., SANTAMARÍA, J.M.,

2014. Papaya (*Carica papaya* L.): origin, domestication, and production, dans : Ming, R., Moore, P.H. (Eds.), *Genetics and genomics of papaya*. Springer New York, pp. 3–15.

GALINDO-TOVAR, M.E., OGATA-AGUILAR, N., ARZATE-FERNÁNDEZ, A.M.,

2007. Some aspects of avocado (*Persea americana* Mill.) diversity and domestication in Mesoamerica. *Genetic Resources and Crop Evolution* 55, 441–450.

GALLOWAY, J.A., KEENE, D., MURPHY, M.,

1996. Fuelling the city: production and distribution of firewood and fuel in Londres's region, 1290-1400. *Economic History Review* 49, 447–472.

GARCÍA MOLINA, J.G.,

2005. Carbón de encino: fuente de calor y energía, dans : López, C., Chanfón, S., Segura, G. (Eds.), *La riqueza de los bosques Mexicanos: más allá de la madera*. Semarnat, Mexico, D.F., pp. 128–135.

GARRIDO, L.,

2016. Operación V.4B: Sondeos sistemáticos en el Grupo C: Los espacios, dans : Nondédéo, P., Michelet, D., Hiquet, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: informe de la sexta temporada de campo 2015*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 511–518.

GARRIDO, L., COTOM-NIMATUJ, J., SOTZ, J.,

2014. Operación II.1: Sondeos arqueológicos en el Grupo C., dans : Nondédéo, P., Hiquet, J., Michelet, D., Sion, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la quinta temporada de campo 2014*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 33–57.

GASSON, P., WARNER, K., LEWIS, G.,

2009. Wood Anatomy of *Caesalpinia* S.S., *Coulteria*, *Erythrostemon*, *Guilandina*, *Libidibia*, *Mezoneuron*, *Poincianella*, *Pomaria* and *Tara* (Leguminosae, Caesalpinioideae, Caesalpinieae). *IAWA Journal* 30, 247–276.

GASSON, P.E.,

1996. Wood anatomy of the tribe Swartzieae with comments on related Papilionoid and Caesalpinioid Leguminosae. *IAWA Journal* 17, 45–75.

GASSON, P.E., WRAY, E., SCHRIRE, B.D.,

2004. Wood anatomy of the tribe Milletieae with comments on related Papilionoid Leguminosae. *IAWA Journal* 25, 485–545.

GILL, R.,

2000. *The great Maya droughts: water, life, and death*. University of New Mexico Press, Albuquerque.

GILL, R.B., MAYEWSKI, P.A., NYBERG, J., HAUG, G.H., PETERSON, L.C.,

2007. Drought and the Maya collapse. *Ancient Mesoamerica* 18, 283–302.

GILLOT, C.,

2016. Operación II.4: Excavaciones en el Complejo Central del Grupo B, Patio 22, dans : Nondédéo, P., Michelet, D., Hiquet, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: informe de la séptima temporada de campo 2016*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 139–158.

2014. Operación II.4: Excavaciones en el Complejo Central del Grupo B, Patio 22, Edificio 5O-131, dans : Nondédéo, P., Morales-Aguilar, C., Sion, J., Michelet, D., Andrieu, C. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la cuarta temporada de campo 2013*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 259–295.

GODWIN, H., TANSLEY, A.G.,

1941. Prehistoric charcoals as evidence of former vegetation, soil and climate. *Journal of Ecology* 29, 117–126.

GOLDSTEIN, D.J.,

2007. *Forests and fires: a paleoethnobotanical assessment of the impact of Middle Sicán pyrotechnology on the dry tropical forests of the La Leche River valley, Lambayeque, Peru*. Thèse de doctorat, Southern Illinois University, Carbondale.

GOLDSTEIN, D.J., SHIMADA, I.,

2013. An experimental and ecological approach to modeling ancient fuel use, dans : Damblon, F. (Ed.), *Proceedings of the Fourth International Meeting of Anthracology, Brussels, September 8th-13th, 2008, Royal Belgian Institute of Natural Sciences*. British Archaeological Report, Oxford, pp. 121–132.

GÓMEZ-POMPA, A.,

1987a. Tropical deforestation and Maya sylviculture: an ecological paradox. *Tulane Studies in Zoology and Botany* 26, 19–37.

1987b. On Maya Silviculture. *Mexican Studies/Estudios Mexicanos* 3, 1–17.

GÓMEZ-POMPA, A., ALLEN, M.F., FEDICK, S.L., JIMÉNEZ-OSORNIO, J.J. (EDS.),

2003. *The Lowland Maya area: three millennia at the human-wildland interface*. Food Products press, New York.

GÓMEZ-POMPA, A., FLORES, J.S., ALIPHAT FERNÁNDEZ, M.,

1990. The sacred cacao groves of the Mayas. *Latin American Antiquity* 1, 247–257.

GÓMEZ-POMPA, A., FLORES, J.S., SOSA, V.J.,

1987. The "Pet kot": a man-made tropical forest of the Maya. *Interciencia* 12, 10–15.

GÓMEZ-POMPA, A., VAZQUEZ-YANES, C., GUEVARA, S.,

1972. The tropical rain forest: a nonrenewable resource. *Science* 177, 762–765.

GÖTZ, C.M., RUBIO-HERRERA, A., GARCÍA-PAZ, C.A.,

2016. Turkeys and their koos: a comparison of what we know about modern and prehispanic techniques of turkey husbandry in the northern Maya Lowlands. *Journal of Archaeological Science: Reports* 10, 647-654.

GOUDIABY, H.,

2016. Operación II.5bis: en busca de la secuencia funeraria de un conjunto residencial: el Grupo 5N6 « Matapalos », dans : Nondédéo, P., Michelet, D., Hiquet, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: informe de la séptima temporada de campo 2016*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 193–234.

GOUDIABY, H., LACOMME, H., SCHWENDENER, O.,

2016. Operación II.5bis: en busca de la secuencia funeraria de un conjunto residencial: el Grupo 5N6 "Matapalos", dans : Nondédéo, P., Hiquet, J. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: informe de la quinta temporada de campo 2015*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 185–248.

GREMILLION, K.J.,

2015. Human behavioral ecology and paleoethnobotany, dans : Marston, J.M., d'Alpoim Guedes, J., Warinner, C. (Eds.), *Method and theory in paleoethnobotany*. University Press of Colorado, Boulder, pp. 339–354.

1997. *People, plants and landscapes. Studies in paleoethnobotany*. University of Alabama Press, Tuscaloosa.

GRETZINGER, S.P.,

1998. Community forest concessions: an economic alternative for the Maya Biosphere Reserve in the Petén, Guatemala, dans : Primack, R.B., Bray, D., Galletti, H.A., Ponciano, I. (Eds.), *Timber, tourist and temples. Conservation and development in the Maya forest of Belize, Guatemala and Mexico*. Island Press, Washington, D.C, pp. 111–124.

GUITERMAN, C.T., SWETNAM, T.W., DEAN, J.S.,

2016. Eleventh-century shift in timber procurement areas for the great houses of Chaco Canyon. *PNAS* 113, 1130–1137.

GUMERMAN, G.,

1997. Food and complex societies. *Journal of Archaeological Method and Theory* 4, 105–139.

GUNN, J.D., FOSS, J.E., FOLAN, W.J., CARRASCO, M. DEL R.D., FAUST, B.B.,

2002. Bajo sediments and the hydraulic system of Calakmul, Campeche, Mexico. *Ancient Mesoamerica* 13, 297–315.

HADIKUSUMAH, H.K., BALLA, M.K., CHAUDHARY, S., KARKEE, T.B., CRUZ, F.A., ORTEGA-ESPALDON, M.V., JUMA, J.C., POLTHANEE, A., SUPHANCHAIMAT, N., NA-LAMPANG, P.,

1991. *Wood fuel flows: rapid rural appraisal in four Asian countries.* FAO, Bangkok.

HAMMOND, N. (ED.),

1991. *Cuello, an early Maya community in Belize*. Harvard University Press, Cambridge.

HANSEN, E.F.,

2000. *Ancient Maya burnt-lime technology: cultural implications of technological styles.* Thèse de doctorat, University of California, Los Angeles.

HANSEN, R.D.,

1995. *Early environmental impact: the ecological consequences of incipient Maya settlement.* Report submitted to the National Geographic Society, NGS 4984-93.

HANSEN, R.D., BOZARTH, S., JACOB, J., WAHL, D., SCHREINER, T.,

2002. Climatic and environmental variability in the rise of Maya civilization: a preliminary perspective from northern Peten. *Ancient Mesoamerica* 13, 273–295.

HARRISON-BUCK, E.,

2012. Rituals of death and disempowerment among the Maya, dans : Harrison-Buck, E. (Ed.), *Power and identity in archaeological theory and practice: case studies from ancient Mesoamerica*. University of Utah Press, Salt Lake City, pp. 103–115.

HASTORF, C.A.,

1999. Recent research in paleoethnobotany. *Journal of Archaeological Research* 7, 55–103.

HASTORF, C.A., JOHANNESSEN, S.,

1993. Pre-hispanic political change and the role of maize in the central Andes of Peru. *American Anthropologist* 95, 115–138.

HASTORF, C.A., POPPER, V.S.,

1988. *Current paleoethnobotany: analytical methods and cultural interpretations of archaeological plant remains*. The University of Chicago Press, Chicago.

HAUG, G.H., GÜNTHER, D., PETERSON, L.C., SIGMAN, D.M., HUGHEN, K.A., AESCHLIMANN, B.,

2003. Climate and the collapse of Maya civilization. *Science* 299, 1731–1735.

HAYDEN, W.J., HAYDEN, S.M.,

2000. Wood anatomy of Acalyphoideae (Euphorbiaceae). *IAWA Journal* 21, 213–235.

HEINZ, C.,

1990. *Dynamique des végétations holocènes en Méditerranée nord occidentale d'après l'anthracoanalyse de sites préhistoriques : méthodologie et paléoécologie*. Laboratoire de paléobotanique, Université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier.

HELLMUTH, N.M.,

1989. *Wood that has lasted one thousand years: lintels and vault beams in Maya temples and palaces.* Peabody Museum of Natural History, Yale University, New Haven.

1977. Cholti-Lacondon (Chiapas) and Peten-Ytza agriculture settlement pattern and population, dans : Hammond, N. (Ed.), *Social Process in Maya Prehistory*. Academic Press, New York, pp. 421–448.

HENRY, A.,

2011. *Paléoenvironnements et gestion du bois de feu au Mésolithique dans le sud-ouest de la France : anthracologie, ethno-archéologie et expérimentation*. Thèse de doctorat, Université Nice-Sophia Antipolis.

HENRY, A., THERY-PARISOT, I.,

2014. From Evenk campfires to prehistoric hearths: charcoal analysis as a tool for identifying the use of rotten wood as fuel. *Journal of Archaeological Science* 52, 321–336.

HERNÁNDEZ, B., LE MEUR, C., COTOM-NIMATUJ, J., VELIZ, W.,

2012. Operación II.3b: Sondeos estratigráficos en el Complejo Sur, dans : Nondédéo, P., Michelet, D., Sion, J., Morales-Aguilar, C. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la secunda temporada de campo 2011*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 136–143.

HIGHTOWER, J.N., BUTTERFIELD, C.A., WEISHAMPEL, J.F.,

2014. Quantifying ancient Maya land use legacy effects on contemporary rainforest canopy structure. *Remote Sensing* 6, 10716–10732.

HIQUET, J.,

2014. Operación II.2 Bis: Sondeos estratigráficos en busca de ocupaciones del Clásico Temprano en la Periferia Sur de Naachtun, dans : Nondédéo, P., Morales-Aguilar, C., Sion, J., Michelet, D., Andrieu, C. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la cuarta temporada de campo 2013*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 73–136.

HIQUET, J., GONZÁLEZ, G., CANO, M.A.,

2014. Operación II.2 Bis: Sondeos estratigráficos en busca de ocupaciones del Clásico Temprano en la Periferia Sur de Naachtun, dans : Nondédéo, P., Hiquet, J., Michelet, D., Sion, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la quinta temporada de campo 2014*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 57–128.

HIQUET, J., LEMONNIER, E., COTOM-NIMATUJ, J.,

2016. Time and space in Naachtun: Studying the chronological sequence, settlement and land use patterns. dans : *Reconstructing resources availability, management and use at Naachtun (Guatemala), a regional Maya center of the Classic period*, Dussol, L., Purdue, L. (coord.). Symposium du 81st SAA meeting, Orlando, 5-10 avril 2016.

HODELL, D.A.,

2001. Solar forcing of drought frequency in the Maya Lowlands. *Science* 292, 1367–1370.

HODELL, D.A., CURTIS, J.H., BRENNER, M.,

1995. Possible role of climate in the collapse of Classic Maya civilization. *Nature* 375, 391–394.

HÖHN, A., EICHHORN, B.,

2015. Ecological interpretation of African rainforest charcoal - Is it feasible? *6th International Anthracological Meeting*, Université de Fribourg, Allemagne, 30 août - 6 septembre 2015.

HÖHN, A., NEUMANN, K.,

2012. Shifting cultivation and the development of a cultural landscape during the Iron Age (0–1500 AD) in the northern Sahel of Burkina Faso, West Africa: insights from archaeological charcoal. *Quaternary International* 249, 72–83.

HOUSTON, S.D., TAUBE, K., LUZZADDER-BEACH, S., BEACH, T.,

2017. Bamboo – A neglected Maya material? *Maya Decipherment* [En ligne]. Disponible sur : <https://decipherment.wordpress.com/2017/07/12/bamboo-a-neglected-maya-material/>

IBARRA-MANRÍQUEZ, G., VILLASEÑOR, J.J., DURÁN, R., MEAVE, J.,

2002. Biogeographical analysis of the tree flora of the Yucatan Peninsula. *Journal of Biogeography* 29, 17–29.

IGLESIAS PONCE DE LEÓN, M.J.,

2003. Contenedores de cuerpos, cenizas y almas: el uso de urnas funerarias en la cultura Maya, dans : Ruíz, A.C., Ruz, M.H., Iglesias Ponce de León, M.J. (Eds.), *Antropología de la eternidad: la muerte en la cultura maya*. UNAM, Mexico, D.F., pp. 209–254.

INOMATA, T., TRIADAN, D. (EDS.),

2014. *Life and politics at the royal court of Aguateca: artifacts, analytical data, and synthesis.* University of Utah Press, Salt Lake City.

INSIDEWOOD,

2004-onward [En ligne]. Disponible sur : <http://insidewood.lib.ncsu.edu/search>.

ISLEBE, G.A., SANCHEZ-SANCHEZ, O., VALDEZ-HERNANDEZ, M., WEISSENBERG, H.,

2015 Distribution of vegetation types, dans : Islebe, G.A., Calmé, S., León-Cortés, J.L., Schmook, B. (Eds), *Biodiversity and conservation of the Yucatan Peninsula*. Springer, New York, pp. 39–52.

ISLEBE, G.A., HOOGHIEMSTRA, H., BRENNER, M., CURTIS, J.H., HODELL, D.A.,

1996. A Holocene vegetation history from lowland Guatemala. *The Holocene* 6, 265–271.

JACOB, J.S., HALLMARK, C.T.,

1996. Holocene stratigraphy of Cobweb Swamp, a Maya wetland in North Belize. *Geological Society of America Bulletin* 108, 883–891.

JACQUAT, C., BOUCHAUD, C.,

2017. Landscape use and fruit cultivation in Petra (Jordan) from early Nabataean to Byzantine times (2nd century BC - 5th century AD). *Vegetation History and Archaeobotany* 26, 223–244.

JACQUIOT, C.,

1955. *Atlas d'anatomie des bois des conifères*. Centre technique du bois et de l'ameublement, Paris.

JANSEN, S., ROBBRECHT, E., BEECKMAN, H., SMETS, E.,

2002. A survey of the systematic wood anatomy of the Rubiaceae. *IAWA Journal* 23, 1–67.

JANSEN-JACOBS, M.J.,

2009. *Flora of the Guianas. Series A, Phanerogams. Fascile 28. Leguminosae subfamily 87. Mimosoideae, including wood and timber*. Royal Botanic Gardens, Kew.

JAROSZ, N.,

2003. *Etude de la dispersion atmosphérique du pollen de maïs contribution à la maîtrise des risques de pollinisation croisée*. Thèse de doctorat, Institut National Agronomique Paris-Grignon.

JIMENEZ-OSORNIO, J.J.,

2003. The school of ecological agriculture: a viable liaison between campesinos and researchers in the Yucatan Peninsula, dans : Gómez-Pompa, A., Allen, M.F., Fedick, S.L., Jiménez-Osornio, J.J. (Eds.), *The Lowland Maya area: three millennia at the human-wildland interface*. Food Products Press, New York.

JOHNSON, W.C.,

1980. Dendrochronological sampling of *Pinus oocarpa* Shiede near Copan, Honduras: a preliminary note. *Biotropica* 12, 315–316.

JONES, G.,

1991. Numerical analysis in archaeobotany, dans : Van Zeist, W., Wasilikowa, K., Behre (Eds.), *Progress in Old World palaeoethnobotany*. Balkema, Rotterdam, pp. 63–80.

JONES, J.G.,

1994. Pollen evidence for early settlement and agriculture in northern Belize. *Palynology* 18, 205–211.

KABUKCU, C.,

Sous presse. Identification of woodland management practices and tree growth conditions in archaeological fuel waste remains: a case study from the site of Çatalhöyük in central Anatolia, Turkey. *Quaternary International*.

KENNETT, D.J., BREITENBACH, S.F.M., AQUINO, V.V., ASMEROM, Y., AWE, J., BALDINI, J.U.L., BARTLEIN, P., CULLETON, B.J., EBERT, C., JAZWA, C., MACRI, M.J., MARWAN, N., POLYAK, V., PRUFER, K.M., RIDLEY, H.E., SODEMANN, H., WINTERHALDER, B., HAUG, G.H.,

2012. Development and disintegration of Maya political systems in response to climate change. *Science* 338, 788–791.

KOEK-NOONNAN, J., TOPPER, S.M.C., WELLE, B.J.H. TER,

1984a. The systematic wood anatomy of the Moraceae (Urticales) I. Tribe Castilleae. *IAWA Journal* 5, 183–195.

1984b. The systematic wood anatomy of the Moraceae (Urticales) II. Tribe Dorstenieae. *IAWA Journal* 5, 317–329.

1984c. The systematic wood anatomy of the Moraceae (Urticales) III. Tribe Ficeae. *IAWA Journal* 5, 330–334.

KRAMER, C.,

1996. Ethnoarchaeology, dans : Levinson, D., Ember, M. (Eds.), *Encyclopedia of cultural anthropology*. Henry Holt and Co, New York, pp. 396–399.

KUKACHKA, B.F.,

1982. *Wood anatomy of the neotropical Sapotaceae. XXXI. Pouteria*. Forest Products Laboratory, Madison.

1981. *Wood anatomy of the neotropical Sapotaceae. XX. Manilkara*. Forest Products Laboratory, Madison.

1978a. *Wood anatomy of the neotropical Sapotaceae. VII. Chrysophyllum.* Forest Products Laboratory, Madison.

1978b. *Wood anatomy of the neotropical Sapotaceae. III. Dipholis.* Forest Products Laboratory, Madison.

KUNEN, J.L., GALINDO, M.J., CHASE, E.,

2002. Pits and bones: Identifying Maya ritual behavior in the archaeological record. *Ancient Mesoamerica* 13, 197–211.

LAMBERT, J.D.H., ARNASON, J.T.,

1982. Ramon and Mavan ruins: an ecological, not an economic, relation. *Science* 216, 298–299.

LAMOUREUX-ST-HILAIRE, M.,

2011. *The last inhabitants of Minanha, Belize: examining the differential abandonment of an ancient Maya community*. Mémoire de Master, Trent University, Peterborough.

LAMOUREUX-ST-HILAIRE, M., MACRAE, S., MCCANE, C.A., PARKER, E.A., IANNONE, G.,

2015. The last groups standing: living abandonment at the ancient Maya center of Minanha, Belize. *Latin American Antiquity* 26, 550–569.

LANCELOTTI, C., MADELLA, M., AJITHPRASAD, P., PETRIE, C.A.,

2010. Temperature, compression and fragmentation: an experimental analysis to assess the impact of taphonomic processes on charcoal preservation. *Archaeological and Anthropological Science* 2, 307–320.

LEMONNIER, E.,

2016. Operación IV.7 bis: Agricultura y subsistencia, dans : Nondédéo, P., Michelet, D., Hiquet, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: informe de la séptima temporada de campo 2016*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 419–424.

LEMONNIER, E., COTOM-NIMATUJ, J., HIQUET, J.,

2014. La periferia sur de Naachtun: patrón de asentamiento y secuencia de ocupación en una extensa zona residencial, dans : Arroyo, B., Mendez Salinas, L., Rojas, A. (Eds.), *XXVII Simposio de investigaciones arqueológicas en Guatemala*. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Asociación Tikal, Guatemala, pp. 921–934.

LEMONNIER, E., VANNIÈRE, B.,

2013. Agrarian features, farmsteads, and homesteads in the Río Bec nuclear zone, Mexico. *Ancient Mesoamerica* 24, 397–413.

LENS, F., ENDRESS, M.E., BAAS, P., JANSEN, S., SMETS, E.,

2008. Wood anatomy of Rauvolfioideae (Apocynaceae): a search for meaningful non-DNA characters at the tribal level. *American Journal of Botany* 95, 1199–1215.

LENTZ, D.L.,

1999. Plant resources of the ancient Maya: the paleoethnobotanical evidence, dans : White, C.D. (Ed.), *Reconstructing ancient Maya diet*. University of Utah Press, Salt Lake City, pp. 7–18.

1991. Maya diets of the rich and poor: paleoethnobotanical evidence from Copan. *Latin American Antiquity* 2, 269–287.

1989. Botanical remains from the El Cajón area: insights into a prehistoric dietary pattern, dans : Hirth, K., Pinto, G.L., George, H. (Eds.), *Archaeological research in the El Cajón region, 1: prehistoric cultural ecology*. University of Pittsburg Memoirs in Latin American Archeaology, pp. 187–206.

LENTZ, D.L., BEAUDRY-CORBETT, M.P., REYNA DE AGUILAR, M.L., KAPLAN, L.,

1996a. Foodstuffs, forests, fields and shelter: a paleoethnobotanical analysis of vessel contents from the Cerén site, El Salvador. *Latin American Antiquity* 7, 274–262.

LENTZ, D.L., DICKAU, R.,

2005. *Seeds of Central America and southern Mexico: the economic species.* New York Botanical Garden, New York.

LENTZ, D.L., DUNNING, N.P., SCARBOROUGH, V.L., MAGEE, K.S., THOMPSON, K.M., WEAVER, E., CARR, C., TERRY, R.E., ISLEBE, G., TANKERSLEY, K.B., GRAZIOSO SIERRA, L., JONES, J.G., BUTTLES, P., VALDEZ, F., RAMOS HERNANDEZ, C.E.,

2014a. Forests, fields, and the edge of sustainability at the ancient Maya city of Tikal. *PNAS* 111, 18513–18518.

LENTZ, D.L., GRAHAM, E., VINAJA, X., SLOTTEN, V., JAIN, R.,

2016. Agroforestry and ritual at the ancient Maya center of Lamanai. *Journal of Archaeological Science: Reports* 8, 284–294.

LENTZ, D.L., HOCKADAY, B.,

2009. Tikal timbers and temples: ancient Maya agroforestry and the end of time. *Journal of Archaeological Science* 37, 1342–1353.

LENTZ, D.L., LANE, B., THOMPSON, K.M.,

2014b. Food, farming, and forest management at Aguateca, dans : Inomata, T., Triadan, D. (Eds.), *Life and politics at the royal court of Aguateca: artifacts, analytical data, and synthesis*. University of Utah Press, Salt Lake City, pp. 201–215.

LENTZ, D.L., MAGEE, K., WEAVER, E., JONES, J.G., TANKERSLEY, K.B., HOOD, A., ISLEBE, G., RAMOS HERNANDEZ, C.E., DUNNING, N.P.,

2015. Agroforestry and agricultural practices of the ancient Maya at Tikal, dans : Lentz, D.L., Dunning, N.P., Scarborough, V.L. (Eds.), *Tikal: paleoecology of an ancient Maya city*. Cambridge University Press, New York, pp. 152–185.

LENTZ, D.L., RAMÍREZ, C.R., GRISCOM, B.W.,

1997. Formative period subsistence and forest product extraction at the Yarumela site, Honduras. *Ancient Mesoamerica* 8, 63–74.

LENTZ, D.L., REYNA DE AGUILAR, M.L., VILLACORTA, R., MARINI, H.,

1996b. *Trachypogon plumosus* (Poaceae, Andropogoneae): ancient thatch and more from the Ceren site, El Salvador. *Economic Botany* 50, 108–114.

LENTZ, D.L., WOODS, S., HOOD, A., MURPH, M.,

2012. Agroforestry and agricultural production of the ancient Maya at Chan, dans : Robin, C. (Ed.), *Chan: an ancient Maya farming community*. University Press of Florida, Gainesville, pp. 89–109.

LENTZ, D.L., YAEGER, J., ROBIN, C., ASHMORE, W.,

2005. Pine, prestige and politics of the Late Classic Maya at Xunantunich, Belize. *Antiquity* 79, 573–585.

LEWENSTEIN, S.M.,

1987. *Stone tool use at Cerros: the ethnoarchaeological and use-wear evidence*. University of Texas Press, Austin.

LEYDEN, B.W.,

1984. Guatemalan forest synthesis after Pleistocene aridity. *PNAS* 81, 4856–4859.

LOHSE, J.C.,

2010. Archaic origins of the Lowland Maya. *Latin American Antiquity* 21, 312–352.

LÓPEZ LUJÁN, L., TORRES, J., MONTÚFAR LÓPEZ, A.,

2003. Tierra, piedra y madera para el Templo Mayor de Tenochtitlan. *Arqueologia Mexicana* 11, 70–75.

LOPINOT, N.H.,

1985. *Archaeobotanical formation processes and the Late Middle Archaic human-plant interrelationships in the midcontinental USA*. Thèse de doctorat, Southern Illinois University, Carbondale.

LOREAU, P.,

1994. *Du bois au charbon de bois: approche expérimentale de la combustion*. Mémoire de Master, Université de Montpellier II.

LUNDELL, C.L.,

1942. *Flora of eastern Tabasco and adjacent Mexican areas*. University of Michigan Press, Ann Arbor.

1940. *Botany of the Maya area: miscellaneous papers XIV*. Carnegie Institution of Washington, Washington D.C.

1938. Plants probably utilized by the old empire Maya of Petén and adjacent lowlands. *Paper of the Michigan Academy of Science* 24, 37–56.

1937. *The vegetation of Petén: with an appendix studies of Mexican and Central American plants-I*. Carnegie Institution of Washington, Washington D.C.

1933. Archaeological discoveries in the Maya area. *Proceedings of the American Philosophical Society* 72, 147–179.

LUZZADDER-BEACH, S., BEACH, T., DUNNING, N.P.,

2012. Wetland fields as mirrors of drought and the Maya abandonment. *PNAS* 109, 3646–3651.

LYMAN, R.L., WOLVERTON, S., O'BRIEN, M.J.,

1998. Seriation, superposition, and interdigitation: a history of Americanist graphic depictions of culture change. *American Antiquity* 63, 239–261.

MACKINNON, J.J., MAY, E.M.,

1990. Small-scale Maya lime making in Belize: ancient and modern. *Ancient Mesoamerica* 1, 197–203.

MACNEISH, R.S.,

1986. The preceramic of Middle America, dans : Wendorf, F., Close, A.E. (Eds.), *Advances in world archaeology*. Academic Press, New York, pp. 93–130.

MACNEISH, R.S., NELKEN-TERNER, A.,

1983. The preceramic of Mesoamerica. *Journal of Field Archaeology* 10, 71–84.

MARGUERIE, D., HUNOT, J.-Y.,

2007. Charcoal analysis and dendrology: data from archaeological sites in north-western France. *Journal of Archaeological Science* 34, 1417–1433.

MARSHALL, J.S.,

2007. Geomorphology and physiographic provinces, dans : Bundschuh, J., Alvarado, G.E. (Eds.), *Central America: geology, resources and hazards*. Taylor & Francis, Londres, pp. 75–122.

MARSTON, J.M.,

2015. Ratios and simple statistics in paleoethnobotanical analysis. Data exploring and hypothesis testing, dans : Marston, J.M., d'Alpoim Guedes, J., Warinner, C. (Eds.), *Method and theory in paleoethnobotany*. University Press of Colorado, Boulder, pp. 163–179.

2009. Modeling wood acquisition strategies from archaeological charcoal remains. *Journal of Archaeological Science* 36, 2192–2200.

MARSTON, J.M., HOLDAWAY, S.J., WENDRICH, W.,

Sous presse. Early- and middle-Holocene wood exploitation in the Fayum basin, Egypt. *The Holocene*.

MARSTON, J.M., WARINNER, C., D'ALPOIM GUEDES, J.,

2015. Paleoethnobotanical method and theory in the twenty-first century, dans : Marston, J.M., d'Alpoim Guedes, J., Warinner, C. (Eds.), *Method and theory in paleoethnobotany*. University Press of Colorado, Boulder, pp. 1–15.

MARTIN, S.,

2006. Cacao in Ancient Maya Religion: first fruit from the maize tree and other tales from the underworld, dans : McNeil, C.L. (Ed.), *Chocolate in Mesoamerica: a cultural history of cacao*. University Press of Florida, Gainesville, pp. 155–183.

MARTÍNEZ, E., GALINDO LEAL, C.,

2002. La vegetación de Calakmul, Campeche, México: clasificación, descripción y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 71, 7–32.

MARTÍNEZ, E., SOUSA SÁNCHEZ, M., RAMOS ALVAREZ, C.H.,

2001. *Listados florísticos de México. XXII Región de Calakmul, Campeche*. UNAM, Mexico, D.F.

MARTÍNEZ-RAMOS, M., GARCÍA-ORTH, X.,

2007. Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 80, 69–84.

MCANANY, P.A.,

1998. Ancestors and the Classic Maya built environment, dans : Houston, S.D. (Ed.), *Function and meaning in Classic Maya architecture*. Dumbarton Oaks Research Library and Collection, Washington, D.C, pp. 271–298.

MCCLUNG DE TAPIA, E.,

1985. Investigaciones arqueobotánicas en Mesoamérica y Centroamérica. *Anales de Antropología* 22, 133–157.

MCCRARY, J.K., WALSH, B., HAMMETT, A.L.,

2005. Species, sources, seasonality, and sustainability of fuelwood commercialization in Masaya, Nicaragua. *Forest Ecology and Management* 205, 299–309.

MCGEE, R.J.,

1998. The Lacandon incense burner renewal ceremony: termination and dedication ritual among the contemporary Maya, dans : Mock, S.B. (Ed.), *The sowing and the dawning: termination, dedication, and transformation in the archaeological and ethnographic record of Mesoamerica*. University of New Mexico Press, Albuquerque, pp. 41–46.

1990. *Life, ritual, and religion among the Lacandon Maya*. Wadsworth Pub. Co., Belmont.

MCKILLOP, H.,

1994. Ancient Maya Tree Cropping. *Ancient Mesoamerica* 5, 129–140.

2005. Finds in Belize document Late Classic Maya salt making and canoe transport. *PNAS* 102, 5630–5634.

MCNATT, L.,

1996. Cave archaeology of Belize. *Journal of Cave and Karst Studies* 58, 81–99.

MCNEIL, C.L.,

2012. Deforestation, agroforestry, and sustainable land management practices among the Classic period Maya. *Quaternary International* 249, 19–30.

MCNEIL, C.L.,

2006. *Maya interactions with the natural world: landscape transformation and ritual plant use at Copan, Honduras*. Thèse de doctorat, City University of New York.

MCNEIL, C.L., BURNEY, D.A., BURNEY, L.P.,

2010. Evidence disputing deforestation as the cause for the collapse of the ancient Maya polity of Copan, Honduras. *PNAS* 107, 1017–1022.

MCPARLAND, L.C., COLLINSON, M.E., SCOTT, A.C., CAMPBELL, G., VEAL, R.,

2010. Is vitrification in charcoal a result of high temperature burning of wood? *Journal of Archaeological Science* 37, 2679–2687.

MEDINA-ELIZALDE, M., BURNS, S.J., POLANCO-MARTÍNEZ, J.M., BEACH, T., LASES-HERNÁNDEZ, F., SHEN, C.-C., WANG, H.-C.,

2016. High-resolution speleothem record of precipitation from the Yucatan Peninsula spanning the Maya Preclassic Period. *Global and Planetary Change* 138, 93–102.

MENNEGA, A.M.W.,

2005. Wood anatomy of the subfamily Euphorbioideae. A comparison with subfamilies Crotonoideae and Acalyphoideae and the implications for the circumscription of the Euphorbiaceae. *IAWA Journal 26*, 1–68.

METCALFE, C.R., CHALK, L.,

1957. *Anatomy of the dicotyledons: leaves, stem, and wood in relation to taxonomy, with notes on economic uses*. Clarendon Press, Oxford.

METZGER, D.G., WILLIAMS, G.E.,

1966. Some Procedures and Results in the Study of Native Categories: Tzeltal "Firewood." *American Anthropologist* 68, 389–407.

MICHELET, D.,

2016. Operación V.1: El Complejo Tríadico, dans : Nondédéo, P., Michelet, D., Hiquet, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: informe de la sexta temporada de campo 2015*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 481–490.

MICHELET, D., NONDÉDÉO, P.,

2012. Operación III.1: Los edificios 6O3, 6O4, 6O5 y la Plaza Río Bec, dans : Nondédéo, P., Michelet, D., Sion, J., Morales-Aguilar, C. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la secunda temporada de campo 2011*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 145–166.

MICHELET, D., MORALES-AGUILAR, C., SION, J., NONDEDEO, P. (EDS.),

2013a. *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la tercera temporada de campo 2012*. CNRS-CEMCA, Guatemala.

MICHELET, D., NONDÉDÉO, P., PATROIS, J., GILLOT, C., GÓMEZ, E.G.,

2013b. Structure 5N2 ("Group A"): A Río Bec paradigmatic palace? *Ancient Mesoamerica* 24, 415–431.

MICHELET, D., NONDEDEO, P., PEREIRA, G., PATROIS, J., ARNAULD, M.-C., LACADENA, A.,

2010. Rituales en una sociedad 'sin' reyes: El caso de Río Bec y del Edificio A (5N2) en particular, dans : Cuidad Ruiz, A., Iglesias Ponce de León, M.J., Sorroche Cuerva, M. (Eds.), *El ritual en el mundo Maya: de lo privado a lo público*. Sociedad Española de Estudios Mayas, Madrid, pp. 153–180.

MIKSICEK, C.H.,

1991. The economy and ecology of Cuello, dans : Hammond, N. (Ed.), *Cuello, an early Maya community in Belize*. Harvard University Press, Cambridge, pp. 70–84.

MIKSICEK, C.H.,

1988. Man and environment at Cihuatán, dans : Kelly, J.H., (Ed.), *Cihuatán, El Salvador: a study in intrasite variability*. Vanderbilt University Press, Nashville, pp. 149–155.

1987. Formation processes of the archaeobotanical record. *Advances in Archaeological Method and Theory* 10, 211–247.

1986. Paleobotanical identifications, dans : Demarest, A.A. (Ed.), *The archaeology of Santa Leticia and the rise of Maya civilization*. Tulane University, New Orleans, pp. 199–200.

1983. Macrofloral remains of the Pulltrouser area: settlements and fields, dans : Turner, B.L., Harrison, P.D. (Eds.), *Pulltrouser Swamp: ancient Maya habitat, agriculture and settlement in northern Belize*. University of Texas Press, Austin, pp. 94–104.

MIKSICEK, C.H., BIRD, R.M., PICKERSGILL, B., DONAGHEY, S., CARTWRIGHT, J., HAMMOND, N.,

1981a. Preclassic lowland maize from Cuello, Belize. *Nature* 289, 56–59.

MIKSICEK, C.H., ELSESSER, K.J., WUEBBER, I.A., BRUHNS, K.O., HAMMOND, N.,

1981b. Rethinking ramon: a comment on Reina and Hill's Lowland Maya subsistence. *American Antiquity* 46, 916–919.

MILLER, N.F.,

2014. Vegetation proxy data and climate reconstruction: examples from West Asia, dans : Madella, M., Lancelotti, C., Savard, M. (Eds.), *Ancient plants and people. Contemporary trends in archaeobotany*. University of Arizona Press, Tuscon, pp. 120–134.

2010. *Botanical aspects of environment and economy at Gordion, Turkey*. University of Pennsylvania Press, Philadelphia.

1999. Seeds, charcoal and archaeological context: interpreting ancient environment and patterns of land use. *TÜBA-AR* 2, 15–27.

1988. Ratios in paleoethnobotanical analysis, dans : Hastorf, C.A., Popper, V.S. (Eds.), *Current paleoethnobotany: analytical methods and cultural interpretations of archaeological plant Remains*. University of Chicago Press, Chicago, pp. 72–85.

1985. Paleoethnobotanical evidence for deforestation in ancient Iran: a case study of urban Malyan. *Journal of Ethnobiology* 5, 1–21.

MINNIS, P. (ED.),

2003. *People and plants in ancient eastern North America*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

MIRANDA, F.,

1958. Estudios acerca de la vegetación de Yucatán, dans : Beltrán, E. (Ed.), *Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento*. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, Mexico, pp. 215–271.

MIRANDA, F., HERNÁNDEZ-X, E.,

1963. Tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la sociedad botánica de México* 28, 29–179.

MITCHELL, J.D., WELLE, B.J.H. TER, DÉTIENNE, P., TERRAZAS SALGADO, T., JANSEN-JACOBS, M.J., GÖRTS-VAN RIJN, A.R.A.,

1997. *Flora of the Guianas. Series A, Phanerogmas. Fascile 19. 129. Anaracdiaceae, including wood and timber*. Royal Botanic Gardens, Kew.

MOCK, S.B. (ED.),

1998. *The sowing and the dawning: termination, dedication, and transformation in the archaeological and ethnographic record of Mesoamerica*. University of New Mexico Press, Albuquerque.

MONTÚFAR LÓPEZ, A.,

2007. *Los copales mexicanos y la resina sagrada del Templo Mayor de Tenochtitlan*. INAH, Mexico.

MOREHART, C., BUTLER, N.,

2010. Ritual exchange and the fourth obligation: ancient Maya food offering and the flexible materiality of ritual. *Journal of the Royal Anthropological Institute* 16, 588–608.

MOREHART, C.T.,

2011. *Food, fire and fragrance: a paleoethnobotanical perspective on Classic Maya cave rituals.* British Archaeological Reports, Oxford.

MOREHART, C.T.,

2002. *Ancient Maya ritual cave utilization: a paleobotanical perspective*. Mémoire de Master, Florida State University, Tallahassee.

2001. Paleoethnobotanical investigations in sevencaves in the Roaring Creek, Barton Creek, and Macal River valleys of western Belize: goals, methods, and preliminary results, dans : Awe, J. (Ed.), *The Western Belize Regional Cave Project: Progress Report of the 2000 Field Season.* University of New Hampshire, Durham.

MOREHART, C.T., AWE, J.J., MIRRO, M.J., OWEN, V.A., HELMKE, C.G.B.,

2004. Ancient textile remains from Barton Creek Cave, Cayo District, Belize. *Mexicon* 26, 50–56.

MOREHART, C.T., HELMKE, C.G.B.,

2008. Situating power and locating knowledge: a paleoethnobotanical perspective on Late Classic Maya gender and social relations. *Archeological Papers of the American Anthropological Association* 18, 60–75.

MOREHART, C.T., LENTZ, D.L., PRUFER, K.M.,

2005. Wood of the gods: the ritual use of pine (*Pinus spp.*) by the ancient Lowland Maya. *Latin American Antiquity* 16, 255–274.

MOREHART, C.T., MORELL-HART, S.,

2013. Beyond the Ecofact: toward a social paleoethnobotany in Mesoamerica. *Journal of Archaeological Method and Theory* 22, 483–511.

MOREHART, C.T., PEÑALOZA, A.M., SÁNCHEZ, C.S., DE TAPIA, E.M., MORALES, E.I.,

2012. Human sacrifice during the Epiclassic period in the northern basin of Mexico. *Latin American Antiquity* 23, 426–448.

MORELL-HART, S.,

2015. Paleoethnobotanical analysis, post-processing, dans : Marston, J.M., d'Alpoim Guedes, J., Warinner, C. (Eds.), *Method and theory in paleoethnobotany*. University Press of Colorado, Boulder, pp. 371–390.

MORELL-HART, S., JOYCE, R.A., HENDERSON, J.S.,

2014. Multi-proxy analysis of plant use at Formative period Los Naranjos, Honduras. *Latin American Antiquity* 25, 65–81.

MORLEY, S.G.,

1937. *The Inscriptions of Peten*. Carnegie Institution of Washington, Washington D.C.

MOSKAL-DEL HOYO, M.,

2012. The use of wood in funerary pyres: random gathering or special selection of species? Case study of three necropolises from Poland. *Journal of Archaeological Science* 39, 3386–3395.

MOTAMAYOR, J.C., RISTERUCCI, A.M., LOPEZ, P.A., ORTIZ, C.F., MORENO, A., LANAUD, C.,

2002. Cacao domestication I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity* 89, 380–386.

MOUTARDE, F.,

2006. *L'évolution du couvert ligneux et de son exploitation par l'homme dans la vallée de Lurín (côte centrale du Pérou), de l'Horizon Ancien (900-100 av. JC) à l'Horizon Tardif (1460-1532 apr. J.-C.). Approche anthracologique*. Thèse de doctorat, Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

MOYA, R., TOMAZELLO, M.,

2008. Variation in the wood anatomical structure of *Gmelina arborea* (Verbenaceae) trees at different ecological conditions in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 56, 689–704.

MUELLER, A.D., ISLEBE, G.A., ANSELMETTI, F.S., ARIZTEGUI, D., BRENNER, M., HODELL, D.A., HAJDAS, I., HAMANN, Y., HAUG, G.H., KENNETT, D.J.,

2010. Recovery of the forest ecosystem in the tropical lowlands of northern Guatemala after disintegration of Classic Maya polities. *Geology* 38, 523–526.

MUELLER, A.D., ISLEBE, G.A., HILLESHEIM, M.B., GRZESIK, D.A., ANSELMETTI, F.S., ARIZTEGUI, D., BRENNER, M., CURTIS, J.H., HODELL, D.A., VENZ, K.A.,

2009. Climate drying and associated forest decline in the lowlands of northern Guatemala during the late Holocene. *Quaternary Research* 71, 133–141.

NATIONS, J.D.,

2006. *The Maya tropical forest: people, parks, and ancient cities*. University of Texas Press, Austin.

NATIONS, J.D., NIGH, R.B.,

1980. The evolutionary potential of Lacandon Maya sustained-yield tropical forest agriculture. *Journal of Anthropological Research* 36, 1–30.

NATIONS, J.D., PRIMACK, R.B., BRAY, D.,

1998. Introduction: the Maya forest, dans : Primack, R.B., Bray, D., Galletti, H.A., Ponciano, I. (Eds.), *Timber, tourists, and temples: conservation and development in the Maya forest of Belize, Guatemala and Mexico*. Island Press, Washington D.C., pp. xiii–xx.

NELLE, O., ROBIN, V., TALON, B.,

2013. Pedoanthracology: Analysing soil charcoal to study Holocene palaeoenvironments. *Quaternary International* 289, 1–4.

NEUMANN, K.,

1999. Charcoal from West African savanna sites: Questions of identification and interpretation, dans : van der Veen, M. (Ed.), *The exploitation of plant resources in ancient Africa*. Kluwer Acadernic, New York, pp. 205–219.

NEWMAN, S.,

2015. *Rethinking refuse: A history of Maya trash*. Thèse de doctorat,. Brown University, Providence.

NIGH, R.B.,

2008. Trees, fire, and farmers: making woods and soil in the maya forest. *Journal of Ethnobiology* 28, 231–243.

NIGH, R.B., DIEMONT, S.A.,

2013. The Maya milpa: fire and the legacy of living soil. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11, e45–e54.

NOCUS, N.,

2015. *Forêts et Sociétés aux étages planitiaires et collinéens du Néolithique au haut Moyen Âge : Approche dendro-anthracologique*. Thèse de doctorat, MNHN, Paris.

NONDEDEO, P.,

2014a. Operación III.3: Excavaciones en el Complejo Amurallado, dans : Nondédéo, P., Hiquet, J., Michelet, D., Sion, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la quinta temporada de campo 2014*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 355–370.

2014b. Operación III.2a: Excavaciones en el palacio XXV, dans : Nondédéo, P., Morales-Aguilar, C., Sion, J., Michelet, D., Andrieu, C. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la cuarta temporada de campo 2013*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 319–334.

NONDÉDÉO, P.,

2012. Operación III.2a: La Plaza Este y el palacio XXV, dans : Nondédéo, P., Michelet, D., Sion, J., Morales-Aguilar, C. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la secunda temporada de campo 2011*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 168–171.

NONDEDEO, P., CASTANET, C., PURDUE, L., LEMONNIER, E., MICHELET, D.,

2016a. Introduction to Naachtun research: archaeological and paleoenvironemental issues, dans : *Reconstructing resources availability, management and use at Naachtun (Guatemala), a regional Maya center of the Classic period*, Dussol, L., Purdue, L. (coord.). Symposium du 81st SAA meeting, Orlando, 5-10 avril 2016.

NONDÉDÉO, P., GARRIDO, L., LEMONNIER, E., COTOM-NIMATUJ, J., PURDUE, L., TESTÉ, M., GARNIER, A., CASTANET, C., MICHELET, D., BEGEL, J., LACOMME, H., HIQUET, J., ZECEÑA, I., PERLA, D., GOUDIABY, H., SION, J., DÍAZ, A., ESTRADA, P., QUIÑONEZ, J., PATROIS, J., ANDRIEU, C., COLIN, M., COTOM, E.,

2016b. La Temporada de Campo 2016 del Proyecto Petén-Norte Naachtun (2015-2018), dans : Arroyo, B., Mendez Salinas, L. (Eds.), *XXX Simposio de investigaciones arqueológicas en Guatemala, 18-22 de Julio de 2016*. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Asociación Tikal, Guatemala.

NONDÉDÉO, P., MICHELET, D., HIQUET, J., GARRIDO, L. (EDS.),

2016c. *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: informe de la sexta temporada de campo 2015*. CNRS-CEMCA, Guatemala.

2016d. *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: informe de la séptima temporada de campo 2016*. CNRS-CEMCA, Guatemala.

NONDÉDÉO, P., PATIÑO, A., LACADENA, A., CASES, I., HIQUET, J., MICHELET, D., ANDRIEU, C., GARRIDO, L.,

2016e. El papel de Teotihuacán en la formación de una capital regional maya: el caso de Naachtun, Peten, dans : Arroyo, B., Mendez Salinas, L., Ajú, G. (Eds.), *XXIX Simposio de investigaciones arqueológicas en Guatemala, 20-24 de Julio de 2015*. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Asociación Tikal, Guatemala, pp. 65–80.

NONDEDEO, P., SION, J., LACADENA, A., CASES, I., HIQUET, J., MICHELET, D., ANDRIEU, C., PATROIS, J.,

2016f. El final de la realza en Naachtun: reflexiones acerca de una situación política cambiante en el Clásico Terminal, dans : Arroyo, B., Mendez Salinas, L. (Eds.), *XXX Simposio de investigaciones arqueológicas en Guatemala, 18-22 de Julio de 2016*. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Asociación Tikal, Guatemala.

NONDÉDÉO, P., GARRIDO, L., PATIÑO, A., LACADENA, A., CASES, I., LEMONNIER, E., MICHELET, D., HIQUET, J., ANDRIEU, C., MORALES-AGUILAR, C., COTOM-NIMATUJ, J., PURDUE, L., PERLA, D., GOUDIABY, H., GONZÁLEZ, G., GILLOT, C., DÍAZ, A., QUIÑONEZ, J., BARRIENTOS, I., SION, J., DUSSOL, L., COLIN, M.,

2015. Una mirada hacia Naachtun después de cinco años de investigación (2010-2014), dans : Arroyo, B., Mendez Salinas, L. (Eds.), *XXVIII Simposio de investigaciones arqueológicas en Guatemala, 14-18 de Julio de 2014*. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Asociación Tikal, Guatemala, pp. 115–123.

NONDEDEO, P., HIQUET, J., MICHELET, D., SION, J., GARRIDO, L. (EDS.),

2014a. *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la quinta temporada de campo 2014*. CNRS-CEMCA, Guatemala.

NONDÉDÉO, P., MORALES-AGUILAR, C., SION, J., MICHELET, D., ANDRIEU, C. (EDS.),

2014b. *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la cuarta temporada de campo 2013*. CNRS-CEMCA, Guatemala.

NONDÉDÉO, P., MICHELET, D. (EDS.),

2011. *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la primera temporada de campo 2010*. CNRS-CEMCA, Guatemala.

NONDÉDÉO, P., MICHELET, D., SION, J., MORALES-AGUILAR, C. (EDS.),

2012. *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la secunda temporada de campo 2011*. CNRS-CEMCA, Guatemala.

NONDÉDÉO, P., PATIÑO, A., SION, J., MICHELET, D., MORALES-AGUILAR, C.,

2013. Crisis múltiples en Naachtun: aprovechadas, superadas e irreversibles, dans : Arnauld, M.-C., Breton, A. (Eds.), Millenary Maya societies: past crisis and resilience [En ligne], pp. 122–147. Disponible sur : <www.mesoweb.com/publications/MMS>.

OLDEMAN, R.A.A.,

1983. Tropical rain forest architecture, sylvigenesis and diversity, dans : Sutton, S.L., Whitmore, T.C., Chadwick, A.C. (Eds.), *Tropical rain forest: ecology and management.* Blackwell, Oxford, pp. 139–150.

PAGLIARO, J.B., GARBER, STANTON, T.,

2003. Reevaluating the archaeological signatures of Maya ritual and conflict, dans : Brown, M.K., Stanton, T.W. (Eds.), *Ancient Mesoamerican warfare*. Altamira Press, Walnut Creek, pp. 75–89.

PARADIS, S.,

2012. *Etudier les ‹forêts métallurgiques » : analyses dendro -anthracologiques et approches géohistoriques. Exemples des forêts du mont Lozère et du Périgord-Limousin*. Thèse de doctorat, Université de Limoge.

PARADIS, S., DUFRAISSE, A., ALLEE, P.,

2013. Wood radius curvature measurements and wood diameter: comparison of different image analysis techniques, dans : Damblon, F. (Ed.), *Proceedings of the Fourth International Meeting of Anthracology, Brussels, September 8th-13th, 2008, Royal Belgian Institute of Natural Sciences*. British Archaeological Report, Oxford, pp. 173–182.

PARADIS-GRENOUILLET, S., ALLÉE, P., VIVES, G.S., PLOQUIN, A.,

2015. Sustainable management of metallurgical forest on Mont Lozère (France) during the Early Middle Ages. *Environmental Archaeology* 20, 168–183.

PATIÑO, A.,

2016a. Cerámica Tzakol e interacción social durante el Clásico Temprano. Una mirada desde Naachtún, Petén, Guatemala. *Estudios de Cultura Maya* 48, 39–70.

PATIÑO, A.,

2016b. Operación IV.1: Análisis cerámico de la temporada 2015, dans : Nondédéo, P., Michelet, D., Hiquet, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018. Informe de la sexta temporada de campo 2015*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 337–350.

2015. Patrones de desarrollo en la cerámica de Naachtún, Petén, Guatemala. *TRACE* 67, 11–38.

2014. Operación IV.1: Análisis cerámico de la Temporada 2014, dans : Nondédéo, P., Hiquet, J., Michelet, D., Sion, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la quinta temporada de campo 2014*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 485–508.

2013. *Pottery, differentiation, integration, politics: ceramic consumption and manufacture in Naachtun during the Preclassic and the Early Classic periods.* Thèse de doctorat, University of Calgary.

PEARSALL, D.M.,

2015. *Paleoethnobotany, third edition: a handbook of procedures*. Routledge, Londres, New York.

PEARSALL, D.M.,

2000. *Paleoethnobotany, a handbook of procedures*. Academic Press, San Diego.

1983. Evaluating the stability of subsistence strategies by use of palaeobotanical data. *Journal of Ethnobiology* 3, 121–137.

1982. Phytolith analysis: applications of a new paleoethnobotanical technique in archaeology. *American Anthropologist* 84, 862–871.

PÉLISSIER, R.,

2010. *Mésoécologie de la diversité des forêts tropicales humides*. HDR, Université de Montpellier II.

PENDERGAST, D.M.,

1998. Intercession with the Gods: caches and their significance at Altun Ha and Lamanai, Belize, dans : Mock, S.B. (Ed.), *The sowing and the dawning: termination, dedication, and transformation in the archaeological and ethnographic record of Mesoamerica*. University of New Mexico Press, Albuquerque, pp. 55–63.

1986. Stability through change: Lamanai, Belize, from the ninth to the seventeenth century, dans : Sabloff, J.A., Andrews, E.W. (Eds.), *Late Lowland Maya civilization: Classic to Postclassic*. University of New Mexico Press, pp. 223–249.

1974. *Excavations at Actun Polbilche, Belize*. Royal Ontario Museum, Toronto.

PENN, MALCOLM G., DAVID A. SUTTON, AND ALEX MONRO

2004 Vegetation of the greater Maya Mountains, Belize. *Systematics and Biodiversity* 2(1): 21–44.

PENNINGTON, T.D., SARUKHÁN, J.,

2005. *Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies.* UNAM : Fondo de Cultura Económica, México, D.F.

PEREIRA, G.,

2013. Ash, dirt, and rock: burial practices at Río Bec. *Ancient Mesoamerica* 24, 449–468.

PERLA, D.,

2016. Operación II.6a: Excavaciones en el Complejo Oeste del Grupo B, Patio 6, Estructuras 5O-51 y 5O-69, dans : Nondédéo, P., Michelet, D., Hiquet, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: informe de la sexta temporada de campo 2015*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 249–282.

PERLA, D.,

2014a. Operación II.6: Excavaciones en el Complejo Oeste del Grupo B, Estructura 5O-51, dans : Nondédéo, P., Hiquet, J., Michelet, D., Sion, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la quinta temporada de campo 2014*. Guatemala, pp. 313–352.

2014b. Operación III.2b: Excavaciones en la Estructura XXV bis de la Plaza Este, dans : Nondédéo, P., Morales-Aguilar, C., Sion, J., Michelet, D., Andrieu, C. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la cuarta temporada de campo 2013*. Guatemala, pp. 335–373.

PERRY, J.P.,

1991. *The pines of Mexico and Central America.* Timber Press, Portland.

PETERS, C.M.,

2000. Precolumbian silviculture and indigenous management of neotropical forests, dans : Lentz, D.L. (Ed.), *Imperfect balance: landscape transformations in the Precolumbian Americas.* Columbia University Press, New York, pp. 203–223.

PETERS, C.M.,

1983. Observations on maya subsistence and the ecology of a tropical tree. *American Antiquity* 48, 610–615.

PICHLER, T., NICOLUSSI, K., GOLDENBERG, G., HANKE, K., KOVÁCS, K., THURNER, A.,

2013. Charcoal from a prehistoric copper mine in the Austrian Alps: dendrochronological and dendrological data, demand for wood and forest utilisation. *Journal of Archaeological Science* 40, 992–1002.

PICORNELL GELABERT, L., ALLUÉ, E., COURTY, M.A.,

2017. An archaeology of fuels: Social and environmental factors in behavioural strategies of multi-resource management. *Quaternary International* 431, 2–5.

PICORNELL GELABERT, L., ASOUTI, E., MARTÍ, E.A.,

2011. The ethnoarchaeology of firewood management in the Fang villages of Equatorial Guinea, central Africa: Implications for the interpretation of wood fuel remains from archaeological sites. *Journal of Anthropological Archaeology* 30, 375–384.

PIKE, K.L.,

1980. *A Mixtec lime oven*. SIL Museum of Anthropolgy, Dallas.

PIPERNO, D.R.,

2006. Quaternary environmental history and agricultural impact on vegetation in Central America. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 93, 274–296.

PIPERNO, D.R., PEARSALL, D.M.,

1993. Phytoliths in the Reproductive Structures of Maize and Teosinte: Implications for the Study of Maize Evolution. *Journal of Archaeological Science* 20, 337–362.

PLUNKET, P. (ED.),

2002. *Domestic ritual in ancient Mesoamerica*. Costen Institute of Archaeology Press, Los Angeles.

POHL, M.D.,

1990. *Maya wetland agriculture: excavations on Albion Island, northern Belize*. Westview Press, Boulder.

POHL, M.D., POPE, K.O., JONES, J.G., JACOB, J.S., PIPERNO, D.R., DEFRANCE, S.D., LENTZ, D.L., GIFFORD, J.A., DANFORTH, M.E., JOSSERAND, J.K.,

1996. Early Agriculture in the Maya Lowlands. *Latin American Antiquity* 7, 355–372.

POHL, M.D., PIPERNO, D.R., POPE, K.O., JONES, J.G.,

2007. Microfossil evidence for pre-Columbian maize dispersals in the Neotropics from San Andrés, Tabasco, Mexico. *PNAS* 104, 6870–6875.

POISSONNET, J.

1968 *Recherche sur les lois générales d'équilibre dans la composition floristique des formations herbacées denses. Premiers résultats et hypothèses*. CEPE, Montpellier.

PONCIANO, I.,

1998. Forestry policy and protected areas in the Petén, Guatemala, dans : Primack, R.B., Bray, D., Galletti, H.A., Ponciano, I. (Eds.), *Timber, tourists, and temples: conservation and development in the Maya forest of Belize, Guatemala and Mexico*. Island Press, Washington D.C, pp. 99–110.

POPPER, V.S.,

1988. Selecting quantitative measurements in paleoethnobotany, dans : Hastorf, C.A., Popper, V.S. (Eds.), *Current paleoethnobotany: analytical methods and cultural interpretations of archaeological plant remains*. University of Chicago Press, Chicago, pp. 53–71.

PRUFER, K.M.,

2002. *Communities, caves, and ritual specialists: a study of sacred space in the Maya Mountains of southern Belize*. Thèse de doctorat, Southern Illinois University, Carbondale.

PRUFER, K.M., BRADY, J.E.,

2005. *Stone houses and earth lords: Maya religion in the cave context.* University of Colorado Press, Boulder.

PRUFER, K.M., DUNHAM, P.S.,

2009. A shaman's burial from an Early Classic cave in the Maya Mountains of Belize, Central America. *World Archaeology* 41, 295–320.

PRUFER, K.M., WANYERKA, P., SHAH, M.,

2003. Wooden figurines, sceptres, and religious specialists in pre-Columbian Maya society. *Ancient Mesoamerica* 14, 219–236.

PUIG, H.,

2001. *La forêt tropicale humide*. Belin, Paris.

PULESTON, D.E.,

1982. The Role of Ramón in Maya Subsistence, dans : Flannery, K.V. (Ed.), *Maya subsistence: studies in memory of Dennis E. Puleston*. Academic Press, New York, pp. 353–364.

1968. *Brosimum alicastrum as a Subsistence Alternative for the Classic Maya of the Central Southern Lowlands*. Mémoire de Master, University of Pennsylvania, Philadelphia.

PURDUE, L.,

2014. Operación IV.6 y IV.7: Agricultura y subsistencia, dans : Nondédéo, P., Hiquet, J., Michelet, D., Sion, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la quinta temporada de campo 2014*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 579–592.

PURDUE, L., DUSSOL, L., CASTANET, C., LEMONNIER, E., GARNIER, A.,

2016. Where and how did the Maya practice agriculture in the Classic period city of Naachtun, Guatemala? dans : *Reconstructing resources availability, management and use at Naachtun (Guatemala), a regional Maya center of the Classic period*, Dussol, L., Purdue, L. (coord.). Symposium du 81st SAA meeting, Orlando, 5-10 avril 2016.

PURDUE, L., GOUDIABY, H.,

2016. Operación IV.7: Agricultura y subsistencia, dans : Nondédéo, P., Michelet, D., Hiquet, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: informe de la séptima temporada de campo 2016*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 411–418.

QUIROZ-CARRANZA, J., ORELLANA, R.,

2010. Uso y manejo de leña combustible en viviendas de seis localidades de Yucatán, México. *Madera y bosques* 16, 47–67.

RAFAEL HERNÁNDEZ, G., RAMÍREZ VELASCO, M., RUIZ GARCÍA, P.,

2009. *Diagnóstico y propuestas de restauración para la zona núcleo sur de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.* Thèse professionnelle, Universidad Autónoma de Chapingo, México.

RANERE, A.J., PIPERNO, D.R., HOLST, I., DICKAU, R., IRIARTE, J.,

2009. The cultural and chronological context of early Holocene maize and squash domestication in the Central Balsas River Valley, Mexico. *PNAS* 106, 5014–5018.

READ, L., LAWRENCE, D.,

2003. Recovery of biomass following shifting cultivation in dry tropical forests of the Yucatan. *Ecological Applications* 13, 85–97.

RANGEL, M., REESE-TAYLOR, K. (EDS.),

2005. *Proyecto Arqueológico Naachtun, informe n°1, primera temporada de campo 2004*. University of Calgary, Guatemala.

RANGEL, M., REESE-TAYLOR, K. (EDS.),

2013. *Proyecto arqueológico Naachtun 2004-2009, informe No. 2, segunda temporada de campo*. University of Calgary, Guatemala.

REIDSMA, F.H., VAN HOESEL, A., VAN OS, B., MEGENS, L., BRAADBAART, F.,

2016. Charred bone: physical and chemical changes during laboratory simulated heating under reducing conditions and its relevance for the study of fire use in archaeology. *Journal of Archaeological Science: Reports* 10, 282–292.

REINA, R.E.,

1967. Milpas and milperos: implications for prehistoric times. *American Anthropologist* 69, 1–20.

REITZ, E.J., SCARRY, C.M., SCUDDER, S.J. (EDS.),

2008. *Case studies in environmental archaeology.* Second edition. Springer, New York.

REMMERS, G.G.A., KOEIJER, H.D.,

1992. The T'OLCHE', a Maya system of communally managed forest belts: the causes and consequences of its disappearance. *Agroforestry Systems* 18, 149–177.

RICE, D.S.,

1996. Paleolimnological analysis in the cntral Petén, Guatemala, dans : Fedick, S. (Ed.) *The managed mosaic: ancient Maya agriculture and resource use.* University of Utah Press, Salt Lake City, pp. 193–206.

2013. Time, memory and resilience among the Maya, dans : Arnauld, M.-C., Breton, A. (Eds.), *Millenary Maya societies: past crisis and resilience* [En ligne], pp. 10–21. Disponible sur : <www.mesoweb.com/publications/MMS>.

1999. Rethinking Classic Lowland Maya pottery censers. *Ancient Mesoamerica* 10, 25–50.

RICE, P.M., RICE, D.S.,

2004. Late Classic to Postclassic Transformations in the Peten Lakes Region, Guatemala, dans : Demarest, A.A., Rice, P.M., Rice, D.S. (Eds.), *The Terminal Classic in the Maya Lowlands: collapse, transition, and transformation*. University Press of Colorado, Boulder, pp. 125–139.

RICHTER, G.H., DALLWITZ, M.J.,

2000. *Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, Portuguese, and Spanish*. Version: 25th June 2009 [En ligne]. Disponible sur : <http://delta-intkey.com/wood/en/>.

RICHTER, H.G.,

1981. Wood and bark anatomy of Lauraceae. I. Aniba Aublet. *IAWA Journal* 2, 79–87.

ROBIN, C. (ED.),

2012. *Chan: an ancient Maya farming community*. University Press of Florida, Gainesville.

ROBINSON, M., IRIARTE, J., DE SOUZA, J.G., MAROZZI, O., SCHEEL-YBERT, R.,

2017. Moiety specific wood selection in funerary ritual for the southern proto-Jê. *Journal of Archaeological Science: Reports* 11, 237–244.

ROBINSON, M.E., MCKILLOP, H.I.,

2014. Fuelling the ancient Maya salt industry. *Economic Botany* 68, 96–108.

2013. Ancient Maya wood selection and forest exploitation: a view from the Paynes Creek salt works, Belize. *Journal of Archaeological Science* 40, 3584–3595.

RODSTROM, C., OLIVIERI, S., TANGLEY, L.,

1998. A regional approach to conservation in the Maya forest, dans : Primack, R.B., Bray, D., Galletti, H.A., Ponciano, I. (Eds.), *Timber, tourist and temples. Conservation and development in the Maya forest of Belize, Guatemala and Mexico*. Island Press, Washington, D.C, pp. 3–21.

ROGERS, D.J.,

1965. Some botanical and ethnological considerations of *Manihot esculenta*. *Economic Botany* 19, 369–377.

ROIG JUÑENT, F.A., JIMÉNEZ OSORNIO, J.J., VILLANUEVA DÍAZ, J., LUCKMAN, B.H., TIESSEN, H., MEDINA, A., NOELLEMEYER, E.J.,

2005. Anatomy of growth rings at the Yucatan Peninsula. *Dendrdochronologia* 22, 187–193.

ROIG JUÑENT, F.A., VILLANUEVA DÍAZ, J., JIMÉNEZ OSORNIO, J.J., HAYDEN, W.J., BARAJAS-MORALES, J., LUCKMAN, B.H.,

2012. *Anatomía de maderas en comunidades rurales de Yucatán*. INIFAP-CONICET, Mexico, D.F.

ROSENMEIER, M.F., BRENNER, M., HODELL, D.A., MARTIN, J.B., CURTIS, J.H., BINFORD, M.W.,

2016. A model of the 4000-year paleohydrology (δ18O) record from Lake Salpetén, Guatemala. *Global and Planetary Change* 138, 43–55.

ROSENSWIG, R.M., PEARSALL, D.M., MASSON, M.A., CULLETON, B.J., KENNETT, D.J.,

2014. Archaic period settlement and subsistence in the Maya lowlands: new starch grain and lithic data from Freshwater Creek, Belize. *Journal of Archaeological Science* 41, 308–321.

ROSS, N.J.,

2011. Modern tree species composition reflects ancient Maya “forest gardens” in northwest Belize. *Ecological applications* 21, 75–84.

ROSSEN, J.,

2008. Exploring new dimensions in the study of archaeological plants, dans : Hart, J.P. (Ed.), *Current northeast Paleoethnobotany II*. University of the State of New York, Albany, New York, pp. 191–198.

ROSSEN, J., OLSON, J.,

1985. The controlled carbonization and archaeological analysis of South-east U.S. wood charcoals. *Journal of Field Archaeology* 12, 445–456.

ROY CHOWDHURY, R.,

2007. Household land management and biodiversity: secondary succession in a forest-agriculture mosaic in southern Mexico. *Ecology and Society* 12, 31.

ROYS, R.L.,

1931. *The ethnobotany of the Maya*. Tulane University, New Orleans.

ROZENDAAL, D.M.A., ZUIDEMA, P.A.,

2010. Dendroecology in the tropics: a review. *Trees* 25, 3–16.

RUBIALES, J.M., HERNÁNDEZ, L., ROMERO, F., SANZ, C.,

2011. The use of forest resources in central Iberia during the Late Iron Age. Insights from the wood charcoal analysis of Pintia, a Vaccaean oppidum. *Journal of Archaeological Science* 38, 1–10.

RUPPERT, K., DENISON, J.H.J.,

1943. *Archaeological reconnaissance in Campeche, Quintana Roo, and Peten*. Carnegie Institution of Washington, Washington D.C.

RUSHTON, E.A.C., METCALFE, S.E., WHITNEY, B.S.,

2012. A late-Holocene vegetation history from the Maya lowlands, Lamanai, northern Belize. *The Holocene* 23, 485–493.

RUSSELL, B.W., DAHLIN, B.H.,

2007. Traditional Burnt-Lime Production at Mayapan, Mexico. *Journal of Field Archaeology* 32, 407–423.

RZEDOWSKI, J.,

1978. *Vegetación de México*. Limusa, México, D.F.

SALGADO-FLORES, S.,

2016. Political ecology of Postclassic Maya plant use at Lake Mensabak, Chiapas, México. 81st SAA meeting, Orlando, 5-10 avril 2016.

SALISBURY, E.J., JANE, F.W.,

1940. Charcoals from Maiden Castle and their significance in relation to the vegetation and climatic conditions in prehistoric times. *Journal of Ecology* 28, 310–325.

SANABRIA, O.L.,

1986. *El uso y manejo forestal en la comunidad de Xul, en el sur de Yucatán,* Etnoflora yucatanense. INIREB, Xalapa.

SANTINI, L.,

2016. Insights on arboreal exploitation in Late Classic San Bartolo, Guatemala from midden charcoal analysis. 81st SAA meeting, Orlando, 5-10 avril 2016.

SCARBOROUGH, V.L.,

1998. Ecology and ritual: water management and the Maya. *Latin American Antiquity* 9, 135–159.

SCARBOROUGH, V.L., BURNSIDE, W.R.,

2010. Complexity and sustainability: perspectives from the ancient Maya and the modern Balinese. *American Antiquity* 75, 327–363.

SCHEEL-YBERT, R.,

2017. Fire and feasting. The role of plants in Brazilian shellmounds funerary rituals, dans : *The use of plants in ancient rituals: new perspectives from palaeoethnobotany*, Dussol, L., Elliott, M. (coord.). Symposium du 82nd SAA meeting, Vancouver, 29 mars-2 avril 2017.

2002. Evaluation of sample reliability in extant and fossil assemblages, dans : Thiébault, S. (Ed.), *Charcoal analysis: methodological approaches, palaeoecological results and wood uses: Proceedings of the Second International Meeting of Anthracology, Paris, September 2000*. British Archaeological Reports, Oxford, pp. 9–16.

2000. Vegetation stability in the southeastern Brazilian coastal area from 5500 to 1400 14C yr BP deduced from charcoal analysis. *Review of Palaeobotany and Palynology* 110, 111–138.

1998. *Stabilité de l'écosystème sur le littoral sud-est du Brésil à l'Holocène supérieur (5500-1400 BP) - Les pêcheurs-cueilleurs-chasseurs et le milieu végétał apports de l 'anthracologie*. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II.

SCHEEL-YBERT, R. (ED.)

2016. *Dossie Arqueobotânica na América do Sul*, Cuadernos do LEPAARQ Vol. XIII, n°25. Laboratório de Antropologia e Arqueologia, Editora da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SCHEEL-YBERT, R., BEAUCLAIR, M., BUARQUE, A.,

2014. The forest people: landscape and firewood use in the Araruama region, southeastern Brazil, during the late Holocene. *Vegetation History and Archaeobotany* 23, 97–111.

SCHEEL-YBERT, R., GOUVEIA, S., PESSENDA, L., ARAVENA, R., COUTINHO, L., BOULET, R.,

2003. Holocene palaeoenvironmental evolution in the São Paulo State (Brazil), based on anthracology and soil δ[sup 13]C analysis. *The Holocene* 13, 73–81.

SCHELE, L., FREIDEL, D.A.,

1990. *A forest of kings: the untold story of the ancient Maya*. Morrow, New York.

SCHREINER, T.,

2002. *Tropical Maya Lime Production: Environmental and Cultural Implications of a Native American Technology*. Thèse de doctorat, University of California, Berkeley.

SCHULMAN, E.,

1944. Dendrochronology in Mexico. *Tree-Ring Bulletin* 10, 18–24.

SCHULTZ, G.P.,

2003. Structure and diversity of the forests at El Edén Ecological Reserve, dans : Gómez-Pompa, A., Allen, M.F., Fedick, S.L., Jiménez-Osornio, J.J. (Eds.), *The Lowland Maya area: three millennia at the human-wildland interface*. Food Products press, New York, pp. 91–114.

SCHULZE, M.D., WHITACRE, D.F.,

1999. A classification and ordination of the tree community of Tikal National Park, Petén, Guatemala. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History* 41, 169–297.

SCHWARTZ, N.B.,

1990. *Forest society: a social history of Petén, Guatemala*. University of Pennsylvania Press, Philadelphia.

SCOTT, S.D.,

1966. *Dendrochronology in Mexico*. University of Arizona Press, Tuscon.

SELIGSON, K., NEGRÓN, T.G., CIAU, R.M., III, G.J.B.,

2017. Lime powder production in the Maya Puuc region (A.D. 600–950): an experimental pit-kiln. *Journal of Field Archaeology* 42, 129–141.

SHACKLETON, C.M., PRINS, F.,

1992. Charcoal analysis and the "Principle of least effort" – A conceptual model. *Journal of Archaeological Science* 19, 631–637.

SHAHACK-GROSS, R., BERNA, F., KARKANAS, P., WEINER, S.,

2004. Bat guano and preservation of archaeological remains in cave sites. *Journal of Archaeological Science* 31, 1259–1272.

SHARER, R., TRAXLER, L.,

2006. *The Ancient Maya, 6th Edition*. Stanford University Press, Stanford, Calif.

SION, J.,

2016. *La caractérisation socio-économique des élites mayas au Classique terminal (800-950/1000 apr. J.C.) : le Groupe B-Sud de Naachtun (Guatemala)*. Thèse de doctorat, Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

2014a. Operación II.3b: Excavaciones selectivas en el Complejo B-Sur: Los Patios 31 y 34/35, dans : Nondédéo, P., Morales-Aguilar, C., Sion, J., Michelet, D., Andrieu, C. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la cuarta temporada de campo 2013*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 161–258.

2014b. Operación II.3b: Excavaciones selectivas en el Complejo B-Sur: Los Patios 34/35, dans : Nondédéo, P., Hiquet, J., Michelet, D., Sion, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la quinta temporada de campo 2014*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 129–153.

SION, J., ARNAULD, M.-C., ANTILLÓN, M.,

2012. Operación II.3a: Excavaciones en el Patio 28: los edificios 6O7, 6O8 y 6O9, dans : Nondédéo, P., Michelet, D., Sion, J., Morales-Aguilar, C. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la secunda temporada de campo 2011*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 80–135.

SION, J., COTOM-NIMATUJ, J., DÍAZ, A.,

2013. Operación II.3a: Excavaciones selectivas en el Patio 28, los Edificios 6O-8 y 6O-9, dans : Michelet, D., Morales-Aguilar, C., Sion, J., Nondédéo, P. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: informe de la tercera temporada de campo 2012*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 79–127.

SION, J., PATIÑO, A., PERLA, D.,

2017. Los intercambios entre Naachtun (Guatemala) y el oeste de las Tierras Bajas durante el periodo Clásico: una mirada a través de su cerámica. 82nd SAA meeting, Vancouver, 29 mars-2 avril 2017.

SLOTTEN, V.,

2015. *Paleoethnobotanical remains and land use associated with the sacbe at the ancient Maya village of Joya de Ceren*. Mémoire de Master, University of Cincinnati.

SMART, T.L., HOFFMAN, E.S.,

1988. Environmental interpretation of archaeological charcoal, dans : Hastorf, C.A., Popper, V.S. (Eds.), *Current paleoethnobotany: analytical methods and cultural interpretations of archaeological plant remains*. University of Chicago Press, Chigaco, pp. 167–205.

SMITH, A.,

2015. The use of multivariate analysis within archaeobotany, dans : Marston, J.M., d'Alpoim Guedes, J., Warinner, C. (Eds.), *Method and theory in paleoethnobotany*. University Press of Colorado, Boulder, pp. 181–204.

SMITH, A., DOTZEL, K., FOUNTAIN, J., PROCTOR, L., BAEYER, M. VON,

2015. Examining fuel use in Antiquity: archaeobotanical and anthracological approaches in southwest Asia. *Ethnobiology Letters* 6, 192–195.

SMITH, E.A.,

1983. Anthropological applications of optimal foraging theory: a critical review. *Current Anthropology* 24, 625–651.

SOSA, V., FLORES, J.S., RICO GRAY, V., LIRA, R., ORTIZ, J.J.,

1985. *Lista florística y sinonimia Maya*, Etnoflora yucatanense. INIREB, Xalapa.

SOUSA SÁNCHEZ, M., CABRERA C., E.F.,

1983. *Listados florísticos de México. II Flora de Quintana Roo*. UNAM, México, D.F.

STAHLE, D.,

1999. Useful strategies for the development of tropical tree-ring chronologies. *IAWA Journal* 20, 249–253.

STANDLEY, P.C.,

1930. *Flora of Yucatan*. Field Museum of Natural History, Chicago.

STANDLEY, P.C., RECORD, S.J.,

1936. *The forests and flora of British Honduras*. Field Museum of Natural History, Chicago.

STANDLEY, P.C., STEYERMARK, J.A.,

1958. *Flora of Guatemala - Part I*. Field Museum of Natural History, Chicago.

1946a. *Flora of Guatemala - Part IV*. Field Museum of Natural History, Chicago.

STANDLEY, P.C., STEYERMARK, J.A.,

1946b. *Flora of Guatemala - Part V*. Field Museum of Natural History, Chicago.

STANDLEY, P.C., STEYERMARK, J.A., WILLIAMS, L.O.,

1946. *Flora of Guatemala - Part I-X*. Field Museum of Natural History, Chicago.

STANTON, T.W., BROWN, M.K., PAGLIARO, J.B.,

2008. Garbage of the gods? Squatters, refuse disposal, and termination rituals among the ancient Maya. *Latin American Antiquity* 19, 227–247.

STEPHENS, D.W., KREBS, J.R.,

1986. *Foraging theory*. Princeton University Press, Princeton.

STONE, A.J., ZENDER, M.,

2011. *Reading Maya art: a hieroglyphic guide to ancient Maya painting and sculpture*. Thames & Hudson, Londres.

STRAULINO MAINOU, L., SEDOV, S., SOLER ARECHALDE, A.M., PUIG, T.P., VILLA, G., BALANZARIO GRANADOS, S., DOMÉNECH-CARBÓ, M.-T., OSETE-CORTINA, L., LEONARD, D.,

2016. Maya lime mortars–Relationship between archaeomagnetic dating, manufacturing technique, and architectural function–The Dzibanché case. *Geosciences* 6, 1–27.

STUART, D.,

1998. “The fire enters his house”: architecture and ritual in Classic Maya texts, dans : Houston, S. (Ed.), *Function and meaning in Classic Maya architecture*. Dumbarton Oaks Research Library and Collection, Washington, D.C, pp. 373–425.

SZEJNER, P.,

2011. *Tropical dendrochronology: exploring tree-rings of Pinus oocarpa in eastern Guatemala*. Mémoire de Master, Université de Göttingen.

TARDY, C.,

1998. *Paléoincendies naturels, feux anthropiques et environnements forestiers de Guyane française du tardiglaciaire à l'Holocène récent: approches chronologique et anthracologique*. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II.

TARELKIN, Y., DE RIDDER, M., EL BERKANI, T., DE CANNIERE, C., BEECKMAN, H.,

2016. Growth-ring distinctness and boundary anatomy variability in tropical trees. *IAWA Journal* 37, 275–294.

TASCHEK, J.T.,

1994. *The artifacts of Dzibilchaltun, Yucatan, Mexico: shell, polished stone, bone, wood, and ceramics*. Tulane University, New Orleans.

TAUBE, K.,

2003. Ancient and contemporary Maya conceptions about field and forest, dans : Gómez-Pompa, A., Allen, M.F., Fedick, S.L., Jiménez-Osornio, J.J. (Eds.), *The Lowland Maya area: three millennia at the human-wildland interface*. Food Products press, New York, pp. 461–492.

2000. Lightning celts and corn fetishes: the Formative Olmec and the development of maize symbolism in Mesoamerica and the American Southwest, dans : Clark, J.E., Pye, M.E. (Eds.), *Olmec art and archaeology in Mesoamerica, studies in the history of art*. National Gallery of Art, Washington, D.C, pp. 297–337.

1998. The jade hearth: centrality, rulership, and the Classic Maya temple, dans : Houston, S.D. (Ed.), *Function and meaning in Classic Maya architecture*. Dumbarton Oaks Research Library and Collection, Washington, D.C, pp. 427–478.

TEDLOCK, D.,

1996. *Popol Vuh*. Simon and Schuster, New York.

TENGBERG, M.,

2002. The importation of wood to the Arabian Gulf in antiquity. The evidence from charcoal analysis. *Proceedings of the Seminar for Arabian Studies* 32, 75–81.

1998. *Paléoenvironnements et économie végétale en milieu aride - recherches archéobotaniques dans la région du Golfe arabo-persique et dans le Makran pakistanais (4ème millénaire av. notre ère - 1er millénaire de notre ère)*. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II.

TESTE, M., GARNIER, A.,

2016. Operación II.6: Estudios del medio ambiente: paleo-paisajes, dans : Nondédéo, P., Michelet, D., Hiquet, J., Garrido, L. (Eds.), *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: informe de la séptima temporada de campo 2016*. CNRS-CEMCA, Guatemala, pp. 397–410.

THÉRY-PARISOT, I.,

2002. Fuel management (bone and wood) during the Lower Aurignacian in the Pataud Rock Shelter (Lower Palaeolithic, les Eyzies de Tayac, Dordogne, France). Contribution of experimentation. *Journal of Archaeological Science* 29, 1415–1421.

2001. *Economie des combustibles au paléolithique: expérimentation, taphonomie, anthracologie*. CNRS, Paris, France.

THERY-PARISOT, I., CHABAL, L., CHRZAVZEZ, J.,

2010a. Anthracology and taphonomy, from wood gathering to charcoal analysis. A review of the taphonomic processes modifying charcoal assemblages, in archaeological contexts. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 291, 142–153.

THÉRY-PARISOT, I., CHABAL, L., NTINOU, M., BOUDY, L., CARRÉ, A.,

2010b. From wood to wood charcoal: an experimental approach to combustion, dans : Théry-Parisot, I., Chabal, L., Costamagno, S. (Eds.), *The Taphonomy of Burned Organic Residues and Combustion Features in Archaeological Contexts. Presented at the Table ronde, Valbonne, May 27-29, 2008*, P@lethnologie, Valbonne, pp. 79–91.

THÉRY-PARISOT, I., HENRY, A., CHRZAVZEZ, J.,

2016. Apport de l'expérimentation à la compréhension des pratiques sociétales en anthracologie : gestion et utilisation du bois de feu dans les sociétés préhistoriques, dans : Scheel-Ybert, R. (Ed.), *Dossie ArqueobotâNica Na América Do Sul*, Cuadernos Do LEPAARQ Vol. XIII, N°25. Laboratório de Antropologia e Arqueologia, Editora da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, pp. 485–509.

THIÉBAULT, S.,

2002. *Charcoal analysis: methodological approaches, palaeoecological results and wood uses: proceedings of the Second International Meeting of Anthracology, Paris, September 2000*. British Archaeological Reports, Oxford.

THOMAS, R.,

2011. *Anatomie comparée des palmiers - Identification assistée par ordinateur, applications en paléobotanique et en archéobotanique*. Thèse de doctorat, MNHN, Paris.

THOMPSON, G.B.,

1994. Wood charcoals from tropical sites: a contribution to methodology and interpretation, dans : Hather, J.G. (Ed.), *Tropical archaeobotany, applications and new developpements*. Routledge, Londres, pp. 9–33.

THOMPSON, K.M.,

2013. *Biodiversity in forests of the ancient Maya lowlands and one of its dominant trees, Manilkara zapota (Sapotaceae): ecological and anthropogenic implications.* Thèse de doctorat, University of Cincinnati.

THOMPSON, K.M., CULLEY, T.M., ZUMBERGER, A.M., LENTZ, D.L.,

2015a. Genetic variation and structure in the neotropical tree, *Manilkara zapota* (L) P. Royen (Sapotaceae) used by the ancient Maya. *Tree Genetics & Genomes* 11, 1–13.

THOMPSON, K.M., HOOD, A., CAVALLARO, D., LENTZ, D.L.,

2015b. Connecting contemporary ecology and ethnobotany to ancient plant use practices of the Maya at Tikal, dans : Lentz, D.L., Dunning, N.P., Scarborough, V.L. (Eds.), *Tikal: paleoecology of an ancient Maya city*. Cambridge University Press, New York, pp. 124–151.

TOBIAS, M.D.,

2011. *Ritual change at the end of the Maya classic period: a study of incense burners from the southern lowlands*. British Archaeological Reports, Oxford.

TOKOVININE, A., ZENDER, M.,

2012. Lords of windy water: the royal court of Motul de San José in Classic Maya inscriptions, dans : Foias, A.E., Emery, K.F. (Eds.), *Motul de San José. Politics, history, and economy in a Classic Maya polity.* University Press of Florida, Gainesville, pp. 30–66.

TOLEDO, V.M.,

1982. Pleistocene changes of vegetation in tropical Mexico, dans : Prance, G.T. (Ed.), *Biological diversification in the Tropics: proceedings of the fifth international symposium of the association for tropical biology, held at Macuto B.* Columbia University Press, New York, pp. 93–111.

TOMAZELLO, M., ROIG, F.A., POLLITO, Z., A, P.,

2009. Dendrocronología y dendroecología tropical: marco histórico y experiencias exitosas en los países de América Latina. *Ecología en Bolivia* 44, 73–82.

TORRESCANO-VALLE, N., ISLEBE, G.A.,

2015. Holocene paleoecology, climate history and human influence in the southwestern Yucatan Peninsula. *Review of Palaeobotany and Palynology* 217, 1–8.

TRABANINO, F.,

2014. *El uso de las plantas y el manejo de la selva por los antiguos Mayas de Chinikihá. Interacciones sociedad y medio ambiente a través de la paleoetnobotánica y de la antracología*. Thèse de doctorat, UNAM, Mexico.

TRABANINO, F., NÚÑEZ, L.F.,

2014. Guadua como elemento mortuorio en la sepulturas mayas. *Boletín de Antropología* 29, 144–163.

TSUKADA, M., COWGILL, U.M.,

1966. The Pollen Sequence, dans : Cowgill, U.M. (Ed.), *The history of Laguna de Petenxil: a small lake in northern Guatemala*. Connecticut Academy of Arts and Sciences, New Haven, pp. 63–66.

TSUKADA, M., DEEVEY, E.S.,

1967. Pollen analysis from four lakes in the southern Maya area of Guatemala and El Salvador, dans : Cushing, E.J., Wright, H.E. (Eds), *Quaternary paleoecology, proceedings of the VII congress of the international association for Quaternary research*. Yale University Press, New Haven & Londres, pp. 303–333.

TURNER, B.L.,

1983. *Once beneath the forest: prehistoric terracing in the Rio Bec region of the Maya lowlands*. Westview Press, Boulder.

TURNER, B.L., MIKSICEK, C.H.,

1984. Economic plant species associated with prehistoric agriculture in the Maya Lowlands. *Economic Botany* 38, 179–193.

TURNER, B.L., SABLOFF, J.A.,

2012. Classic period collapse of the Central Maya Lowlands: Insights about human–environment relationships for sustainability. *PNAS* 109, 13908–13914.

TURNER, I.M.,

2001. *The ecology of trees in the tropical rain forest*. Cambridge University Press, Cambridge.

TUSENIUS, M.L.,

1989. Charcoal analytical studies in the northeastern Cape, South Africa. *South African Archaeological Society* 6, 77–83.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME,

2012. *Bio-Itzá association, Guatemala*. Equator Initiative Case Study Series, New York.

VAIL, G., HERNÁNDEZ, C.,

2012. Rain and fertility rituals in Postclassic Yucatan featuring Chaak and Chak Chel, dans : Braswell, G.E. (Ed.), T*he ancient Maya of Mexico: reinterpreting the past of the northern Maya Lowlands.* Sheffield England, UK, Bristol, USA, pp. 285–305.

VANDERWARKER, A.M.,

2005. Field cultivation and tree management in tropical agriculture: a view from Gulf Coastal Mexico. *World Archaeology* 37, 275–289.

VANLANDEGHEM, M.,

2015. *Exploitation des combustibles dans le nord-ouest de l'Alaska : contribution de l'anthracologie à la compréhension de l'économie du bois de feu chez les cultures birnirk et thuléennes au Cap Espenberg*. Mémoire de Master, Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

2014. *Le bois de feu au Cap Espenberg, nord-ouest de l'Alaska: protocole expérimental et premier référentiel anthracologique à partir de bois actuels du littoral alaskien*. Mémoire de Master I, Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

VEAL, R.,

2013. Fuelling ancient Mediterranean cities: a framework for charcoal research, dans : Harris, W.V. (Ed.), *The ancient Mediterranean environment between science and history*. Brill, Leiden, Netherlands, pp. 37–58.

VERNET, J.-L. (ED.),

1992. *Les charbons de bois, les anciens écosystèmes et le rôle de l'homme : colloque organisé à Montpellier du 10 au 13 septembre 1991*. Société botanique de France, Paris.

VOGT, E.Z.,

1998. Zinacanteco dedication and termination rituals, dans : Mock, S.B. (Ed.), *The sowing and the dawning : termination, dedication, and transformation in the archaeological and ethnographic record of Mesoamerica*. University of New Mexico Press, Albuquerque, pp. 21–30.

1976. *Tortillas for the gods: a symbolic analysis of Zinacanteco rituals*. Harvard University Press, Cambridge, Mass.

1969. *Zinacantan: a Maya community in the highlands of Chiapas.* Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge.

WAHL, D., BYRNE, R., ANDERSON, L.,

2014. An 8700 year paleoclimate reconstruction from the southern Maya lowlands. *Quaternary Science Reviews* 103, 19–25.

WAHL, D., BYRNE, R., SCHREINER, T., HANSEN, R.,

2006. Holocene vegetation change in the northern Peten and its implications for Maya prehistory. *Quaternary Research* 65, 380–389.

WAHL, D., ESTRADA-BELLI, F., ANDERSON, L.,

2013. A 3400 year paleolimnological record of prehispanic human–environment interactions in the Holmul region of the southern Maya lowlands. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 379–380, 17–31.

WAHL, D., HANSEN, R.D., BYRNE, R., ANDERSON, L., SCHREINER, T.,

2016. Holocene climate variability and anthropogenic impacts from Lago Paixban, a perennial wetland in Peten, Guatemala. *Global and Planetary Change* 138, 70–81.

WAISMAN DE AZEVEDO, L., SCHEEL-YBERT, R.,

2016. Economia de combustíveis e tecnologia de fogueiras em sítios Proto-Jê do Sul, dans : Scheel-Ybert, R. (Ed.), *Dossie Arqueobotânica Na América Do Sul*, Cuadernos Do LEPAARQ Vol. XIII, N°25. Laboratório de Antropologia e Arqueologia, Editora da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, pp. 402–419.

WALKER, D., REESE-TAYLOR, K.,

2012. *Naachtun, Petén, Guatemala: first analyses*. Rapport FAMSI [En ligne]. Disponible sur : <www.famsi.org/reports/06035/06035Walker01.pdf>

WALKER, W.H.,

1995. Ceremonial trash? dans : Skibo, J.M., Walker, W.H., Nielsen, A.E. (Eds.), *Expanding archaeology*. University of Utah Press, Salt Lake City, pp. 67–79.

WASHBURN, D.K., WASHBURN, W.N., SHIPKOVA, P.A.,

2013. Cacao consumption during the 8th century at Alkali Ridge, southeastern Utah. *Journal of Archaeological Science* 40, 2007–2013.

2011. The prehistoric drug trade: widespread consumption of cacao in Ancestral Pueblo and Hohokam communities in the American Southwest. *Journal of Archaeological Science* 38, 1634–1640.

WATSON, P.J.,

2009. Archaeology and anthropology: a personal overview of the past half-century. *Annual Review of Anthropology* 38, 1–15.

WAUCHOPE, R.,

1938. *Modern Maya houses: a study of their archaeological significance*. Carnegie Institution of Washington, Washington D.C.

WEBER, H.E., MORAVEC, J., THEURILLAT, J.-P.,

2000. International code of phytosociological nomenclature. Third edition. *Journal of Vegetation Science* 11, 739–768.

WERNECKE, C.D.,

2008. A burning question: Maya lime technology and the maya forest. *Journal of Ethnobiology* 28, 200–210.

WETERINGS, M.J.A., WETERINGS-SCHONCK, S.M., VESTER, H.F.M., CALMÉ, S.,

2008. Senescence of *Manilkara zapota* trees and implications for large frugivorous birds in the southern Yucatan Peninsula, Mexico. *Forest Ecology and Management* 256, 1604–1611.

WHEELER, E.A.,

2011. Inside Wood - A Web resource for hardwood anatomy. *IAWA Journal* 32, 199–211.

WHEELER, E.A., BAAS, P., GASSON, P. (EDS.),

1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification, with an appendix on non-anatomical information. *IAWA Journal* 10, 219–332.

WHITE, C.D.,

1999. *Reconstructing ancient Maya diet*. University of Utah Press, Salt Lake City.

WHITE, C.D., POHL, M.D., SCHWARCZ, H.P., LONGSTAFFE, F.J.,

2004. Feast, field and forest: deer and dog diets at Lagartero, Tikal, and Copan, dans : Emery, K.F. (Ed.), *Maya zooarchaeology: new directions in method and theory*. The Cotsen Institute of Archaeology Press, Los Angeles, pp. 141–158.

WHITE, D.A., DARWIN, S.P.,

1995. Woody vegetation of tropical lowland deciduous forests and Mayan ruins in the north-central Yucatan Peninsula. *Tulane Studies in Zoology and Botany* 30, 1–25.

WHITEHOUSE, R.,

1996. Ritual objects: Archaeological joke or neglected evidence? dans : Wilkins, J.B. (Ed.), *Approaches to the study of ritual: Italy and the ancient Mediterranean*. University of London, Londres, pp. 9–30.

WIERSUM, K.F.,

1997. From natural forest to tree crops, co-domestication of forests and tree species, an overview. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45, 425–438.

WILLCOX, G.H.,

1974. A history of deforestation as indicated by charcoal analysis of four sites in eastern Anatolia. *Anatolian studies* 24, 117–133.

WISDOM, C.,

1940. *The Chorti Indians of Guatemala*. The University Of Chicago Press, Chicago.

WISEMAN, F.M.,

1985. Agriculture and vegetation dynamics of the Maya collapse in central Petén, Guatemala, dans : Pohl, M.D. (Ed.), *Prehistoric Lowland Maya environment and subsistence economy*. Harvard University Press, Cambridge, pp. 63–71.

1983. Subsistence and complex societies: the case of the Maya. *Advances in Archaeological Method and Theory* 6, 143–189.

1978. Agricultural and historical ecology of the Maya Lowlands, dans : Harrison, P.D., Turner, B.L. (Eds.), *Prehispanic Maya agriculture.* University of New Mexico Press, Albuquerque, pp. 63–116.

WYATT, A.R., GRIFFITH, C., FRIEDEL, R.,

2017. The archaeobotany of ritual: the role of palm (Arecaceae) in ancient Maya caves, dans : *The use of plants in ancient rituals: new perspectives from palaeoethnobotany*, Dussol, L., Elliott, M. (coord.). Symposium du 82nd SAA meeting, Vancouver, 29 mars-2 avril 2017.

WYATT, A.R., JARZEN, D.M., HARB, L., EMERY, K.F.,

2012. Prelininary investigations in macro- and microbotany at Motul de San José, dans : Foias, A.E., Emery, K.F. (Eds.), *Motul de San Jose: politics, history, and economy in a Maya polity*. Gainesville, pp. 275–290.

ZANNE, E.A., LOPEZ-GONZALEZ, G., COOMES, D.A., ILIC, J., JANSEN, S., LEWIS, S.L., MILLER, R.B., SWENSON, N.G., WIEMANN, M.C., CHAVE, J.,

2009. *Global wood density database*. Dryad [En ligne]. Disponible sur : <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>

ANNEXES

Liste des annexes

<u>Annexe A.</u> Flore ligneuse des Basses Terres centrales *(format numérique)*.

<u>Annexes B.</u> Anatomie du bois.

Annexe B-1. Schéma des trois plans anatomiques du bois et principales structure cellulaires.

Annexe B-2. Fiche de description anatomique systématique des taxons de la collection de référence. Exemple de *Psidium guayava*.

<u>Annexes C.</u> Méthodes d'échantillonnage et de laboratoire.

Annexe C-1. Protocole d'échantillonnage anthracologique par flottation manuelle.

Annexe C-2. Protocole de traitement et d'analyse des échantillons en laboratoire.

<u>Annexe D.</u> Listing des prélèvements anthracologiques, Projet Naachtun 2010-2015 *(format numérique)*.

<u>Annexe E.</u> Descriptions anatomiques, diagnoses et photomicrographies des taxons identifiés dans les charbons archéologiques de Naachtun *(format numérique)*.

<u>Annexe F.</u> Résultats *(format numérique)*.

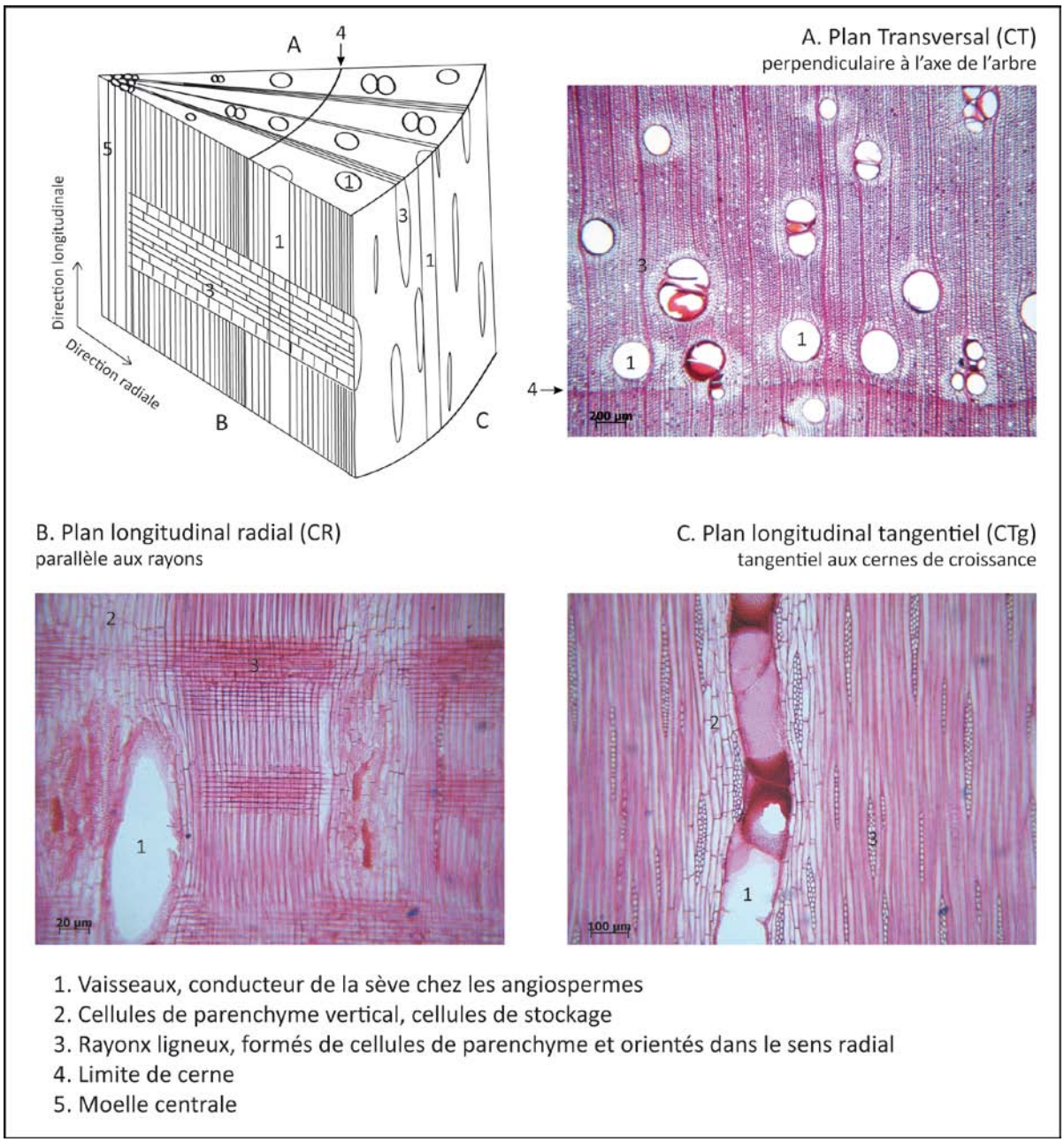
Annexe F-1. Tableaux de comptage et de pesée.

Annexe F-2. Analyses multivariées.

Annexe F-3. Sériographe.

Annexe F-4. Quantification des formations végétales selon la méthode de Dotte-Sarout 2010.

<u>Annexe B-1</u>. Schéma des trois plans anatomiques du bois et principales structure cellulaires.



1. Vaisseaux, conducteur de la sève chez les angiospermes
2. Cellules de parenchyme vertical, cellules de stockage
3. Rayonx ligneux, formés de cellules de parenchyme et orientés dans le sens radial
4. Limite de cerne
5. Moelle centrale

<u>Annexe B-2</u>. Fiche de description anatomique systématique des taxons de la collection de référence. Exemple de *Psidium guayava*.

Myrtaceae	Psidium guayava	MRAC : Tw28524 Lame mince de bois
	Critères IAWA	Observations
1. Limite de cerne	Distincte	Marquée par un aplatissement des fibres et par une tendance à l'alignement des vaisseaux
2. Vaisseaux	Pores diffus	
		Tendance à l'arrangement oblique ou dendritique
	Isolés ou accolés par 2 ou 3	Majoritairement isolés
	Perforations simples	
	Ponctuations intervasculaires alternes, très petites (3-4 μm)	
	Ponctuations ornées	
	Ponctuations radiovasculaires identiques aux intervasculaires	
	Diamètre petit (30-)50-100 μm)	
	Moyennement denses (35-65 vaisseaux/mm²)	
	Eléments de vaisseaux courts	
3. Fibres	Fibres trachéides présentes	
	Ponctuations étroitement aréolées, sur parois radiales et tangentielles	Nombreuses, larges
	Non septées	
	Parois fines à épaisses	
4. Parenchyme axial	En chaînettes	
	3-4, 5-8 cellules par file de parenchyme	
5. Rayons	1-2 sériés	
	Portions multisériées aussi larges que les portions unisériées	
	7-20 cellules de hauteur	
	Hétérocellulaires, 1-6(-9) rangs marginaux de cellules carrées et dressées	Quelques rayons avec cellules couchées, carrées et dressées mélangées
	Parois des cellules carrées et dressées disjonctives	Bien visible
	12-16 rayons/mm	
6. Structure étagée	Absente	
7. Tissu sécréteur	Absent	
8. Inclusions minérales	Cristaux prismatiques dans les cellules de parenchyme axial	
Caractères distinctifs	Arrangement des vaisseaux Ponctuations ornées, radiovasculaires identiques aux intervasculaires Rayons 1-2 sériés très denses, parois des cellules des rayons disjonctives Cristaux dans cellules de parenchyme axial	

<u>Annexe C-1</u>. Protocole d'échantillonnage anthracologique par flottation manuelle.

1. Prélèvement d'un seau de sédiment par US (environ 10L). Transport des échantillons sur l'aire de flottation. Mesure du volume exact de sédiment grâce à un seau gradué.

2. Extraction de la fraction légère (matière organique) via la méthode de la flottation manuelle à l'aide d'un tamis de maille 1 mm. Réplication de la procédure 3 à 4 fois par échantillon jusqu'à extraction totale de la matière organique.

3. Nettoyage de la fraction légère à l'eau claire.

4. Premier séchage à l'air libre et à l'ombre.

5. Séchage durant 2 à 3 jours dans des sacs en tissu à l'abri du vent et du soleil.

6. Conditionnement et étiquettage des échantillons.

<u>Annexe C-2</u>. Protocole de traitement et d'analyse des échantillons en laboratoire.

1. Tamisage à sec de l'échantillon dans une colonne de tamis de mailles 2 et 4 mm. Tri à vue de la matière organique carbonisée dans les deux fractions 2 et 4 mm.

2. Pesée des deux fractions grâce à une balance de précision 0,001 g.

3. Tri des deux fractions à la loupe binoculaire. Séparation des charbons de bois des carporestes (enregistrés mais non analysés).

Fraction 2 mm conservée mais non analysée. Fraction 4 mm sous-échantillonnée si nécessaire grâce à un diviseur à rifle.

Carporestes de maïs (x3,5)

4. Analyse de la fraction 4 mm : observation de chaque charbon au microscope optique à rélfexion dans les trois plans du bois à partir de cassures fraiches, à des grossissements de x50 à x500.

5. Pour chaque nouveau taxon rencontré, description des caractères anatomiques observés grâce à une fiche standardisée adaptée aux bois locaux.

Identification du taxon:
N-année-US-n°du taxon dans l'échantillon

Identification préliminaire

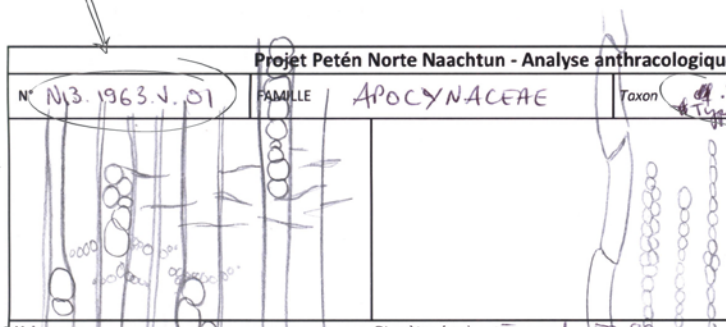
Schéma des structures cellulaires

Description détaillée des structures cellulaires observées

Diagnose

Projet Petén Norte Naachtun - Analyse anthracologique

N° N13.1963.V.01 | FAMILLE APOCYNACEAE | Taxon cf. Thevetia (Type)



Limite de cerne
Aplat. fibres ×
≠ tailles de fibres
Par. marg. ? ×
Accol. Vx

Bois
Poreux
Semi-poreux
A pores diffus

Vaisseaux			Diamètre (µm) m-grd. 50-90.		Densité (vx/mm²): m
Exclusivement solitaires			Long. des éléments de vx court.		Tylose
En cluster ±			Vaisseaux de 2 tailles distinctes		Autres dépôts
Accolés radialement ou tangentiellement par 2 ou 3 ×					
Accolés radialement par 4 ou plus × jusqu'à 9.					
Organisation	Radiale ×	Diagonale	Dendritique	Tangentielle	
Ponctuations intervasculaires		Fusionnées ±		Ornées ×	Diamètre (µm): très fines
Ponctuations radiovasculaires			Simples	Aréolées	
Identiques aux p. intervasculaires ×					
Plus larges que les p. intervasculaires, rondes ou angulaires					Diamètre (µm):
Plus larges que les p. intervasculaires, étirées horizontalement ou verticalement					
De 2 tailles distinctes dans la même cellules				Restreintes aux rangs marginaux	
Rayons				Densité (Rayon/mm) : très denses	
Exclusivement unisériés		Bisériés	Plurisériés	Hauteur : bas.	
Sériation : 1-2, mixtes				Rayon >1mm	
Parties unisériées aussi larges que les parties plurisériées				Rayons de 2 tailles distinctes	
Homocellulaire ±		Hétérocellulaire			
Cellules carrées et dressées uniquement				Nbr de rangs marginaux: 1 rang.	
Cellules carrées ou dressées marginales ×				Cellules bordantes	Cellules palissadiques
Cellules couchées, carrées et dressées mélangées				Disjunctive ray parenchyma cell wall	
Fibres				Parenchyma-like fibre bands alterning with ordinary fibres	
Septées	Non septées ×			Epaisseur variable, aspect en bandes	
Parois	fines	épaisses		Long. des fibres :	
Ponctuations	Simples	Distinctement aréolées		En plan radial	tangentiel
Fibres trachéides		Etroitement		ponctu. rayon et très obscures	
Parenchyme très abondant.					
Absent	Diffus ×	En chaînettes		Sommairement paratrachéal	
Vasicentrique		Aliforme	Confluent	Unilatéral	En bandes étroites larges
En lignes	Réticulé	En bande	ligne marginale seemingly	Cellules fusiformes	Par 2, 3, 4, 5, 7 surtout 4.
Structure étagée					
Rayons	Petits rayons étagés, grands rayons non étagés			Parenchyme	
Eléments de vaisseaux				Fibres	
Cellules oléifères/à mucilage		associées aux rayons		au parenchyme	dispersées entre les fibres
Tissu sécréteur		Canaux radiaux		Tubes à latex	Canaux traumatiques
Cristaux prismatiques					Druses
Dans des cellules de parenchyme ×			recloisonnées ?	non cloisonnées ?	
Dans les cellules des rayons		couchées	carrées	dressées	Dans les fibres

Notes

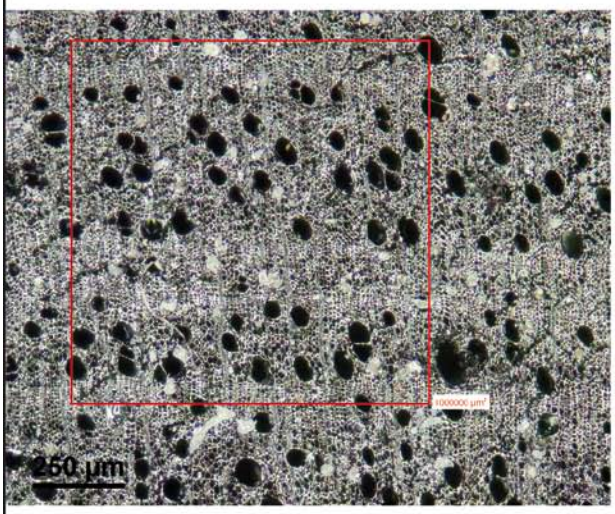
Thevetia par mal : IW. Cuit. di par. OK. mi par. par 5-8.
T. peruviana - col Réf : ⊖ de par. et R. plus hét. (1-2-3 vrais rangs de ◊ carrés/dressés) ou R. pseudo hétéro. avec ◊ de ≠ tailles. OK.
T. ahouai (Naachtun col Réf).
pseudo-cluster et chaînes radiales +++

6. Comptage, pesée et conditionnement des charbons par taxon dans chaque échantillon.

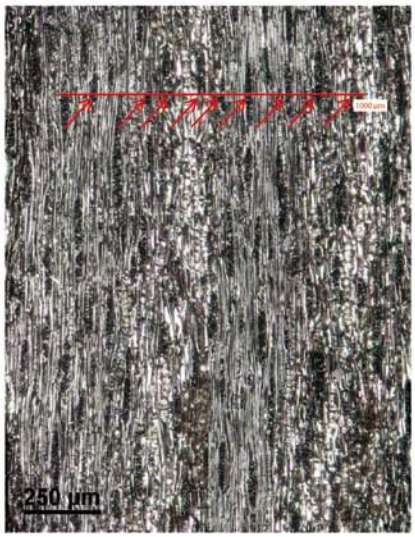
Enregistrement des données dans un tableur Excel.

7. Un charbon représentatif de chaque taxon est sélectionné pour analyse au SIMO.

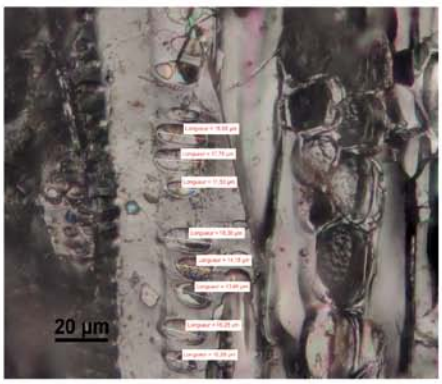
8. Mesures standard des structures cellulaires du bois et photomicrographie dans les trois plans du bois à des grossissements de x50 à x500.



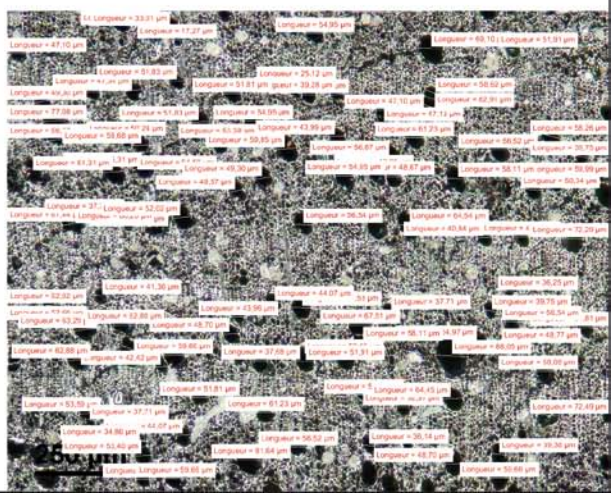
Densité des vaisseaux : nombre moyen de vaisseaux sur 1mm².



Densité des rayons en : nombre moyen de rayons sur une longueur de 1mm.



Diamètre des ponctuations intervasculaires



Diamètre moyen des vaisseaux

CATALOGUE DES TAXONS

Le catalogue des taxons offre un aperçu des principales espèces représentées ou possiblement représentées dans les taxons identifiés parmi les charbons archéologiques de Naachtun. Un inventaire exhaustif ne serait pas envisageable, aussi nous nous focaliserons sur les espèces locales. On entend par espèce locale toute espèce recensée dans le Nord du Petén ou dans la Réserve de Biosphère de Calakmul, d'après les inventaires floristiques de Lundell (1937), Schulze et Whitacre (1999), Atran et al. (2004) et Martínez et Galindo-Leal (2002), ainsi que toute espèce ayant été collectée à Naachtun lors de l'échantillonnage floristique de la campagne 2013 (voir Chapitre 3.1.1). Les taxons sont présentés par genre et par famille, elles-mêmes listées par ordre alphabétique.

On présentera brièvement leurs caractéristiques morphologiques, habitat naturel, exigences écologiques et distribution géographique dans les Basses Terres (BT). On mentionne leurs noms communs les plus courants, ainsi que leurs usages traditionnels. Ces informations ont été compilées à partir des sources déjà citées, complétées principalement par les sources suivantes : Standley (1930), Standley et al. (1946), Davidse et al. (1994), Breedlove et Laughlin (2000) Arellano Rodriguez et al. (2003), Barwick et Schans (2004), Pennington et Sarukhán (2005) et Balick et Arvigo (2015). Les noms scientifiques suivent la classification APG III (2009). On indique également les synonymes les plus fréquents lorsqu'ils sont employés dans les sources récentes.

Liste des taxons inclus dans le catalogue 383

Liste des planches 385

Crédit des illustrations 386

Présentation des taxons 387

Références citées dans le catalogue 412

Liste des taxons inclus dans le catalogue

Arecaceae

Bambusoideae

Anacardiaceae

Astronium sp.

Metopium brownei

Tapirira sp.

Annonaceae

Cymbopetalum sp.

Mosannona depressa

Apocynaceae

Cascabela/Thevetia

Bixaceae

Bixa sp.

Boraginaceae

Bourreria sp.

Cordia sp.

Tournefortia sp.

Burseraceae

Bursera simaruba

Protium sp.

Capparaceae

Quadrella sp./Cynophalla sp.

Celastraceae

Maytenus sp.

Semilarium mexicanum

Combretaceae

Bucida buceras

Ebenaceae

Diospyros sp.

Erythroxylaceae

Erythroxylum sp.

Euphorbiaceae

Croton sp.

Euphorbia sp.

Adelia sp.

Gymnanthes lucida

Sebastiania sp.

Fabaceae – Papilionoideae

Dalbergia sp.

Diphysa sp.

Lonchocarpus sp.

Piscidia piscipula

Fabaceae – Caesalpinoideae

Gliricidia sepium

Haematoxylum sp.

Caesalpinia sp.

Swartzia sp.

Fabaceae – Mimosoideae

Acacia sp.

Indigofera suffruticosa

Lysiloma sp.

Mimosa pigra

Albizia sp.

Cojoba sp.

Enterolobium cyclocarpum

Havardia sp.

Inga sp.

Pithecellobium sp. (sricto sensu)

Zygia sp.

Lauraceae

Licaria/Nectandra

Aiouea sp.

Malpighiaceae

Byrsonima sp.

Bunchosia sp.

Melastomataceae

Miconia sp.

Meliaceae

Trichilia sp.

Swietenia sp.

Menispermaceae

Hyperbaena sp.

Moraceae

Brosimum alicastrum

Pseudolmedia sp.

Trophis racemosa

Cecropia sp.

Maclura tinctoria

Myrtaceae

Eugenia sp.

Psidium sp.

Myrcianthes fragrans

Myrciaria floridunda

Nyctaginaceae

Guapira sp./Neea sp.

Olacaceae

Ximenia americana

Phyllanthaceae

Astrocasia tremula

Phyllanthus sp.

Picramniaceae

Alvaradoa amorphoides

Pinaceae

Pinus sp.

Polygonaceae

Coccoloba sp.

Gymnopodium floribundum

Neomillspaughia sp.

Primulaceae

Ardisia sp.

Bonellia sp.

Myrsine sp.

Rubiaceae

Guettarda sp.

Psychotria sp.

Randia sp.

Simira salvadorensis

Rutaceae

Zanthoxylum sp.

Pilocarpus racemosus

Sapindaceae

Exothea sp.

Thouinia paucidentata

Allophylus sp.

Sapotaceae

Manilkara sp.

Pouteria sp.

Chrysophyllum sp.

Sideroxylon sp.

Liste des planches

Planche A. Arecaceae, Bambusoideae, Anacardiaceae.

Planche B. Annonaceae, Apocynaceae, Bixaceae, Boraginaceae.

Planche C. Boraginaceae, Burseraceae, Celastraceae.

Planche D. Ebenaceae, Erythroxylaceae, Euphorbiaceae.

Planche E. Fabaceae-Papilionoideae.

Planche F. Fabaceae-Caesalpinoideae, Fabaceae-Mimosoideae.

Planche G. Fabaceae-Mimosoideae.

Planche H. Fabaceae-Mimosoideae, Lauraceae.

Planche I. Malpighiaceae, Meliaceae.

Planche J. Melastomataceae, Menispermaceae, Nyctaginaceae, Myrtaceae.

Planche K. Moraceae.

Planche L. Olacaceae, Phyllanthaceae, Picramniaceae, Pinaceae.

Planche M. Capparaceae, Rutaceae, Rubiaceae.

Planche N. Polygonaceae, Combretaceae, Primulaceae.

Planche O. Sapotaceae.

Planche P. Sapotaceae, Sapindaceae.

Crédit des illustrations

Les illustrations sont soit de l'auteur, soit issues des sites web suivants :

(1) *Useful Tropical Plants Database 2014* <http://tropical.theferns.info/>

(2) *Flora Mesoamericana* <http://www.tropicos.org/Project/FM>

(3) *Flora of Kaxil Kiuic* <http://chalk.richmond.edu/flora-kaxil-kiuic>

(4) *CICY.MX* <http://www.cicy.mx/jardin-botanico>

(5) *Rainforest Alliance* <https://www.rainforest-alliance.org>

(6) *Maya-ethnobotany.org* <http://www.maya-ethnobotany.org>

(7) *EncicloVida* <http://bios.conabio.gob.mx>

(8) *Neotropical Live Plant Photos. The Field Museum* <http://fm2.fieldmuseum.org/plantguides/>

(9) *Irekani* <http://unibio.unam.mx>

(10) *e*species Tropical Seeds* <http://www.especies-seeds.com>

(11) Atlas of Florida Plants <http://florida.plantatlas.usf.edu/>

Dessins : *Biodiversidad mexicana*
<http://www.biodiversidad.gob.mx/Difusion/cienciaCiudadana/vecinosVerdes.html>

Présentation des taxons

Arecaceae (Planche A)

Il existe de très nombreuses espèces de palmier dans les Basses Terres centrales. Les espèces natives recensées localement appartiennent aux sous-familles Coryphoideae (genres *Acoelorraphe*, *Cryosophila* et *Sabal*), Ceroxyloideae (genres *Chamaedora* et *Gaussia*) et Arecoideae (*Attalea*, *Bactris*, *Acrocomia* et *Desmoncus*). Parmi les plus courantes on trouve : *Chamaedora* spp. (*xate*) et *Cryosophila stauracantha* (*escoba*), palmiers de sous-bois qui poussent dans les forêts hautes et moyennes pérennes et sub-pérennes et dans les forêts transitionnelles ; *Acrocomia aculeata* (*corozo*), palmier d'environ 15 m de hauteur caractéristique des forêts secondaires sub-pérennes et sub-caducifoliées des Basses Terres centrales et septentrionales, où il se développe après les incendies ; *Sabal mauritiiformis* et *S. mexicana* (*guano*), pouvant atteindre 20 m de hauteur, qui se retrouvent dans les forêts moyennes sub-pérennes où elles peuvent former des palmeraies dans les zones récemment incendiées ; *Attalea cohune* (syn. *Orbignya cohune*) et *A. rostrata* (*coyol*), grands palmiers des strates arborées supérieures pouvant atteindre 30 m de hauteur, qui forment des palmeraies denses dans les forêts hautes et moyennes pérennes et sub-pérennes des Basses Terres centrales et méridionales.

Actuellement, les palmiers sont principalement exploités pour leurs fruits, qui servent à la fabrication d'huiles végétales (en particulier ceux d'*Attalea spp.*), et pour leurs feuilles, utilisés pour la confection des toitures. Les feuilles de certaines espèces comme les *Chamaedorea* (*xate*) sont utilisées comme plante ornementale. La collecte des feuilles de *xate* et leur exportation vers l'Europe est d'ailleurs une importante activité économique au Guatemala et au Belize. Mais les communautés traditionnelles exploitent les produits des palmiers pour de nombreux autres usages : pour l'alimentation (cœur de la plupart des espèces et fleurs du *xate* comestibles, fruits du *corozo* comme aliment en cas de famine) et la production de sel (extrait du cœur et des feuilles une fois brûlés), dans la vannerie, dans la construction rurale, comme combustible pour la fabrication de la chaux (Atran et al., 2004; McKillop, 1996, pp. 280–282).

Bambusoideae (Planche A)

Huit genres de Bambusoidée (sous-famille des Poacée ou graminées) sont natifs d'Amérique centrale (Clark, 1990, p. 129), parmi lesquels *Olyra*, *Pharus*, *Chusquea* et *Rhipidocladum* ont été recensés dans les Basses Terres centrales. Les espèces de bambous herbacés telles que *Pharus latifolius*, *Olyra latifolia*, *Olyra glaberrima* et *Rhipidocladum bartlettii* (collectée à Naachtun, Testé et Garnier, com. pers. 2016) peuvent atteindre 2 à 3 m de hauteur. Ces plantes héliophiles se retrouvent essentiellement dans les zones perturbées et en marge des forêts. Elle peuvent former de vastes étendues herbeuses dans les savanes des plaines basses (Davidse et al., 1994). Certaines espèces comme *Rhipidocladum bartlettii* et *Chusquea spp.* se développent dans les zones humides, où elles forment des *carrizales*. Aucun usage n'est connu pour ces plantes en Mésoamérique.

Anacardiaceae (Planche A)

Astronium sp.

Astronium graveolens (*jobillo*) est la seule espèce locale du genre *Astronium*, mais l'espèce *A. fraxinifolium* a été recensée dans le Nord du Belize. Le *jobillo* est un grand arbre de canopée pouvant atteindre 30 m de hauteur et 1 m de diamètre, qui se retrouve dans les forêts hautes et moyennes pérennes et sub-pérennes de stade climacique et secondaire. L'espèce est répandue dans l'ensemble des Basses Terres. Arbre mellifère possédant des propriétés médicinales, son bois dense (0,85) est traditionnellement utilisé comme bois d'œuvre dans la construction et l'artisanat, le duramen étant spécifiquement utilisé pour la fabrication des outils.

Metopium brownei

Seule espèce d'Amérique centrale, le *chechem negro* est un arbre pouvant atteindre 15 m de hauteur, distribué essentiellement dans les Basses Terres centrales et septentrionales. On le trouve dans les forêts hautes et moyennes de stade climacique et secondaire et dans les forêts basses des marais saisonniers. Il est particulièrement abondant dans les zones perturbées (Martínez and Galindo Leal, 2002). L'espèce possède des propriétés médicinales. Le bois est moyennement dense (0,6). La résine est toxique, mais si elle en est extraite, le duramen peut être utilisé pour la fabrication d'outils.

Tapirira sp.

Tapirira guianensis et *T. mexicana* ne semblent pas avoir été collectées localement, mais elles sont présentes au Belize et dans les Basses Terres méridionales. Il s'agit d'arbres de 10 à 20 m de hauteur qui se retrouvent principalement dans les forêts hautes pérennes et sub-pérennes. Leurs fruits sont comestibles et leur bois (0,58) est utilisé comme bois d'œuvre.

Annonaceae (Planche B)

Mosannona depressa (syn. Malmea depressa)

Mosannona depressa (*elemuy*) est la seule espèce locale du genre *Mosannona*. Une autre espèce existe dans les Basses Terres, *M. guatemalensis*, mais un seul spécimen a été observé dans l'Alta Verapaz. L'*elemuy* est un petit arbre de 7 à 10 m de hauteur, distribué dans les Basses Terres centrales et septentrionales. Il se retrouve dans les forêts hautes et moyennes, principalement dans les associations calcicoles ou *dry upland forest*, mais également dans les forêts basses des marais (Schulze and Whitacre, 1999), de stade climacique et secondaire. Ses feuilles et racines sont utilisées pour leurs propriétés médicinales par les Itzas et son bois tendre est traditionnellement utilisé pour la confection des toitures dans le Yucatán (Wauchope, 1938, p. 48). Les fruits sont consommés par les animaux sauvages.

Cymbopetalum sp.

Deux espèces sont présentes localement, *Cymbopetalum mayanum* (*orejuela*) et *C. penduliflorum* (*anona de montaña*). Arbres de 10 à 20 m de hauteur, ils poussent dans les forêts hautes et moyennes de stade climacique des Basses Terres centrales et méridionales. Leurs bois (de densité 0,69 pour *C. penduliflorum*) ne semblent pas avoir d'usage particulier, mais l'écorce de *C. penduliflorum* s'utilise

comme cordage. Ses fleurs sont particulièrement odorantes et sont utilisées au Mexique et au Guatemala comme condiment pour parfumer le *pinol*, boisson d'origine préhispanique à base de farine de maïs, et le chocolat.

Apocynaceae (Planche B)

Cascabela/Thevetia

Trois espèces locales ont été recensées : *Thevetia ahouai* (*cojón de gato*), *Cascabela gaumeri* (syn. *Thevetia gaumeri*) et *Cascabela thevetia* (syn. *Thevetia peruviana*). Arbustes ou petits arbres héliophiles pionniers pouvant atteindre 10 m de hauteur, on les trouve dans les forêts des zones hautes de stade climacique ou secondaire, mais surtout dans les forêts basses des marais inondables et dans les zones perturbées (Dickson, 2009). *C. gaumeri* et *C. thevetia* sont amplement répandues dans les forêts sèches sub-caducifoliées des Basses Terres septentrionales. Ces arbustes sont souvent plantés dans les jardins pour leur caractère ornemental. Ils possèdent des propriétés médicinales et produisent des fruits consommés par les animaux sauvages. *C. thevetia* est utilisée comme *cerca viva*. Son bois dense (0,7) est utilisé dans la construction et comme combustible. Feuillage persistant

Bixaceae (Planche B)

Bixa sp.

Bixa orellana et *B. urucurana* sont les deux espèces que l'on désigne sous le nom d'*achiote*. *B. orellana* est de loin la plus cultivée dans l'ensemble des Basses Terres. *B. urucurana* ne semble avoir été recensée dans la zone maya que dans l'état d'Izabal. Il s'agit d'un petit arbre héliophile à croissance rapide de 2 à 8 m de hauteur, entretenu dans les jardins et les jachères pour son caractère multi-usage. On le trouve à l'état naturel dans les forêts basses sub-pérennes ou sub-caducifoliées. Plante ornementale, médicinale et tinctoriale, ses fruits séchés servent de condiment et de colorant culinaire, également employé pour la teinture des textiles par les Mayas des Hautes Terres (Hellmuth, 2014, p. 80). L'écorce peut être utilisée comme cordage et le bois tendre (0,36) serait utilisé ponctuellement comme combustible (Standley and Williams, 1961, p. 67).

Boraginaceae (Planches B et C)

Bourreria sp.

Deux espèces ont été recensées localement, *Bourreria bachata* (syn. *B. succulenta*) et *B. mollis* (syn. *B. oxyphylla*). *B. bachata* est un petit arbre de 10 m de hauteur maximum qui se retrouve dans les forêts basses sub-pérennes et sub-caducifoliées et les zones de savane dans les Basses Terres centrales et septentrionales. *B. mollis* (*roble*) est une espèce de forêt haute pérenne et sub-pérenne pouvant atteindre 20 m de hauteur, distribuée principalement dans les Basses Terres centrales et méridionales. Son bois probablement dense est utilisé comme matériau de construction et comme combustible, de même que celui de *B. bachata*. Cette espèce produit également des fruits comestibles.

Cordia dodecandra

Cordia dodecandra (*siricote*) est un petit arbre héliophile à croissance lente de 8 à 10 m de hauteur (jusqu'à 16 m). Il pousse naturellement dans les forêts basses sèches de stade climacique et dans les forêts transitionnelles en marge des marais saisonniers, dans les Basses Terres centrales et septentrionales.

L'espèce est traditionnellement cultivée dans les jardins pour ses fruits et pour son caractère ornemental puisqu'il fleurit pratiquement toute l'année. Son principal intérêt économique est son bois. Le duramen est sombre et très coloré, moyennement dense (0,65) et facile à travailler. Il a surtout la propriété d'être autolubrifiant, ce qui lui a valu d'être intensivement exploité pour l'artisanat, l'ébénisterie, et plus récemment, dans la construction navale (Barwick and Schans, 2004, p. 130). Les feuilles, fleurs et écorce sont employées pour leurs propriétés médicinales. Les feuilles coriaces et rugueuses s'utilisent comme papier de verre.

Les autres espèces locales du genre *Cordia* sont *C. alliodora* (laurel blanc, grand arbre des forêts hautes et moyennes), *C. colloccoca* (petit arbre de forêt basse caducifoliée, savane et mangrove), *C. diversifolia* (petit arbre de forêt haute et humide et de végétation secondaire), *C. gerascanthus* (arbre de forêt sèche sub-caducifoliée), *C. sebestana* (arbuste fruitier côtier) et *C. spinescens* (arbuste de forêt haute pérenne, forêt de pin et de chêne et ripisylves). Leurs bois sont utilisés comme combustibles et matériaux de construction, en particulier celui du laurel.

Tournefortia sp.

Il existe de nombreuses espèces de *Tournefortia*, essentiellement des arbustes et des lianes, distribuées dans l'ensemble des Basses Terres. Seules deux espèces ont été recensées localement par Lundell (1937), *T. hirsutissima* et *T. maculata*, le spécimen archéologique ne correspondant pas à la première espèce (annexe). *T. maculata* est associée aux forêts moyennes sub-pérennes et sub-caducifoliées, et à la végétation côtière et xérophytique des Basses Terres centrales et septentrionales, de même que les espèces *T. volubilis* et *T. umbellata*. D'autres sont des espèces de forêts hautes pérennes et sub-pérennes, comme *T. angustiflora*, *T. bicolor* et *T. glabra*. Aucun usage connu pour leur bois de densité probablement moyenne.

Burseraceae (Planche C)

Bursera simaruba

Le *chakah* est la seule espèce du genre *Bursera* présente dans les Basses Terres centrales. Arbre décidu de taille moyenne (jusqu'à 20 m de hauteur), cette espèce pionnière est présente dans les forêts sub-pérennes et sub-caducifoliées ainsi que dans les savanes, abondante dans les forêts secondaires et les zones perturbées, et largement distribuée dans l'ensemble des Basses Terres. L'écorce, les fruits, les feuilles et la résine ont des propriétés médicinales, la résine odorante sert à la fabrication des encens, l'arbre est utilisé pour les *cercas vivas* et comme plante fourragère, le bois tendre (de densité 0,35) s'utilise comme bois d'œuvre et, chez les Itzas, comme combustible pour la cuisson de la céramique et la fabrication de la chaux.

Protium sp.

Protium copal (*pom*) est l'espèce la plus répandue dans les Basses Terres, mais d'autres espèces du genre *Protium* existent dans la région, notamment *P. multiramiflorum* et *P. confusum*. Les *Protium* sont de petits arbres d'environ 6 à 15 m de hauteur, *P. copal* pouvant atteindre 20 à 30 de hauteur. Ils poussent dans les forêts hautes et moyennes pérennes et sub-pérennes, essentiellement dans les Basses Terres centrales et méridionales. *P. copal* se retrouve également dans les forêts basses des marais saisonniers (Schulze and Whitacre, 1999). Le *pom*, ou arbre à copal, est connu pour sa résine odorante, principal ingrédient des encens traditionnels mayas dans les Basses Terres. L'encens copal ainsi que les fruits du *pom* sont brûlés au cours des rituels. Son bois de densité moyenne (0,78) est utilisé en construction. Le *pom* possède également des propriétés médicinales.

Capparaceae (Planche M)

Les genres *Capparis*, *Capparidastrum*, *Cynophalla* et *Quadrella* sont synonymes pour au moins 12 espèces présentes dans les Basses Terres. Arbustes épineux ou lianes, généralement pionniers héliophiles et/ou xérophiles, ils se retrouvent dans les forêts moyennes et basses sub-pérennes à sub-caducifoliées, de stade climacique ou secondaire, principalement dans les Basses Terres centrales et septentrionales. Les espèces locales sont *Capparis baducca*, *Capparis lundellii* (syn. *Quadrella lundellii*), *Cynophalla flexuosa* (syn. *Capparis flexuosa*), *Cynophalla verrucosa* (syn. *Capparis verrucosa*), *Capparidastrum discolor* (syn. *Capparis tuerckheimii*) et *Quadrella cynophallophora* (syn. *Capparis cynophallophora*). Dans le Yucatán, le Campeche et le Quintana Roo, ces espèces sont utilisées pour leurs propriétés médicinales et comme plantes mellifères (Arellano Rodriguez et al., 2003, pp. 101–102). Leur bois de densité variable (0,5-0,9) n'a pas d'usage connu.

Celastraceae (Planche C)

Maytenus schippii

Maytenus schipii, *M. guatemalensis* et *M. belizensis* sont les trois espèces reconnues à l'heure actuelle dans les Basses Terres centrales, mais leurs délimitations sont assez floues et il est possible qu'il ne s'agisse que d'une seule espèces (Davidse et al., 2015). Une autre espèce, *M. tikalensis*, a été recensée dans le Nord du Quintana Roo. Petits arbres pouvant atteindre 10 à 12 m de hauteur (jusqu'à 20 m pour *M. tikalensis*), ils se retrouvent dans les forêts moyennes sub-pérennes et sub-caducifoliées, principalement dans les associations calcicoles des Basses Terres centrales et septentrionales. Il n'est fait aucune mention d'un quelconque usage de ces espèces, pas même d'un nom vernaculaire. Mais Standley et Steyermark (1949, p. 207) mentionnent tout de même que leurs bois denses (0,7-0,9) ont une importance économique en Amérique du sud, en précisant seulement qu'ils ne sont pas durables au contact des sols, ce qui implique qu'ils n'ont probablement pas ou peu été utilisés en construction.

Semialarium mexicanum (syn. Hippocratea excelsa)

Seule espèce présente en Amérique centrale, le *guaracho* est une espèce polymorphe (liane, arbuste ou arbre pouvant atteindre 25 m de hauteur) et complètement ubiquiste. On la retrouve dans l'ensemble

des Basses Terres et dans tous les types de végétation, de stade climacique ou secondaire. Cette espèce ne semble être utilisée que pour ses propriétés médicinales[1].

Combretaceae (Planche N)

Bucida buceras

Arbre épineux à feuillage persistant ou caduque, de 9 à 15 m de hauteur, le *pukte'* est une espèce héliophile et hygrophile à croissance lente. On la trouve typiquement en marge des marais saisonniers ou le long des cours d'eau, dans les Basses Terres méridionales, centrales et septentrionales jusqu'au sud du Yucatán. Espèce mellifère, son écorce est employée par les Itzas pour ses propriétés médicinales, mais l'arbre est surtout valorisé pour son bois très dense (0,87) utilisé en charpenterie. Le bois sert également de combustible.

Ebenaceae (Planche D)

Diospyros sp.

Il existe de nombreuses espèces de *Diospyros* dans les Basses Terres. Les espèces locales, *D. bumeliodes* (*siliil*), *D. campechiana*, *D. salicifolia*, *D. tetrasperma* (*ebano*), *D. yatesiana* et *D. yucatanensis*, sont des arbustes ou arbres souvent héliophiles et hygrophiles que l'on trouve dans les forêts des zones hautes, les zones humides et les forêts secondaires des zones perturbées (Martínez and Galindo Leal, 2002). Espèces mellifères, certaines d'entre elles produisent des fruits comestibles, comme *D. salicifolia* et *D. tetrasperma*. Les fruits des autres espèces sont consommés par les animaux sauvages. Leurs bois denses (0,7-1) sont utilisés comme bois d'œuvre et parfois dans la construction. *D. digyna* (*zapote negro*) est un arbre d'environ 20 m de hauteur à croissance lente, cultivé dans les jardins pour ses fruits et comme arbre ornemental, également pour ses propriétés médicinales dans le nord de la péninsule (Arellano Rodriguez et al., 2003, pp. 197–198).

Erythroxylaceae (Planche D)

Erythroxylum sp.

De nombreuses espèces sont présentes dans les Basses Terres, les espèces locales étant *Erythroxylum areolatum*, *E. guatemalense* et *E. rotundifolium* (*iik' il che'*). Il s'agit d'arbustes de sous-bois des forêts hautes et moyennes sub-pérennes et sub-caducifoliées, distribuées principalement dans les Basses Terres centrales et septentrionales. *E. guatemalense* et *E. rotundifolium* poussent également dans les forêts basses des marais (Martínez and Galindo Leal, 2002). Ces espèces sont valorisées pour leur bois denses (0,7-0,9), utilisé comme bois d'œuvre et comme bois de construction.

[1] *Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana* (UNAM). Accessible à : <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx>

Euphorbiaceae (Planche D)

Croton sp.

Il existe de très nombreuses espèces du genre *Croton* dans la zone maya, la plupart étant des herbes ou arbrisseaux caractéristiques des zones de végétation ouverte ou secondaire. Les espèces arborées locales sont communément appelées *cascarillo* ou *copalchi* : *C. billbergianus*, *C. glabellus*, *C. guatemalensis*, *C. macrodontus*, *C. niveus* et *C. reflexifolius*. Mentionnons également l'enregistrement récent de *C. arboreus* dans la Réserve de Biosphère de Calakmul (Barajas Morales, com. pers.)[2]. Arbustes ou petits arbres héliophiles et souvent pionniers pouvant atteindre 10 à 12 m de hauteur, ils poussent dans les forêts sub-pérennes et sub-caducifoliées et dans les marais saisonniers, dans l'ensemble des Basses Terres. Ces espèces mellifères possèdent des propriétés médicinales, et leurs bois de densité moyenne (0,4-0,6) sont souvent utilisés comme combustible et matériaux de construction. Sur la côte pacifique du Guatemala, *C. guatemalensis* et *C. reflexifolius* sont plantées pour servir de coupe-vent dans les cultures de café (Standley and Steyermark, 1949, pp. 72–73).

Euphorbia sp.

Le genre *Euphorbia* est représenté par d'innombrables espèces dans l'ensemble des Basses Terres. Il s'agit de plantes herbacées annuelles ou pérennes, qui caractérisent essentiellement les zones de végétation ouverte ou perturbée. Certaines espèces peuvent être suffrutescentes, telles que *E. mendezii*, *E. pulcherrima* et *E. tithymaloides*. Seule cette dernière espèce a été recensée localement par Lundell (1937), mais la structure anatomique de son bois ne correspond pas au spécimen archéologique, qui présente davantage les caractères du groupe *Chamaesyce*. Aucune espèce de ce groupe n'a pourtant été recensée localement, mais Standley et Steyermark (1949, pp. 98–99) mentionnent la présence d'*Euphorbia densiflora* (syn. *Chamaesyce densiflora*) dans le Petén. Les espèces du genre *Euphorbia* sont souvent utilisées pour leurs propriétés médicinales, et *E. pulcherrima* (*flor de pascua*) est un arbuste ornemental très largement cultivé au Guatemala et au Mexique.

Adelia sp.

Seule l'espèce *Adelia barbinervis* a été recensée localement, mais l'espèce *A. triloba* aurait été collectée au Belize. *A. barbinervis* est un arbuste ou petit arbre pionnier pouvant atteindre 9 m de hauteur, que l'on trouve dans les forêts sub-pérennes des Basses Terres centrales et septentrionales. Son bois est utilisé en construction dans le nord de la péninsule (Arellano Rodriguez et al., 2003, p. 205).

Gymnanthes lucida

Gymnanthes lucida (*yaytil*) est un petit arbre pouvant atteindre 10 m de hauteur que l'on trouve dans les forêts hautes et moyennes sub-pérennes et les forêts basses caducifoliées (Martínez and Galindo Leal, 2002), au moins dans les Basses Terres centrales et septentrionales. Son bois très dense (1,1) est utilisé en charpenterie et en ébénisterie.

[2] Données en cours de publication.

Sebastiania sp.

Sebastiania adenophora et *S. longicuspis* (syn. *Pleradenophora longicuspis*) sont des arbustes ou arbres de forêts hautes et moyennes pérennes et sub-pérennes, de stade climacique ou secondaire et de forêts basses de marais saisonniers (Schulze and Whitacre, 1999). On les nomme communément *chechem blanco* car leur résine est hautement toxique.

Fabaceae – Papilionoideae (Planche E)

Dalbergia sp.

Les *Dalbergia* sont souvent des arbustes ou des lianes hygrophiles. Seule la liane *D. glabra* a été recensée localement, et une espèce arborée non identifiée a été collectée à Naachtun en 2013. Le bois de rose (*D. stevensonii*) est un arbre héliophile de 15 à 30 m de hauteur qui pousse dans les forêts hautes pérennes et sub-pérennes, notamment dans les *Maya Mountains*. Son bois de densité 0,78 a été exploité comme matériau de construction et comme bois d'œuvre au cours du XX^{e} siècle (Standley and Steyermark, 1946a, p. 207), mais l'espèce est désormais protégée. Les autres espèces qui existent dans les forêts des Basses Terres centrales sont *D. brownei* (*barbasco*), *D. escataphyllum* et *D. monetaria*, les deux dernières étant des espèces de mangroves. Dans le Petén, l'écorce de *D. glabra* (*ixcipix*) est utilisée comme cordage (*majagua*).

Diphysa sp.

Diphysa carthagenensis (*guachipilin*) est la seule espèce locale, mais l'espèce *D. americana* est présente dans les Basses Terres centrales et septentrionales. *D. carthagenensis* est un arbuste ou petit arbre jusqu'à 10 à 12 m de hauteur qui pousse essentiellement dans les forêts sub-pérennes et sub-caducifoliées des zones hautes. *D. americana* pousse dans les forêts moyennes et basses sub-caducifoliées et caducifoliées. Son bois très dense (1,18) est utilisé comme matériau de construction chez les Itzas.

Lonchocarpus sp.

Il existe de nombreuses espèces de *Lonchocarpus* dans les Basses Terres, correspondant à des arbres des strates forestières supérieures et intermédiaires. Parmi les espèces locales, on trouve *L. castilloi* (*manchiche*), *L. eriocarinalis* (*palo de cojolito*), *L. guatemalensis* (*palo gusano* ou *balche*), *L. heptaphyllus* (*x'balche*), *L. hondurensis* (*palo gusano*), *L. rugosus* (*kanazin*) et *L. yucatanensis* (*yaxul*). Ces arbres à feuillage persistant et généralement à croissance lente, poussent essentiellement dans les forêts hautes et moyennes sub-pérennes et sub-caducifoliées. D'après Dickson (2009), *L. yucatanensis* est une espèce pionnière caractéristique des premiers stades de régénération forestière. *L. guatemalensis* est un petit arbre d'environ 6 à 8 m de hauteur, caractéristique des forêts basses sub-pérennes de marais inondables, abondante dans les zones de marais perturbées et dans les *acahuales*. L'espèce se retrouve également dans les forêts basses caducifoliées dans les Basses Terres septentrionales (Martínez and Galindo Leal, 2002). L'espèce *L. sericeus* (syn. *L. cruentus*, *rosa morada*) est un arbre de 10 à 20 m de hauteur maximum, héliophile pionnier et hygrophile, plutôt répandu dans les forêts hautes et humides des Basses Terres méridionales (Lorenzi, 2002; Pennington and Sarukhán, 2005). La plupart de ces espèces est mellifère et plusieurs d'entre elles possèdent des propriétés

médicinales. Par ailleurs, elles sont toutes exploitées pour leur bois dense et durable (de densité 0,5-0,9), utilisé dans la construction, dans l'artisanat et comme combustible. Dans le Yucatán, l'écorce de *L. longistylus* (*baal che*) sert à la préparation du *balche*, une boisson consommée au cours des rituels liés au dieu de la pluie Chaak (Flores and Balam, 1997, p. 105).

Piscidia piscipula

Seule espèce des Basses Terres, le *habín* est un arbre décidu pouvant atteindre 15 m de hauteur que l'on trouve dans les forêts moyennes et basses sub-pérennes et sub-caducifoliées des Basses Terres centrales et septentrionales. L'espèce est également abondante dans les zones perturbées de végétation secondaire (Dickson, 2009; Martínez and Galindo Leal, 2002). Bien que relativement difficile à travailler, son bois dense (0,8) et durable est abondamment utilisé comme bois d'œuvre dans la construction et l'artisanat. Il sert également de combustible, soit directement, soit sous forme de charbon. Les feuilles et l'écorce, en particulier celle des racines, contiennent plusieurs substances narcotiques et sédatives utilisées en médecine traditionnelle. Réduites en poudre, elles sont insecticides et herbicides, mais elles servent surtout, traditionnellement, à empoissonner le poisson pour faciliter la pêche. D'après Flores et Balam (1997), le *habín* joue un rôle primordial dans les rituels de Ch'a Chaak. Cette cérémonie maya traditionnelle se encore pratique encore de nos jours dans le Yucatán, à la fin de la saison sèche (entre juin et juillet dans le nord de la péninsule), et est destinée à provoquer les pluies par l'invocation du dieu de la pluie Chaak. Dans le cycle agricole et religieux, dépendant du cycle des saisons, la floraison du *habín* annonce l'arrivée des pluies, alors que la chute précoce de ses feuilles, vers novembre-décembre, annonce une saison sèche longue. Lors de la cérémonie de Ch'a Chaak, les branches du habín sont utilisées, avec celles du *chakah* (*Bursera simaruba*) pour construire et orner l'autel.

Fabaceae – Caesalpinoideae (Planche F)

Gliricidia sepium

Le *madre cacao* (*kante* en maya Itza) est la seule espèce du genre *Gliricidia* recensée actuellement dans les Basses Terres. Il s'agit d'un arbuste ou petit arbre décidu, pionnier et héliophile, dépassant rarement les 10 m de hauteur, largement répandu dans l'ensemble des Basses Terres. Il pousse naturellement dans les forêts moyennes et basses sub-pérennes et sub-caducifoliées et à proximité des zones humides, l'espèce étant particulièrement abondante dans les forêts de marais perturbées (Martínez and Galindo Leal, 2002; Pennington and Sarukhán, 2005). Avec le *chakah* (*Bursera simaruba*), le *madre cacao* est l'arbre privilégié pour les clôtures naturelles, puisque ses branches plantées directement produisent rapidement des racines. C'est la raison pour laquelle l'espèce est largement distribuée sur les zones hautes ouvertes, le long des chemins et des pâturages. Elle est également cultivée dans les jardins pour son caractère ornemental. Les fleurs sont comestibles, les feuilles et les fruits servent de fourrage aux animaux domestiques, alors qu'ils sont toxiques pour les animaux nuisibles comme les rongeurs. Le bois (de densité 0,58) est utilisé comme matériau de construction dans le Yucatán et comme combustible par les Itzas (ethno perso). Le nom de *madre cacao* vient du fait que l'arbre était cultivé dans les plantations de cacaoyers pour produire l'ombre nécessaire à leur croissance, mais surtout en raison des bactéries présentes dans ses racines, qui fixent l'azote des sols. Cette capacité à fixer l'azote dans les sols est une caractéristique commune aux

Fabaceae, raison pour laquelle ces plantes sont régulièrement cultivées en alternance on en combinaison avec les autres cultigènes comme le maïs (Poaceae) dont la culture a tendance à appauvrir les sols.

Haematoxylum sp.

Haematoxylum campechianum (*tinto*) est une espèce amplement répandue dans les Basses Terres centrales et septentrionales. Petit arbre épineux, semi-décidu, héliophile et à croissance lente, il peut atteindre 8 m de hauteur et se distingue par son port tortueux. Il est caractéristique des marais inondables pour être extrêmement résistant à la sécheresse et tolérant aux inondations saisonnières. *H. brasiletto* (*tinto de montaña*), arbuste de 2 à 3 mètres de hauteur, non local, se retrouve essentiellement dans les forêts sèches sur les zones rocheuses des Hautes Terres, mais l'espèce a également été recensée au Belize et dans les forêts sub-caducifoliées des Basses Terres septentrionales (Martínez et Galindo-Leal, 2002). Une troisième espèce, *H. calakmulense*, est mentionnée par Davidse et al. (2016a) dans les Basses Terres centrales et septentrionales, mais il s'agit manifestement d'une distinction récente puisque cette espèce n'est pas incluse dans la classification APG III de 2009. Les bois très denses (0,92-0,94) des *tintos* ont été largement exploités par les Britanniques dès le XVIII^{e} siècle pour le colorant orangé, rouge à noir que l'on peut extraire du duramen. Ce colorant est traditionnellement utilisé par les Mayas des Hautes Terres comme teinture pour les textiles. Le bois extrêmement durable de *H. campechianum* est de nos jours employé comme matériau de construction et comme combustible par les Itzas (Chayax Huex, com. pers. 2015). Il s'agit par ailleurs d'une importante espèce mellifère en raison de sa floraison odorante et riche en nectar.

Caesalpinia sp.

Parmi les espèces de *Caesalpinia* présentes dans les Basses Terres, celles qui ont été recensées localement sont *C. gaumeri* (*kitamche*), *C. mollis*, *C. yucatanensis* (*tak'inche*), *C. vesicara* (*toxok*) et *C. violacea* (*chaltecoc*). Il s'agit d'arbres de forêts hautes et moyennes sub-pérennes et sub-caducifoliées, de stade climacique et secondaire, qui poussent essentiellement dans les Basses Terres centrales et septentrionales. D'après Dickson (2009), *C. yucatanensis* est une espèce pionnière, abondante dans les premiers stades de régénération forestière, pouvant atteindre 6 m de hauteur. Elle est souvent cultivée dans les jardins comme plante ornementale. *C. violacea* est un petit arbre de 5 à 15 m de hauteur des forêts climaciques. Les *Caesalpinia* présentent des bois denses (0,8-1,2), utilisés comme bois d'œuvre dans la construction et l'artisanat et comme combustible. Certaines espèces possèdent des propriétés médicinales. Le bois de *C. violacea* procure un colorant rouge que l'on suppose avoir été utilisé par les anciens Mayas (Standley and Steyermark, 1946, p. 105).

Swartzia sp.

Swartzia cubensis (*llora sangre*) est l'espèce du genre *Swartzia* la plus répandue dans les Basses Terres centrales et septentrionales. Cet arbre de canopée se retrouve dans les forêts des zones hautes de même que dans les forêts de marais inondables (Schulze and Whitacre, 1999). *S. guatemalensis* (*sosolche*) a été collectée récemment dans la Réserve de Biosphère de Calakmul (Barajas Morales, com. pers.) et *S. myrtifolia* a été recensée dans l'État d'Izabal. *Swartzia guatemalensis* et *S. myrtifolia* sont des arbustes ou petits arbres (jusqu'à 12 m de hauteur) héliophiles qui se retrouvent dans les forêts hautes et

moyennes pérennes et sub-pérennes de stade climacique et secondaire. Le bois du *llora sangre* (de densité 0,91) est employé comme bois d'œuvre et comme combustible, et ses fruits sont consommés par les animaux. On reconnait également à l'espèce des propriétés médicinales.

Fabaceae – Mimosoideae (Planches F, G et H)

Acacia sp. (cf. Vachellia sp.)

Dans les Basses Terres centrales, certaines espèces d'acacias, appelées de façon générique les *subin* ou s*ubin che*, sont reconnaissables par leurs épines longues (jusqu'à 4 cm) disposées par paires à la base des feuilles. Il s'agit des espèces *A. colinsii*, *A. cookii* et *A. cornigera*, auxquelles on peut ajouter *A. farnesiana*, bien que cette espèce arborée soit tout de même plus largement répandue dans les Basses Terres septentrionales. Ces arbustes héliophiles pionniers ne dépassent généralement pas 3 m de hauteur et sont caractéristiques des zones perturbées de végétation secondaire. On les trouve aussi bien sur les zones hautes dans les forêts sèches ou semi-humides, que dans les zones basses de marais inondables, voire dans les zones arides et les savanes (*A. cornigera* et *A. farnesiana*). La cohérence de ce groupe d'espèces s'observe également sur le plan xylologique, puisqu'elles présentent des caractères anatomiques identiques (notamment la présence de grands cristaux dans des cellules de parenchyme idioblastiques, voir annexe). En Amérique centrale, ces espèces sont considérées comme affiliées au genre *Vachellia*, mais la synonymie entre les espèces de ces deux genres ne semble pas encore clairement établie. Le bois des *subin* est principalement utilisé comme combustible et les épines s'utilisent pour la fabrication des colliers.

Acacia sp.

Les autres espèces d'acacias que l'on trouve dans les Basses Terres sont le plus souvent des arbustes de 2 à 3 m ou des petits arbres pouvant atteindre 9 m de hauteur : *A. angustissima* et *A. dolychostachya* (désignées sous le nom de *jesmo*), et *A. gaumeri* et *A. riparia* (*katsin*). Ces espèces héliophiles et souvent xérophiles se retrouvent principalement dans les forêts moyennes et basses sub-pérennes et sub-caducifoliées des Basses Terres centrales et septentrionales, en particulier dans les zones de végétation secondaire, dans les *acahuales* et les savanes. Seule l'espèce locale *A. glomerosa* (*cantemoc*) est un arbre de forêts hautes et moyennes. Les acacias possèdent des propriétés médicinales ou sont mellifères. Leurs bois denses (0,7-1) sont considérés comme de très bons combustibles dans le Petén et les États mexicains. Ils peuvent parfois être employés comme bois de construction. Les feuilles et les fruits sont consommés par les animaux domestiques et sauvages.

Indigofera suffruticosa

Seule espèce ligneuse du genre dans les Basses Terres, *Indigofera suffructicosa* (indigo) est un arbrisseau épineux héliophile de végétation secondaire qui pousse sur les zones hautes, principalement dans les forêts sèches. Elle possède de nombreuses propriétés médicinales et sert aussi de plante mellifère. Son bois fut abondamment exploité à l'époque coloniale pour la production de l'indigo.

Lysiloma sp.

Collectée à Naachtun en 2013, *Lysiloma aurita* (syn. *L. multifoliolatum*) est un petit arbre héliophile pionnier de 6 à 12 m de hauteur à feuillage persistant. On le trouve dans les *acahuales*, les clairières et le long des chemins, ainsi que dans les zones de végétation secondaire associées aux forêts hautes et moyennes sub-pérennes. Son bois s'utilise comme matériau de construction au Mexique. Les autres espèces du genre *Lysiloma* recensées dans les Basses Terres sont *L. acapulcense* (*quebracho*) et *L. latisiliquum* (*tzalam*), de petits arbres d'environ 12 à 15 m de hauteur. Il s'agit d'espèces pionnières que l'on trouve dans les forêts moyennes et basses sub-pérennes et sub-caducifoliées, souvent associées à des zones de végétation ouverte ou secondaire. Arbres multi-usages, leurs bois de densité moyenne (0,60-0,65) sont utilisés comme matériaux de construction et comme combustibles, les feuilles et les fruits servent de fourrage aux animaux.

Mimosa pigra

Mimosa pigra (*kuka*) est un arbuste épineux de 1 à 2 m de hauteur, caractéristique des forêts basses des marais saisonniers et des zones humides, abondant dans les zones de végétation secondaire et les *acahuales*. Il est amplement répandu dans l'ensemble des Basses Terres. C'est un arbuste mellifère qui possède des propriétés médicinales.

Albizia sp.

Bien que non recensées localement, les espèces *Albizia adinocephala* (*canche'*), *A. saman* (syn. *Samanea saman*, *algarroba*) et *A. tomentosa* (*arrocillo*) sont de grands arbres des forêts hautes et moyennes pérennes et sub-pérennes, de stade climacique ou secondaire, répandus dans l'ensemble des Basses Terres. La seule espèce possiblement locale est *A. tomentosa*, puisqu'un échantillon d'un bois nommé *arrocillo* (non identifié, mais dont les caractères anatomiques pourraient correspondre au genre *Albizia*) a été collecté à Naachtun. Espèces mellifères, leurs bois de densité moyenne (0,5-0,7) est employé comme bois d'œuvre et comme combustible, les feuilles et les fruits servent de fourrage aux animaux.

Cojoba sp.

Les espèces locales du genre *Cojoba* sont des arbres de forêts hautes et moyennes pérennes et sub-pérennes, héliophiles et abondants le long des cours d'eau, répandus principalement dans les Basses Terres centrales et méridionales. *C. recordii* (syn. *Pithecellobium erythrocarpum*) est un arbuste ou petit arbre jusqu'à 9 m de hauteur. *C. arborea* (syn. *Pithecellobium arboreum*, *plumajillo*) est un arbre à feuillage persistant et à croissance rapide, pouvant atteindre 30 m de hauteur à la canopée. Il est résistant à la sécheresse. Son bois dense (0,6-0,7) et durable est employé par les Itzas comme matériau de construction, comme bois d'œuvre dans l'ébénisterie et comme combustible. Ces arbres sont d'excellents mellifères.

Enterolobium cyclocarpum

Le *guanacaste* (*Enterolobium cyclocarpum*) est la seule espèce du genre *Enterolobium* présente dans les Basses Terres. Cet arbre géant héliophile et à croissance rapide peut atteindre 35 m de hauteur et 3 m DHP dans les forêts sub-caducifoliées climaciques. Arbre à feuillage caduque, il est pionnier dans les

forêts semi-humides secondaires. Résistant à la sécheresse, on le retrouve dans l'ensemble des Basses Terres. Le *guanacaste* est entretenu dans les espaces habités et cultivés et les pâturages comme arbre d'ombrage. Son feuillage et les fruits immatures servent de fourrage aux animaux. Son bois tendre (0,43) est employé dans la construction rurale et l'artisanat et ses fruits sont comestibles.

Havardia sp.

Havardia albicans (syn. *Pithecellobium albicans*, *chucum*) est un arbuste à feuillage persistant d'environ 5 m de hauteur, qui pousse dans les forêts moyennes et basses sub-pérennes et sub-caducifoliées, principalement dans les Basses Terres centrales et septentrionales. Le bois du *chucum*, probablement dense, est employé comme matériau de construction dans toute la péninsule et comme combustible chez les Itzas. Son écorce est utilisée pour ses propriétés médicinales.

Inga sp.

Le genre *Inga* est représenté par de nombreuses espèces dans les Basses Terres, essentiellement des arbustes ou arbres héliophiles et hygrophiles à croissance très rapide. Les espèces qui ont été recensées localement sont *I. edulis* et *I. vera* (syn. *I. spuria*, *juincuil*). Pouvant atteindre 20 m de hauteur, ils se retrouvent dans les forêts hautes et moyennes des Basses Terres centrales et méridionales, le long des cours d'eau, dans les marais saisonniers et souvent dans les pinèdes ouvertes ou les zones de végétation secondaire. La pulpe de leurs fruits est comestible. Le bois du *juincuil* (de densité 0,58) est utilisé dans la construction et comme combustible. Il est cultivé comme arbre à ombrage dans les plantations de café.

Pithecellobium sp. (sricto sensu)

Dans les Basses Terres, le genre *Pithecellobium* est représenté par de nombreuses espèces aux écologies variées. Majoritairement des arbustes ou petits arbres, on les trouve dans les forêts hautes, moyennes et basses sub-pérennes et sub-caducifoliées, de stade climacique ou secondaire. Les espèces qui ont été recensées localement, *P. pachypus*, *P. lanceolatum* et *P. macrandrium*, poussent dans les forêts basses des marais et dans les zones de végétation secondaire. Les bois des *Pithecellobium* sont de densité variable (0,4-0,7) et s'utilisent comme combustibles. La plupart des espèces est mellifère et produit des graines comestibles.

Zygia sp.

Il existe plusieurs espèces du genre *Zygia* dans les Basses Terres, les espèces locales étant *Z. englesingii*, *Z. latifolia* (syn. *Pithecellobium latifolium*) et *Z. peckii* (syn. *Pithecellobium belizense*). Malgré des informations très lacunaires, il semble qu'il s'agisse essentiellement de petits arbres hygrophiles ne dépassant pas 10 m de hauteur, principalement associés aux forêts hautes et moyennes des Basses Terres centrales et méridionales. *Z. latifolia* produit un bois dense (0,75), mais aucun usage n'est connu pour ces espèces.

Lauraceae (Planche H)

Licaria/Nectandra

Il existe de nombreuses espèces de ces deux genres, le plus souvent désignées sous les noms de *laurel*, *aguacatillo*, *laurelillo* ou *copalchi*, principalement répandues dans les Basses Terres centrales et méridionales. Parmi ces espèces, *Licaria campechiana*, *L. coriacea*, *L. peckii*, *Nectandra coriaceae*, *N. globosa*, *N. salicifolia* et *N. sanguinea* ont été recensées localement. Il s'agit d'arbres à feuillage persistant des strates forestières supérieures et intermédiaires des forêts hautes et moyennes pérennes et sub-pérennes, majoritairement présents dans les associations calcicoles. D'après Schulze et Withacre (1999), *Licaria peckii* se retrouve également dans les forêts de marais. D'après Martínez et Galindo-Leal (2002), *Licaria coriacea* est présente dans les forêts basses caducifoliées des Basses Terres septentrionales, et *Nectandra coriacea* serait abondante dans certaines zones de forêts de marais perturbées. Ces arbres sont principalement exploités pour leurs bois de densité variable (0,5-0,9), utilisés dans la construction. Le bois tendre de *N. globosa* (0,39) s'emploie également comme combustible.

Aiouea sp.

Le genre *Aiouea* (syn. *Aniba*) n'est pas présent actuellement dans le Nord du Petén. Deux espèces ont été recensées par Lundell dans les Basses Terres méridionales, plus précisément dans le Sud du Petén et l'Izabal, *A. guatemalensis* (syn. *Aniba guatemalensis*) et *A. parvissima* (syn. *Aniba parvissima*), ce à quoi s'ajoute *A. inconspicua*, recensée dans le Nord du Chiapas (Davidse et al., 2016b). Il s'agit vraisemblablement de petits arbres d'environ 6 à 8 m de hauteur, à feuillage persistant, qui poussent dans les forêts hautes et moyennes pérennes (Lundell, 1978, p. 6).

Malpighiaceae (Planche I)

Byrsonima sp.

Byrsonima bucidifolia (*nance agrio* ou *nance silvestre*) est la forme sauvage de *B. crassifolia* (*nance*). Il s'agit de petits arbres héliophiles à feuillage persistant et à croissance lente, de 2 à 10 m de hauteur. Résistants à la sécheresse, on les trouve typiquement à l'état naturel dans les forêts basses des marais saisonniers et dans les savanes. Ils sont amplement cultivés dans les jardins en tant que plantes ornementales, mellifères et arbres fruitiers. De l'écorce du fruit, on extrait un colorant marron clair utilisé au Guatemala dans l'artisanat du textile. Les fruits immatures sont parfois utilisés pour produire une encre. Ces arbres sont employés pour leurs propriétés médicinales chez les Itzas. Leurs bois de densité moyenne (0,60-0,65) s'emploient comme bois d'œuvre dans l'artisanat et l'ébénisterie, celui de *B. bucidifolia* est également utilisé pour la production du charbon (Atran et al., 2004). L'écorce s'utilise comme tannin.

Bunchosia sp.

Au moins quatre espèces sont présentes dans les Basses Terres : *Bunchosia argentea*, *Bunchosia lanceolata*, *B. lindeniana* (syn. *B. glandulosa*) et *B. swartziana* (*sipché*), mais seule la dernière a été recensée localement. Ces petits arbres héliophiles à feuillage persistant, parfois décidu, se

retrouvent dans les forêts moyennes et basses sèches des Basses Terres centrales et septentrionales. Arbre à croissance lente, *B. argentea* est cultivé comme plante ornementale et arbre fruitier. Dans les communautés yucatèques du nord de la péninsule, les branches de *B. glandulosa* et *B. swartziana* sont utilisées dans le rituel de *Cha'achac* pour disperser l'encens et éloigner ainsi les mauvais esprits (Arellano Rodriguez et al., 2003, pp. 404–405; Flores and Balam, 1997).

Melastomataceae (Planche J)

Miconia sp.

Il existe environ 200 espèces du genre *Miconia* en Amérique centrale. Seules les espèces *Miconia impetiolaris* et *M. laevigata* ont été recensées par Lundell (1937) dans le Nord du Petén. *M. impetiolaris* est un arbuste pionnier de 2 à 8 m de hauteur de forêts humides, qui pousse dans les zones ouvertes, les jachères, les pâturages et le long des chemins. *M. laevigata* est un arbuste de 2 à 5 m de hauteur, hygrophile, également associé aux forêts humides. Distribuées dans l'ensemble des Basses Terres et des Hautes Terres, les autres espèces sont des arbustes ou petits arbres d'écologie variée, bien que majoritairement associés aux zones humides et ouvertes. Par exemple, *M. schlimii* est un arbuste de 2 à 8 m de hauteur, qui pousse aussi bien dans les forêts hautes pérennes de stade climacique que dans les zones perturbées et en bordure de cours d'eau. Certaines espèces comme *M. longifolia* sont hygrophiles, d'autres comme *M. argentea*, *M. ciliata* et *M. ibaguensis* se retrouvent en marge des savanes et dans les pinèdes de basses terres. D'après Standley et Williams (1961, pp. 467–468), le bois de *M. argentea* (Maya blanc, de densité 0,59) est utilisé comme combustible au Mexique. *M. ciliata* et *M. prasina* sont mentionnées comme arbustes mellifères exploités dans le Nord de la péninsule (Arellano Rodriguez et al., 2003, p. 426).

Meliaceae (Planche I)

Trichilia sp.

Les espèces du genre *Trichilia* sont nombreuses dans les Basses Terres, parmi lesquelles *T. havanensis* (*limoncillo*), *T. hirta* (*cedrillon*), *T. minutiflora* (*limonaria*), *T. moscata* (*cedrillo*) et *T. pallida* ont été recensées localement. Il s'agit d'arbustes ou d'arbres de forêts hautes et moyennes pérennes et sub-pérennes, à feuillage persistant ou caduque, de stade climacique et secondaire, distribués principalement dans les Basses Terres centrales et méridionales. *T. moscata* se retrouve dans les forêts basses de marais mésiques (Schulze and Whitacre, 1999). *T. hirta*, espèce la plus répandue dans les Basses Terres, est un arbuste pionnier héliophile. Il possède des propriétés médicinales, ses graines très riches en huile sont consommées par les animaux et utilisées en cosmétique traditionnelle. Dans le Campeche, il est appelé *asa-pescado* car son bois (0,55) est spécifiquement utilisé comme combustible pour les grillades de poissons. Les autres espèces sont principalement valorisées pour leurs bois de densité variable (0,55-0,88), employés comme bois d'œuvre et comme combustibles.

Swietenia sp.

Swietenia macrophylla (*caoba*) est la seule espèce qui a été recensée localement, mais deux autres espèces existent dans les Basses Terres, *S. humilis* et *S. mahogany*. Répandu dans l'ensemble des Basses Terres, le *caoba* est un arbre décidu de canopée pouvant atteindre 45 m de hauteur, qui pousse

dans les forêts hautes et moyennes pérennes et sub-pérennes, également dans les forêts basses des marais saisonniers (Schulze and Whitacre, 1999). Ses feuilles et son écorce sont utilisées pour leurs propriétés médicinales. Son bois de densité moyenne (0,53) est considéré comme l'un des bois les plus précieux au monde et a été très largement exploité comme bois d'œuvre. Les Itzas utilisent traditionnellement le bois du *caoba* dans la construction et l'ébénisterie. Les Swietenia sont des plantes mellifères.

Menispermaceae (Planche J)

Hyperbaena sp.

Deux espèces sont présentes dans les Basses Terres : *Hyperbaena mexicana* et *H. winzerlingii*, cette dernière ayant été collectée à Naachtun. Il s'agit d'arbustes de sous-bois, répandu dans l'ensemble des Basses Terres, abondants dans les forêts basses des marais, ainsi que dans les zones ouvertes et perturbées associées aux zones humides. Aucun usage n'est connu pour ces espèces.

Moraceae (Planche K)

Brosimum alicastrum

Le *ramón* (*Brosimum alicastrum*) est la seule espèce locale, mais deux autres espèces sont présentes au Belize, *B. guianense* et *B. lactescens*. Le *ramón* est un arbre héliophile, bien que tolérant à l'ombre, à croissance lente et à feuillage persistant, pouvant atteindre 40 m de hauteur. Il est abondant dans les forêts de zones hautes et moyennes humides et sèches, dominant dans les associations calcicoles et répandu dans l'ensemble des Basses Terres. Le *ramón* se retrouve également dans les forêts basses des marais. L'espèce est en effet tolérante aux inondations saisonnières et extrêmement résistante à la sécheresse (Barwick and Schans, 2004). Il s'agit de l'arbre multi-usage par excellence. Il est amplement cultivé dans les zones urbaines comme arbre d'ombrage. Ses fruits et sa résine sont utilisés pour leurs propriétés médicinales. La fine pulpe du fruit est comestible, de même que la graine, riche en protéines, lorsqu'elle est cuite à la chaux puis réduite en farine. Chez les Itzas, la farine de ramón se substitue à celle du maïs en cas de mauvaise récolte (Puleston, 1968). Les feuilles et les fruits constituent une excellente source de fourrage pour les animaux domestiques, dont on pense qu'ils améliorent la lactation, de même que chez les humains. Appelé la "milpa des animaux", le ramón est traditionnellement favorisé à proximité des zones habitées pour attirer les animaux sauvages qui s'y nourrissent, en particulier lors de la saison sèche lorsque les autres sources de nourriture s'épuisent. Son bois clair de densité moyenne (0,57) est employé comme bois de construction et comme combustible par les Itzas. Il semblerait également que les graines du ramón soient utilisées au cours de certains rituels.

Pseudolmedia sp.

Les *manax* (*Pseudolmedia spuria* et *P. glabrata*, syn. *P. oxyphyllaria*) sont des arbres à feuillage persistant des strates arborées inférieures et intermédiaires. Ils poussent dans les forêts hautes et moyennes pérennes et sub-pérennes des Basses Terres centrales et méridionales. Ils produisent des fruits comestibles, possèdent des propriétés médicinales et leurs bois sont employés comme matériau de construction et comme combustible.

Trophis racemosa

Le r*amón colorado* est la seule espèce locale du genre *Trophis*. *T. mexicana* est une autre espèce que l'on trouve dans les forêts hautes pérennes des Basses Terres méridionales, notamment dans le Sud du Petén. Le *ramón colorado* est un arbre héliophile à feuillage persistant, pouvant atteindre 18 m de hauteur. Il pousse essentiellement dans les forêts hautes et moyennes et dans les zones de végétation secondaire, dans l'ensemble des Basses Terres. Comme le *ramón*, les feuilles du *ramón colorado* servent de fourrage aux animaux, en particulier pendant la saison sèche où les autres sources de nourriture s'épuisent. Son bois dense (0,66) est utilisé comme combustible.

Cecropia sp.

Le nom *guarumo* désigne les deux espèces *Cecropia o* Basses Terres *usifolia* et *C. peltata*. Ces arbres pionniers héliophiles peuvent atteindre 20 à 22 m de hauteur. Ils se retrouvent sur les zones hautes et sont caractéristiques des zones ouvertes, notamment les chablis et les *acahuales*. Ces arbres présentent des propriétés médicinales et leur bois tendre (de densité 0,30) est utilisé par les Itzas comme combustible pour la cuisson des céramiques (Atran and Ucan Ek', 1999).

Maclura tinctoria

Maclura tinctoria (syn. *Chlorophora tinctoria*, *mor*a) est un arbre décidu à croissance lente, pouvant atteindre 20 à 30 m de hauteur. On le trouve dans les forêts hautes et moyennes sub-pérennes et sub-caducifoliées de stade climacique et secondaire, répandu dans l'ensemble des Basses Terres. Ses feuilles servent de fourrage aux animaux. Son bois dense (0,76) s'utilise pour la construction, l'artisanat et comme combustible, mais a surtout été exploité traditionnellement pour la production de colorants jaune à vert olive.

Myrtaceae (Planche J)

Eugenia sp.

Le genre *Eugenia* présente de nombreuses espèces répandues dans l'ensemble des Basses Terres. Les espèces locales sont *E. acapulcensis*, *E. axillaris*, *E. capuli*, *E. gaumeri*, *E. ibarrae*, *E. tikalana* et *E. winzerlingii*. Souvent nommés *guayabillo* ou *escobillo*, il s'agit de petits arbres à croissance modérée ou lente généralement xérophytes, à feuillage persistant ou décidu. Certaines espèces forment le sous-bois dans les forêts hautes et moyennes (e.g. *E. acapulcensis*, *E. axillaris*), d'autres sont abondantes dans les forêts basses des marais saisonniers (e.g. *E. winzerlingii*) ou dans les savanes (e.g. *E. ibarrae*). Ces arbres sont exploités pour leurs propriétés médicinales et comme plantes mellifères dans le Yucatán et le Quintana Roo. Leurs bois très denses (0,8-1) sont employés en construction par les Itzas et comme combustible dans les Basses Terres mexicaines.

Psidium sp.

Parmi les espèces de *Psidium*, *P. guayava* (*guayava*) est cultivée dans l'ensemble des Basses Terres pour ses fruits. Deux autres espèces sauvages existent également dans les Basses Terres : *P. sartorianum* et *P. guineense* (*guayava agria*). Les *Psidium* sont des petits arbres semi-décidus, héliophiles et à croissance modérée. Ils sont très caractéristiques des zones ouvertes et très résistants à

la sécheresse. On les retrouve dans les savanes et les pinèdes, le long des chemins et à proximité des cours d'eau. Il s'agit d'espèces mellifères, utilisées pour leurs propriétés médicinales et pour leurs bois denses (0,74-0,79), employés comme bois d'œuvre et comme combustibles.

Myrcianthes fragrans

Myrcianthes fragrans (*guayabillo*) est la seule espèce du genre *Myrcianthes* présente dans les Basses Terres. Il s'agit d'un petit arbre héliophile pouvant atteindre 15 m de hauteur, qui se retrouve sur les zones hautes, dans les forêts pérennes, sub-pérennes et sub-caducifoliées de l'ensemble des Basses Terres, également dans les Hautes Terres. Il s'agit d'une espèce mellifère, dont les feuilles sont utilisées pour leurs propriétés médicinales, et dont le bois probablement dense est employé comme combustible et matériau de construction (Arellano Rodriguez et al., 2003; Balick et al., 2000).

Myrciaria floridunda

Myricaria floribunda (*guayabillo*) est un arbre héliophile et des forêts de zones hautes pouvant atteindre 12 à 20 m de hauteur. Bien qu'il s'agisse d'une espèce à croissance très lente (Barwick and Schans, 2004), cet arbre est abondant dans les forêts climaciques autant que secondaires du Sud du Campeche (Read and Lawrence, 2003). L'autre espèce du genre *Myricaria* présente dans les Basses Terres est *M. ibarrae*, également un arbre des forêts hautes et moyennes sub-pérennes. Son bois dense (0,77) s'utilise comme bois d'œuvre et comme combustible sous forme de charbon. L'espèce est mellifère, possède des propriétés médicinales et se fruits sont consommés par les oiseaux.

Nyctaginaceae (Planche J)

Guapira sp./Neea sp.

Guapira petenensis (*tamanche'*), *Neea choriophylla* et *N. psychotrioides* (syn. *N. belizensis*, *pozole*) sont des arbustes d'environ 1 à 2 m de hauteur, *G. petenensis* pouvant atteindre 5 m. Ils sont présents dans les forêts sub-pérennes et sub-caducifoliées, souvent dans les associations calcicoles, *N. psychotrioides* étant une espèce pionnière. Le bois de *Guapira petenensis* est utilisé comme matériau de construction.

Olacaceae (Planche L)

Ximenia americana

L'*abalche* est la seule espèce du genre *Ximenia* recensée dans les Basses Terres centrales. Il s'agit d'un arbuste héliophile décidu dépassant rarement les 6 m de hauteur, que l'on trouve dans les forêts moyennes et basses sub-pérennes et sub-caducifoliées, dans les savanes et les *acahuales*, distribué dans l'ensemble des Basses Terres. Ses fruits sont comestibles, et son bois très dense (0,83) et odorant est employé par les Itzas comme bois d'œuvre dans l'artisanat.

Phyllanthaceae (Planche L)

Astrocasia tremula

Arbuste de sous-bois qui pousse dans les forêts hautes et moyennes sub-pérennes, *Astrocasia tremula* (*cayuc*) se retrouve principalement dans les associations calcicoles et les zones ouvertes. L'espèce est mellifère et possède des propriétés médicinales, et ses fruits sont consommés par les oiseaux.

Phyllanthus sp.

Les espèces de *Phyllanthus* sont nombreuses dans les Basses Terres, celles qui ont été recensées localement sont *P. brasiliensis*, *P. graveolens* et *P. liebmannianus*. Il s'agit d'arbustes de 1 à 3 m de hauteur, caractéristiques des zones ouvertes de végétation secondaire. Dans le Nord de la péninsule, les espèces de *Phyllanthus* sont exploitées comme plantes mellifères.

Picramniaceae (Planche L)

Alvaradoa amorphoides

Le *palo de hormigas* est un arbre de 4 à 20 m de hauteur. Cette espèce héliophile et calciphile est caractéristique des zones ouvertes associées aux forêts de zones hautes, sub-pérennes et sub-caducifoliées. Elle est amplement distribuée dans les Basses Terres centrales et septentrionales, également dans les Hautes Terres. Son bois de densité moyenne (0,56) est utilisé comme bois de construction et comme combustible chez les Tzoltzil et les Itzas. Dans le Nord de la péninsule, l'arbre est exploité comme espèce mellifère, pour ses propriétés médicinales et pour son bois, utilisé en charpenterie, en ébénisterie et en artisanat (Arellano Rodriguez et al., 2003, p. 553).

Pinaceae (Planche L)

Pinus sp.

Deux espèces de pin se retrouvent dans les Basses Terres. Le pin oocarpa (*Pinus oocarpa*) forme les bosquets de montagne avec le chêne (*Quercus* sp.) à partir de 900 m d'altitude. Il est largement répandu dans les Montagnes Mayas au Belize et dans les Hautes Terres du Guatemala et du Chiapas. Le pin caribéen (*Pinus caribaea*) pousse entre 200-300 et 600 m d'altitude environ dans les plaines des Basses Terres centrales et méridionales. Il s'agit d'une espèce héliophile pionnière, caractéristique des sols sableux, des savanes et des zones perturbées. Elle est abondante au Belize, dans le Centre-Est et le Nord du Petén, et jusque dans le Sud du Quintana Roo et du Campeche. Un des peuplements de pins caribéens probablement les plus proches actuellement de la région d'étude, se situe à 9 km au sud-est de l'ejido Dos Naciones, à l'extrême sud du Campeche (Martínez and Galindo Leal, 2002) (fig. 6.x). On sait que le pin caribéen peut aussi se développer sur les sols argileux et imperméables des marais saisonniers. Deux peuplements de ce type sont connus dans la région, le premier dans le *Bajo* de Santa Fe, à environ 18 km au nord-est de Tikal dans le bassin versant du fleuve Holmul (fig. 6.x), le second à Ejido Caobas dans le Sud du Quintana Roo (Dvorak et al., 2005). Ces deux espèces de pin sont des arbres de 15 à 30 m de hauteur, dont le bois (de densité 0,58) est très utilisé en construction, en particulier dans les Hautes Terres où elles forment des pinèdes denses. Leur bois résineux et odorant est aussi abondamment utilisé comme combustible, généralement sous forme de torche ou d'*ocote*,

baguettes de bois prélevées juste sous l'écorce, très riches en résine et donc particulièrement efficaces pour les démarrages des feux. Pour sa fumée odorante, l'*ocote* est un élément indispensable des cérémonies religieuses traditionnelles venant des Hautes Terres mais également pratiquées de nos jours dans le Petén (Chayax Huex, com. pers. 2015). La résine de nombreuses espèces de pin est également exploitée dans les Hautes Terres pour la fabrication des encens qui sont ensuite distribués dans l'ensemble des Basses Terres pour être brûlés au cours des rituels.

Polygonaceae (Planche N)

Coccoloba sp.

Plusieurs espèces de *Coccoloba* existent dans les Basses Terres, parmi lesquelles *C. acapulcensis*, *C. barbadensis*, *C. belizensis*, *C. cozumelensis*, *C. reflexiflora* et *C. spicata* ont été recensées localement. Les *boochi che'* et *carretillo*, tel qu'on les nomme, sont des arbustes ou arbres relativement ubiquistes à croissance lente, à feuillage persistant ou décidu. Amplement répandus dans l'ensemble des Basses Terres, on les retrouve dans les forêts sub-pérennes et sub-caducifoliées, de stade climacique et secondaire. *C. cozumelensis* et *C. acapulcensis* font même partie des espèces dominantes dans certaines forêts climaciques du Nord du Campeche (Read and Lawrence, 2003). *C. cozumelensis* est également abondante dans les savanes d'après Martínez et Galindo-Leal (2002). Certaines espèces telles que *C. barbadensis*, *C. cozumelensis* et *C. spicata* sont souvent associées aux forêts de marais et aux zones humides. Leurs bois denses (0,6-0,8) sont utilisés comme matériaux de construction et comme combustibles dans le Petén et le Sud du Mexique.

Gymnopodium floribundum

Le *dzidzilche* (ou *sak ts'its'il che*) est la seule espèce du genre dans la zone maya (la sous-espèce *G. floribundum subsp. antigonoides* étant en réalité un synonyme de *G. floribundum*). Il s'agit d'un arbuste héliophile pionnier de 3 à 5 m de hauteur, parfois jusqu'à 12 m. Xérophyte et adapté aux sols minces et rocailleux des Basses Terres septentrionales, il se retrouve dans les forêts basses sub-pérennes des marais xériques et dans les forêts sub-caducifoliées (White and Darwin, 1995). Il est particulièrement abondant dans les zones perturbées, dans les *acahuales* et en marge des bosquets, puisqu'il recolonise rapidement les zones incendiées (Martínez and Galindo Leal, 2002). Dans le Nord de la péninsule, cet arbuste est considéré comme un excellent mellifère. Son bois est employé pour la fabrication de charbon, lequel est considéré comme de la meilleure qualité en raison de son pouvoir calorifique élevé et de sa durabilité[3] (Standley, 1930, p. 253).

Neomillspaughia sp.

Neomillspaughia emarginata (*saj iitsa'*) est la seule espèce recensée localement, mais l'espèce *N. paniculata* est mentionnée dans le Nord du Belize et le Centre du Petén (Davidse et al., 2018). Il s'agit de petits arbres d'environ 6 à 11 m de hauteur qui poussent dans les forêts sèches des Basses Terres Basses Terres centrales et septentrionales (Standley and Steyermark, 1949, p. 122). Le bois de *N. emarginata* est employé par les Itzas comme matériau de construction.

[3] *« The wood makes a charcoal of the highest grade, noted for its intense heat and lasting qualities. »*

Primulaceae (Planche N)

Ardisia sp.

Il existe de très nombreuses espèces du genre *Ardisia* dans les Basses Terres. Les espèces qui ont été recensées localement sont *Ardisia compressa*, *A. densiflora*, *A. escallonioides* et *A. paschalis*, ce à quoi il faut ajouter l'espèce *A. revoluta*, récemment enregistrée dans la Réserve de Biosphère de Calakmul (Barajas Morales, com. pers.)[4]. Les *Ardisia* sont des arbustes ou petits arbres de sous-bois qui poussent principalement dans les forêts humides et les marais saisonniers des Basses Terres centrales et méridionales. Certaines espèces comme *A. revoluta* et *A. escallonioides* se retrouvent également dans les forêts sub-pérennes des Basses Terres septentrionales. On confectionne des guirlandes à partir des fleurs, feuilles et fruits séchés de ces arbustes pour décorer les autels et les croix dans les églises. Atran et al. (2004) mentionnent l'usage de *A. paschalis* pour ses propriétés médicinales, et d'après Breedlove et Laughlin (2000 Appendix 6), le bois d'*Ardisia escallonioides* est utilisé par les Tzotzil pour la construction et la fabrication des outils.

Bonellia sp.

Bonellia macrocarpa (*barbasco* ou *palo de cruz*) est la seule espèce recensée localement. *B. flammea* a été reportée par Martínez et Galindo-Leal (2002) dans la Biosphère de Calakmul, mais cette espèce étant très caractéristique des forêts basses caducifoliées du Yucatán, il est peu probable qu'elle puisse se retrouver dans la région de Naachtun. D'autres espèces existent dans les Basses Terres : *B. albiflora*, *B. longilifolia*, *B. nervosa*, *B. paludicola*. Arbustes ou petits arbres pouvant atteindre 9 m de hauteur, les *Bonellia* poussent dans les forêts basses sub-pérennes et sub-caducifoliées et dans les marais saisonniers. Le *palo de cruz* est cultivé dans les jardins pour ses fleurs, dont on pense qu'elles étaient employées par les Mayas pour orner les temples (Standley and Williams, 1966, p. 132). Ses fruits séchés sont utilisés par les Itzas comme amulettes protectrices pour les enfants (Atran et al., 2004).

Myrsine sp.

Myrsine guianensis (syn. *Rapanea guianensis*, *camaguilla*) a été recensée dans le Parc de Tikal. Il s'agit d'un arbuste de sous-bois hygrophile au feuillage persistant pouvant atteindre 7 m de hauteur. Il se retrouve dans les forêts basses des marais mésiques et dans les zones humides. Les autres espèces que l'on trouve dans les Basses Terres sont *M. cubana*, une espèce de mangrove, et *M. coriacea*, arbre des forêts humides que l'on trouve dans les *Maya Moutains* et les Hautes Terres.

Rubiaceae (Planche M)

Guettarda sp.

Guettarda gaumeri (*siip che'*) et *G. combsii* (*testap*) sont les deux espèces locales, mais d'autres espèces existent dans les Basses Terres telles que *G. elliptica*, *G. foliacea*, *G. macrosperma* et *G. tikalana*. *G. gaumeri* est un petit arbre pouvant atteindre 8 m de hauteur, qui pousse dans les forêts hautes,

[4] Données en cours de publication.

moyennes et basses sub-pérennes et sub-caducifoliées, de stade climacique et secondaire, répandu dans les Basses Terres centrales et septentrionales. *G. combsii*, arbre à feuillage persistant, peut atteindre 25 m de hauteur et se trouve dans les forêts hautes et moyennes sub-pérennes, ainsi que dans les forêts basses des marais xériques (Schulze and Whitacre, 1999). Le bois probablement dense du *siip che'* est utilisé comme matériau de construction et comme combustible dans le Petén et le sud du Mexique.

Psychotria sp.

Le genre *Psychotria* présente de très nombreuses espèces dans les Basses Terres. Les espèces recensées par Lundell dans le nord du Petén sont *P. alba*, *P. biaristata*, *P. flava*, *P. limonensis*, *P. nervosa*, *P. pubescens*, *P. quinqueradiata* et *P. tenuifolia*, à quoi s'ajoute *P. costivenia* collectée à Naachtun. Il s'agit d'arbustes ou arbrisseaux de sous-bois à feuillage persistant, que l'on trouve dans les forêts hautes et moyennes pérennes et sub-pérennes, de stade climacique et secondaire, et dans la végétation des marais. Certaines espèces comme *P. tenuifolia* et *P. nervosa* se retrouvent également dans les forêts sèches des Basses Terres septentrionales. Les Tzotzil et les Itzas leur reconnaissent de nombreuses propriétés médicinales. Dans le Sud du Mexique, les bois de *P. nervosa* et *P. pubescens* sont employés comme combustible.

Randia sp.

Il existe de très nombreuses espèces du genre *Randia* dans les Basses Terres, parmi lesquelles *R. aculeata* et *R. armata* ont été recensées localement. Les *Randia* sont des arbustes ou de petits arbres de sous-bois à croissance lente. Relativement ubiquistes, on les trouve dans les forêts sub-pérennes et sub-caducifoliées. *R. armata* produit des fruits comestibles et son bois (0,67) est utilisé comme combustible. Le bois de *R. aculeata* est employé comme bois d'œuvre par les Tzotzil, et d'autres espèces comme *R. laetevirens* servent de combustible dans le sud du Mexique.

Simira salvadorensis

Connu sous les noms de *saltemuch* ou *puntero*, *Simira salvadorensis* (syn. *Sickingia salvadorensis*) est un grand arbre de canopée pouvant atteindre 30 m de hauteur, répandu dans les forêts hautes et moyennes pérennes et sub-pérennes, en particulier le long des cours d'eau. Son bois coloré et de densité moyenne (0,52) est employé comme matériau de construction et sert également de combustible.

Rutaceae (Planche M)

Zanthoxylum sp.

Les espèces recensées localement sont *Zanthoxylum caribaeum* (*sinanche'*) et *Z. juniperinum* (syn. *Z. procerum*, *lagarto*), à quoi s'ajoute *Z. riedelianum* (*lagarto*) collectée à Naachtun. Il s'agit d'arbustes ou d'arbres décidus de forêts hautes et moyennes sub-pérennes, principalement répandus dans les Basses Terres centrales et méridionales. *Z. caribaeum* se retrouve également dans les forêts des marais saisonniers (Schulze and Whitacre, 1999). Ils présentent des propriétés médicinales et sont généralement mellifères. Leurs bois de densité variable (0,48-0,76) sont employés comme bois d'œuvre dans la construction et l'ébénisterie.

Pilocarpus racemosus

Arbuste héliophile et xérophyte à feuillage persistant, on le trouve dans les forêts moyennes et basses sub-caducifoliées et caducifoliées. Il est principalement répandu dans les Basses Terres septentrionales, mais a été récemment recensé dans la Réserve de Biosphère de Calakmul (J. Barajas-Morales, com. pers.).

Sapindaceae (Planche P)

Exothea sp.

Les deux seules espèces présentes dans les Basses Terres sont *Exothea diphylla* (syn. *Talisia diphylla*) et *E. paniculata* (syn. *Melicoccus paniculata*). *E. diphylla* (*culinche*) est un petit arbre de 12 m de hauteur que l'on trouve dans les forêts hautes et moyennes sub-pérennes, également dans les forêts de marais saisonniers, principalement répandu dans les Basses Terres centrales et septentrionales. *E. paniculata* (*yaicuaje*) peut atteindre 18 m de hauteur et est davantage répandu dans les Basses Terres centrales et méridionales. Il n'est fait mention nulle part d'un quelconque usage de ces arbres, pourtant leurs bois denses (0,7) pourraient probablement être valorisés.

Thouinia paucidentata

Thouinia paucidentata (*canchunup*) est la seule espèce recensée localement, mais il semble qu'au moins une autre espèce, *T. serrata*, existe dans les Basses Terres centrales. Le *canchunup* est un arbre décidu pouvant atteindre 12 m de hauteur qui se retrouve dans les forêts hautes et moyennes sub-pérennes et sub-caducifoliées des Basses Terres centrales et septentrionales. Martínez et Galindo-Leal (2002) mentionnent que l'espèce se retrouve également dans les forêts basses de marais inondables, en particulier dans les zones perturbées. Elle possède des propriétés médicinales et son bois très dense (0,94) est utilisé comme matériau de construction et combustible dans le Petén et le Sud du Mexique.

Allophylus sp.

Allophylus cominia (*ix baach*) a été recensée localement. *A. psilospermus* et *A. camptostachys* sont également présentes dans les Basses Terres. Il s'agit de petits arbres héliophiles, à feuillage décidu ou semi-décidu, pouvant atteindre 12 m de hauteur. On les trouve dans les forêts hautes et moyennes pérennes et sub-pérennes. *A. cominia* est également présente dans les forêts basses de marais (Schulze and Whitacre, 1999). Cette espèce produit des fruits comestibles et son bois durable et probablement dense (la seule donnée disponible concerne *A. camptostachys*, de densité 0,77) est employé comme matériau de construction et comme combustible. *A. psilospermus* sert également de combustible dans le Sud du Mexique.

Sapotaceae (Planches O et P)

Manilkara sp.

Trois espèces de *Manilkara* existent dans les Basses Terres, *M. zapota* (*chicozapote*), *M. chicle* (*chikib'ul*) et *M. stamidonella* (*chicle de segunda*) (Pennington, 1990). Les deux premières ont été recensées localement, et la dernière, bien que mentionnée uniquement au Belize et dans l'extrême Sud

du Petén, pourrait avoir été collectée à Naachtun (*cf.* Chapitre 3). Associées aux forêts hautes pérennes et sub-pérennes, les espèces du genre *Manilkara* sont des arbres de canopée à feuillage persistant, héliophiles et à croissance très lente, pouvant atteindre 40 m de hauteur. Le *chicozapote* est de loin l'espèce la plus répandue dans les Basses Terres, en raison de son caractère xérophyte. On le retrouve jusque dans les forêts basses du Nord du Quintana Roo (Schultz, 2003), ainsi que dans les forêts des marais saisonniers et dans les savanes, bien qu'il tolère beaucoup moins les sols argileux au drainage déficient (Barwick and Schans, 2004, p. 264). C'est un arbre multi-usage parmi les plus importants du système agroforestier traditionnel dans les sociétés mayas. On le cultive amplement pour ses fruits et comme arbre d'ombrage dans les zones urbaines et les jardins. Il possède des propriétés médicinales. Son bois très dense (0,8-1) et extrêmement durable est un matériau de construction et un bois d'œuvre très populaire, également considéré comme un excellent combustible par les Itzas. Mais son produit le plus important d'un point de vue économique fût le chicle, fabriqué à partir du latex de l'arbre et, jusqu'à récemment, ingrédient de base du chewing gum traditionnel (Dugelby, 1998; Mathews, 2009). *M. chicle* et *M. stamidonella* ont également été exploités dans l'industrie du chicle, bien que leur latex soit considéré comme de qualité inférieure (Mathews, 2009, p. 21).

Pouteria sp.

Plusieurs espèces de *Pouteria*, communément appelées *zapotes*, ont été recensées localement, parmi lesquelles *P. amygdalina*, *P. campechiana*, *P. durlandii*, *P. reticulata* et *P. sapota*, qui sont répandues dans l'ensemble des Basses Terres. Les sapotes sont des arbres semi-décidus à croissance lente des strates forestières supérieures et intermédiaires. On les trouve dans les forêts hautes pérennes, sub-pérennes et sub-caducifoliées, lesquelles sont souvent dominées par *P. reticulata*. *P. durlandii* est un petit arbre d'environ 10 m de hauteur, héliophile et hygrophile, souvent associée aux zones humides des marais (Schulze and Whitacre, 1999). *P. sapota* (*mamey*) est cultivée pour ses fruits et utilisée pour ses propriétés médicinales, et ses feuilles sont consommées par les animaux sauvages (Arellano Rodriguez et al., 2003, p. 547). *P. campechiana* (*kaniste*) produit également des fruits comestibles mais moins appréciés que ceux du *mamey*. Leurs bois denses (0,7-0,9) sont des matériaux de construction durables. La résine de *P. amygdalina* (*silillón*), de même que celle d'autres espèces de Sapotacées, est utilisée comme adultérant du chicle.

Chrysophyllum sp.

Les espèces natives locales sont *Chrysophyllum mexicanum* (*caimito silvestre*), *C. oliviforme* et *C. venezuelanense*. *C. cainito* (*caimito*) est aujourd'hui cultivée pour ses fruits dans toute l'Amérique centrale, mais aurait été introduite, probablement depuis les Antilles. Arbres à feuillage persistant et à croissance lente, *C. oliviforme* et *C. venezuelanense* se retrouvent dans les forêts hautes et moyennes sub-pérennes des Basses Terres centrales. *C. mexicanum* est un arbre pouvant atteindre 23 m de hauteur, qui se retrouve dans l'ensemble des Basses Terres, dans les forêts moyennes et basses sub-pérennes et sub-caducifoliées, en marge des marais saisonniers et dans les savanes. Il possède des propriétés médicinales, produit des fruits comestibles et son bois dense (0,7) est utilisé comme matériau de construction et comme combustible.

Sideroxylon sp.

Une grande proportion de charbons a été classée dans la catégorie des Sapotacées indéterminées, c'est pourquoi il est important de mentionner le dernier genre de cette famille présent localement. Le genre *Sideroxylon* (anciennement genres *Dipholis* et *Mastichodendron*) est représenté par plusieurs espèces telles que *S. capiri*, *S. foetidissimum*, *S. floribundum*, *S. obtusifolium* et *S. salicifolium*. Il s'agit essentiellement de grands arbres héliophiles à feuillage persistant et à croissance lente, des forêts hautes et moyennes pérennes, sub-pérennes et sub-caducifoliées. Certaines espèces comme *S. foetidissimum* sont xérophytes. Comme les *Pouteria*, ces arbres sont souvent nommés *zapotes* et ont de multiples usages, comme plantes médicinales, bois d'œuvre (de densité 0,76-0,9), combustible et adultérant au chicle. Leurs fruits sont consommés par les animaux sauvages.

Références citées dans le catalogue

ARELLANO RODRIGUEZ, J.A., FLORES GUIDO, J.S., GARRIDO, J.T., CRUZ BOJORQUEZ, M.M.,

2003. *Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la Peninsula de Yucatán*, Etnoflora yucatanense. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida.

ATRAN, S., LOIS, X., UCAN EK', E.,

2004. *Plants of the Petén Itza' Maya*. University of Michigan, Ann Arbor.

BALICK, M.J., ARVIGO, R.,

2015. *Messages from the gods: a guide to the useful plants of Belize*. Oxford University Press, Oxford.

BALICK, M.J., NEE, M.H., ATHA, D.E.,

2000. *Checklist of the vascular plants of Belize: with common names and uses*. New York Botanical Garden Press, New York.

BARWICK, M., VAN DER SCHANS, A.,

2004. *Tropical and subtropical trees: a worldwide encyclopedic guide*. Thames & Hudson Ltd, Londres.

BREEDLOVE, D.E., LAUGHLIN, R.M.,

2000. *The flowering of man: a Tzotzil botany of Zinacantan*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

DAVIDSE, G., SOUSA SÁNCHEZ, M., KNAPP, S.D., CHIANG CABRERA, F.,

2018. *Cycadaceae a Connaraceae*, Flora Mesoamericana. Missouri Botanical Garden, Saint Louis.

DAVIDSE, G., SOUSA SANCHEZ, M., KNAPP, S., CHIANG CABRERA, F.,

1994. *Flora Mesoamericana* [En ligne] Missouri Botanical Garden, Saint Louis. Disponible sur : <http://www.tropicos.org/Project/FM>.

DICKSON, R.P.,

2009. *Secondary diversity: ecological and spectral dimensions of secondary succession following smallholder cultivation in the southern Yucatan*. Thèse de doctorat, Clark University, Worcester.

DVORAK, W.S., HAMRICK, J.L., GUTIÉRREZ, J.L.,

2005. The origin of Caribbean pine in the seasonal swamps of the Yucatán. *International Journal of Plant Sciences* 166, 985–994.

LORENZI, H.,

2002. *Brazilian trees - Vol.2*. Instituo Plantarum De Estudos Da Flora, Nova Odessa.

LUNDELL, C.L.,

1937. *The vegetation of Petén: with an appendix studies of Mexican and Central American plants-I*. Carnegie Institution of Washington, Washington D.C.

MARTÍNEZ, E., GALINDO LEAL, C.,

2002. La vegetación de Calakmul, Campeche, México: clasificación, descripción y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 71, 7–32.

MCKILLOP, H.I.,

1996. Prehistoric Maya use of native palms: archaeobotanical and ethnobotanical evidence, dans : Fedick, S. (Ed.), *The managed mosaic: ancient Maya agriculture and resource use*. University of Utah Press, Salt Lake City, pp. 278–294.

PENNINGTON, T.D., SARUKHÁN, J.,

2005. *Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies.* UNAM : Fondo de Cultura Económica, México, D.F.

PULESTON, D.E.,

1968. *Brosimum alicastrum as a Subsistence Alternative for the Classic Maya of the Central Southern Lowlands*. Mémoire de Master, University of Pennsylvania, Philadelphia.

READ, L., LAWRENCE, D.,

2003. Recovery of biomass following shifting cultivation in dry tropical forests of the Yucatan. *Ecological Applications* 13, 85–97.

SCHULZE, M.D., WHITACRE, D.F.,

1999. A classification and ordination of the tree community of Tikal National Park, Petén, Guatemala. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History* 41, 169–297.

STANDLEY, P.C.,

1930. *Flora of Yucatan*. Field Museum of Natural History, Chicago.

STANDLEY, P.C., STEYERMARK, J.A.,

1949. *Flora of Guatemala - Part VI*. Field Museum of Natural History, Chicago.

1946. *Flora of Guatemala - Part V*. Field Museum of Natural History, Chicago.

STANDLEY, P.C., STEYERMARK, J.A., WILLIAMS, L.O.,

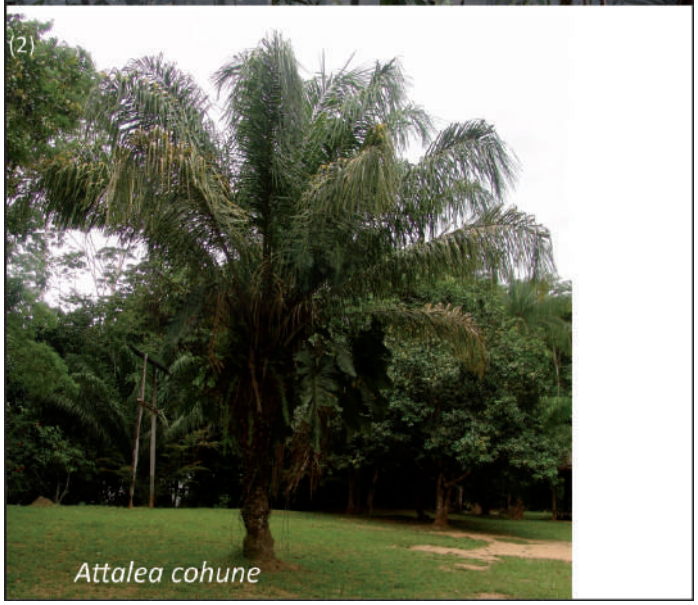
1946. *Flora of Guatemala - Part I-X*. Field Museum of Natural History, Chicago.

WHITE, D.A., DARWIN, S.P.,

1995. Woody vegetation of tropical lowland deciduous forests and Mayan ruins in the north-central Yucatan Peninsula. *Tulane Studies in Zoology and Botany* 30, 1–25.

PLANCHE A

Arecaceae
Cryosophila sp.


(2)
Attalea cohune

(2)
Bambusoideae
Chusquea sp.
(2)
Rhipidocladum bartlettii

Anacardiaceae
Astronium graveolens

Anacardiaceae
Metopium brownei
(1)
Tapirira guianensis

Planche B

Mosannona depressa

Cymbopetalum mayanum

Thevetia ahouai

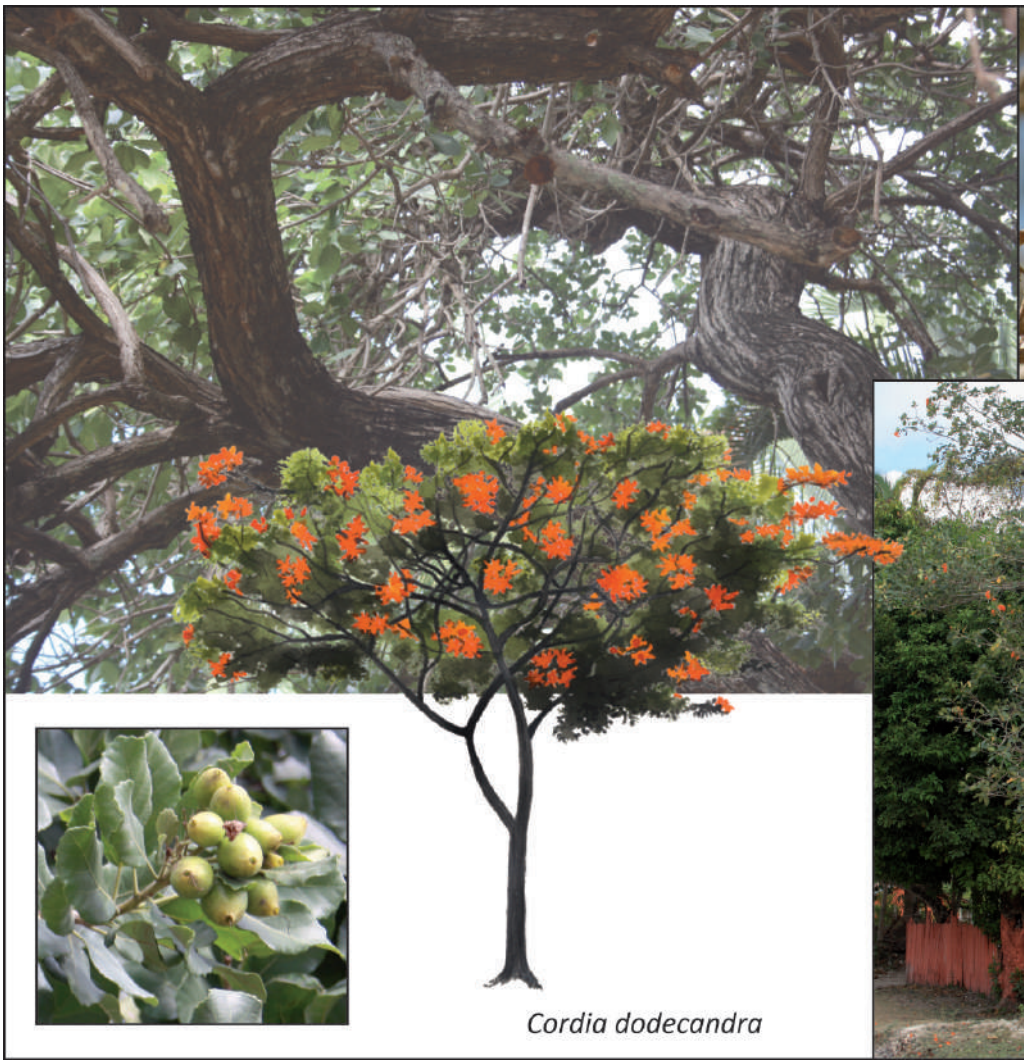
Cascabela gaumeri

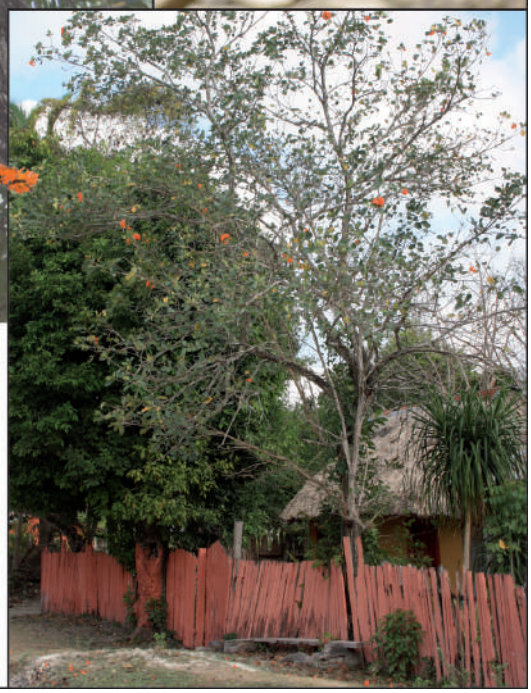
Bixa orellana

Tournefortia angustiflora

Bourreria bacchata

Planche C





Cordia dodecandra

Bursera simaruba

Protium copal

Semialarium mexicanum

Maytenus schippii

PLANCHE D

Ebenaceae

Diospyros digyna

Diospyros yucatanensis

Erythroxylaceae

Erythroxylum areolatum

E. rotundifolium

Euphorbiaceae

PLANCHE E

Fabaceae-Papilionoideae

Dalbergia sp.

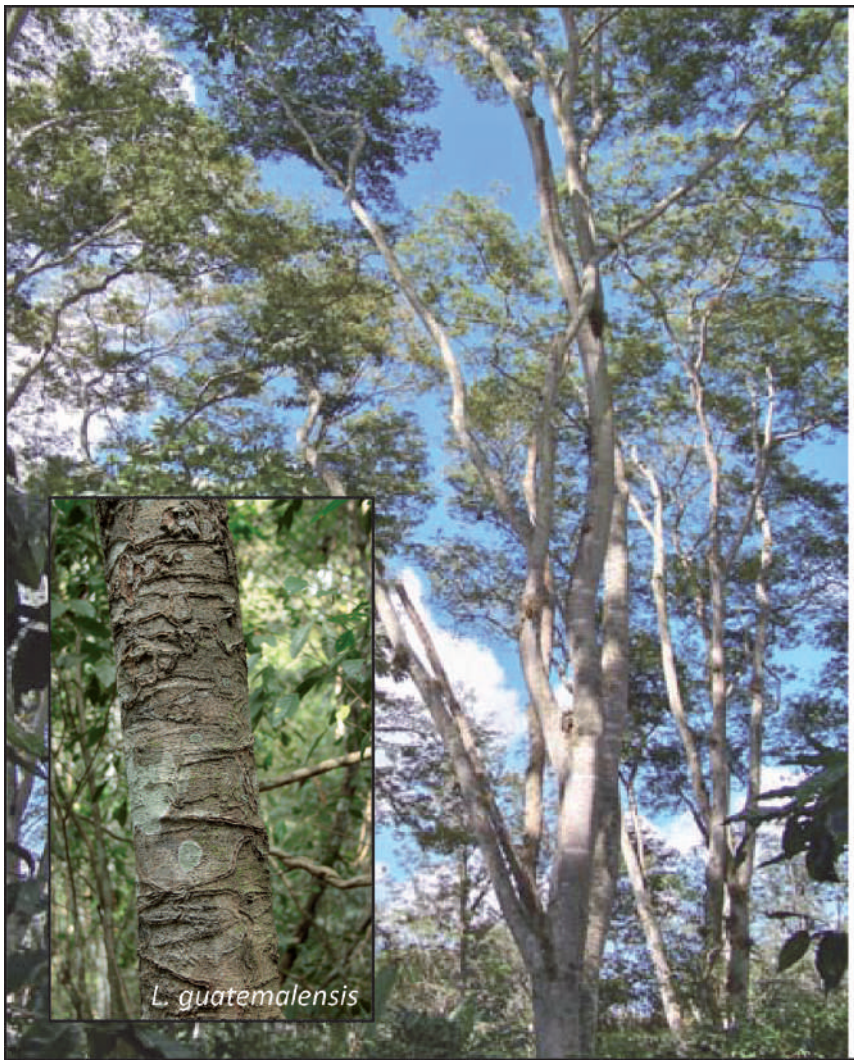
Diphysa americana (1)

(1)

(1)

(1)

Piscidia piscipula



L. guatemalensis

Lonchocarpus guatemalensis

(4)

L. castilloi

(1)

L. sericeus

PLANCHE F

Haematoxylum campechianum

Fabacaceae-Caesalpinoideae

Caesalapinia yucatanensis

Caesalapinia vesicaria

Gliricidia sepium

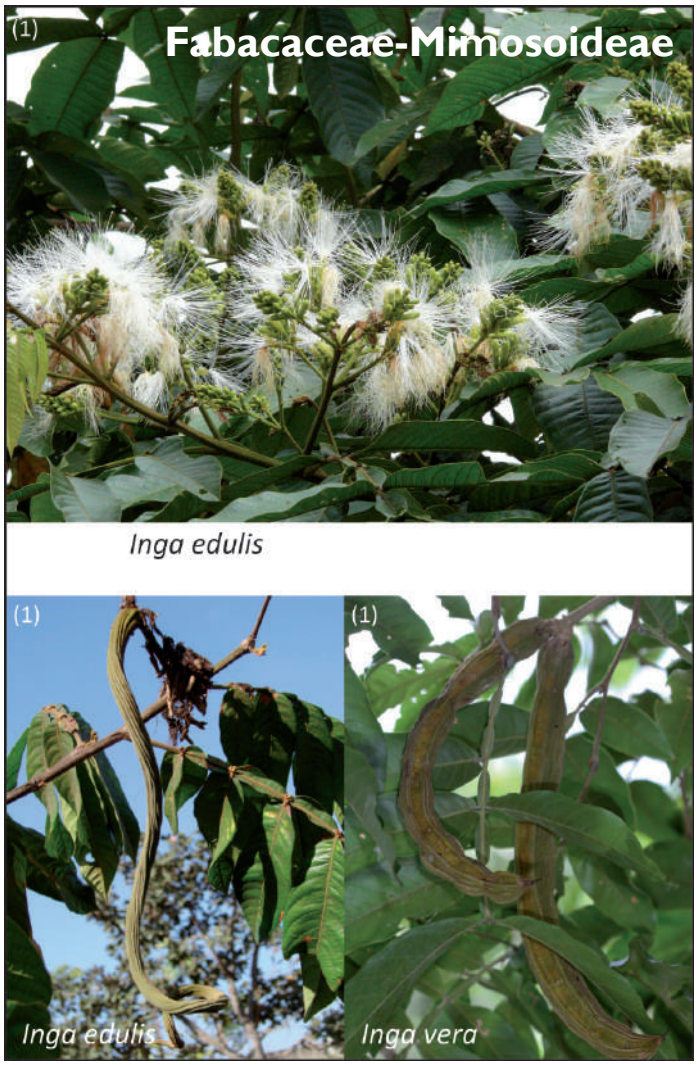
Fabacaceae-Mimosoideae

Albizia adinocephala

Swartzia sp.

PLANCHE G

(1)
Enterolobium cyclocarpum
(7)
Havardia albicans


(1)
Fabacaceae-Mimosoideae
Inga edulis
(1)
Inga edulis
(1)
Inga vera

Lysiloma aurita
(1)
Lysiloma latisiliquum

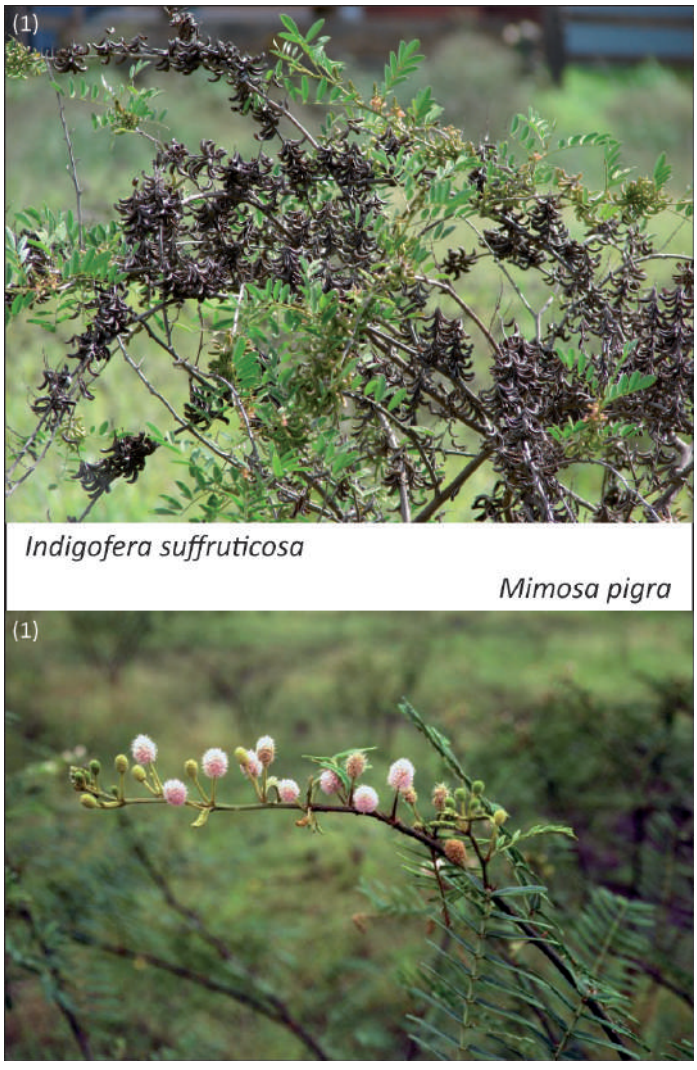

(1)
Indigofera suffruticosa
Mimosa pigra
(1)

PLANCHE H

Fabacaceae-Mimosoideae

(1)

Cojoba arborea

(2)

Pithecellobium lanceolatum

(1) *Zygia latifolia*

(2)

Lauraceae

(1)

Nectandra coriacea

(2)

Aiouea parvissima

(8)

Licaria campechiana

PLANCHE I

Malpighiaceae
Byrsonima bucidifolia

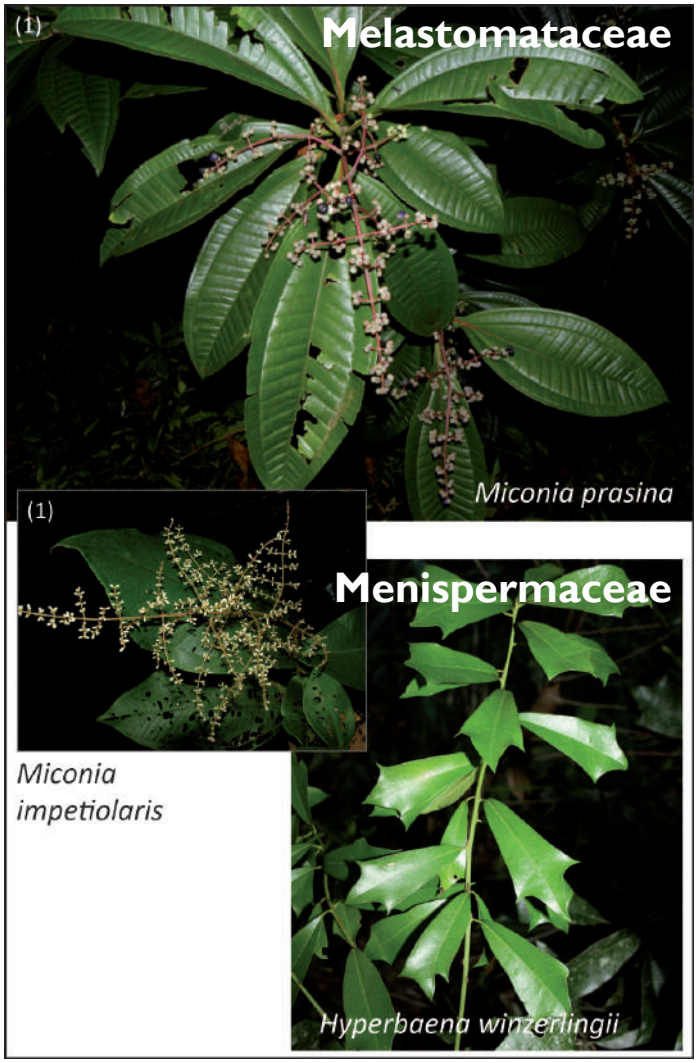
(1)
Bunchosia argentea

(1)

(1)
Swietenia macrophylla
(1)

(1)
Trichilia havanensis
Meliaceae
(1)
Trichilia hirta
(1)

PLANCHE J


(1)
Melastomataceae
Miconia prasina
(1)
Miconia
impetiolaris
Menispermaceae
Hyperbaena winzerlingii

(9)
Nyctaginaceae
Guapira petenensis
(3)
Neea psychotrioides

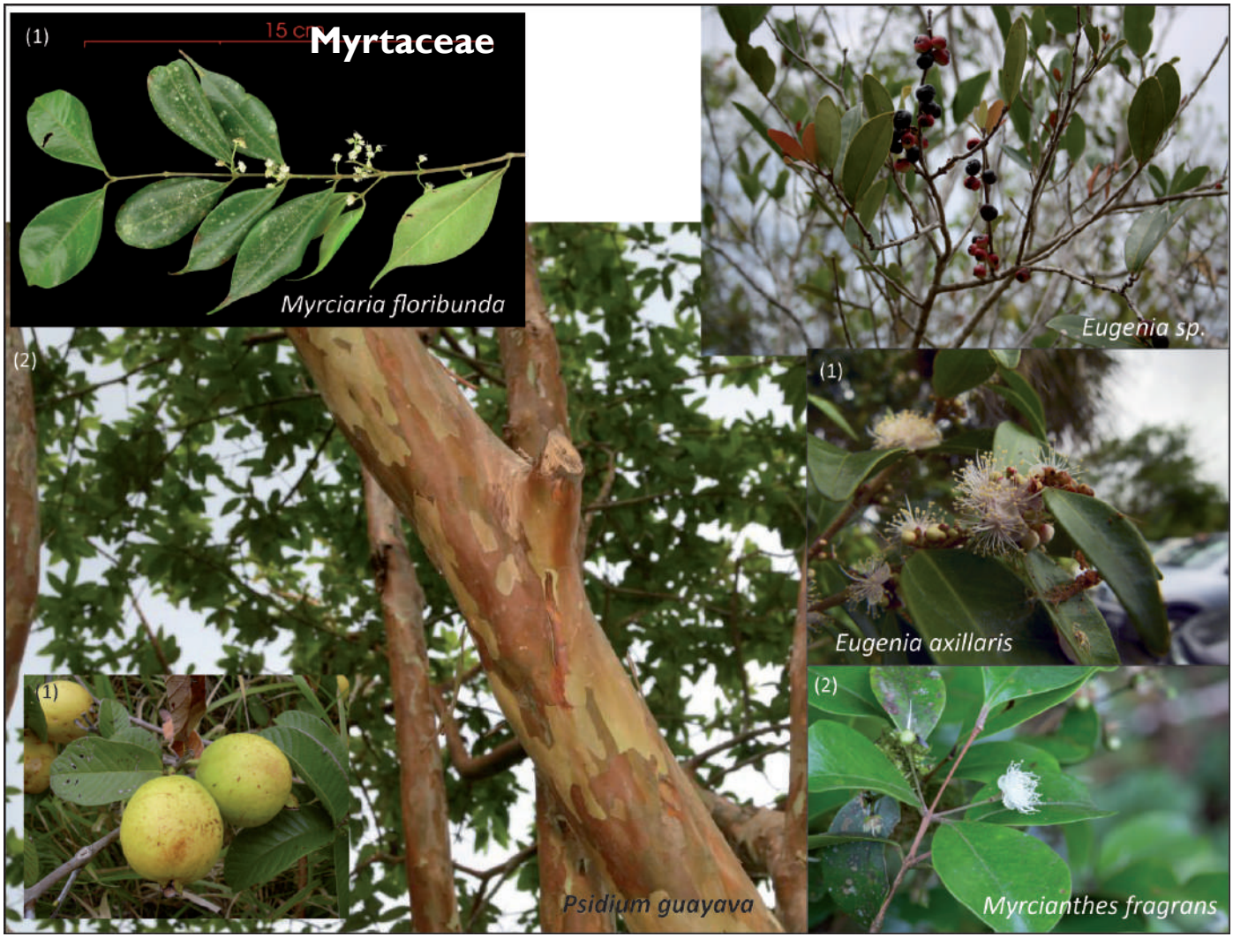

(1)
15 cm
Myrtaceae
Myrciaria floribunda
Eugenia sp.
(2)
(1)
Eugenia axillaris
(1)
(2)
Psidium guayava
Myrcianthes fragrans

PLANCHE K

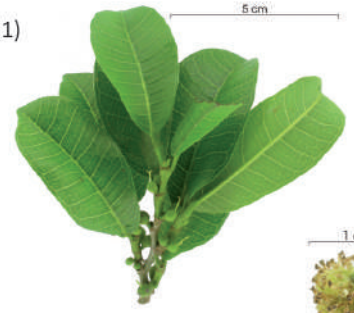
(1)

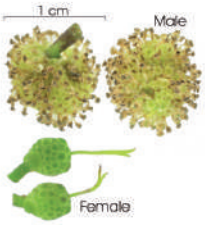
(2)

Brosimum alicastrum

Moraceae

(1)





(5)

(1) **Moraceae**

(1)

Maclura tinctoria

(1) *Cecropia obtusa*

Trophis racemosa

Pseudolmedia spuria

PLANCHE L

Olacaceae

Ximenia americana

Phyllanthaceae

Astrocasia tremula

Phyllanthus liebmannianus

Picramiaceae

Alvaradoa amorphoides

Pinaceae

Pinus caribaea

PLANCHE M

(1)

Capparaceae

Quadrella cynophallophora

(1)

Cynophalla flexuosa

Rutaceae

Zanthoxylum riedelianum

(2)

Pilocarpus racemosus

(1) *Randia aculeata*

Rubiaceae

Simira salvadorensis

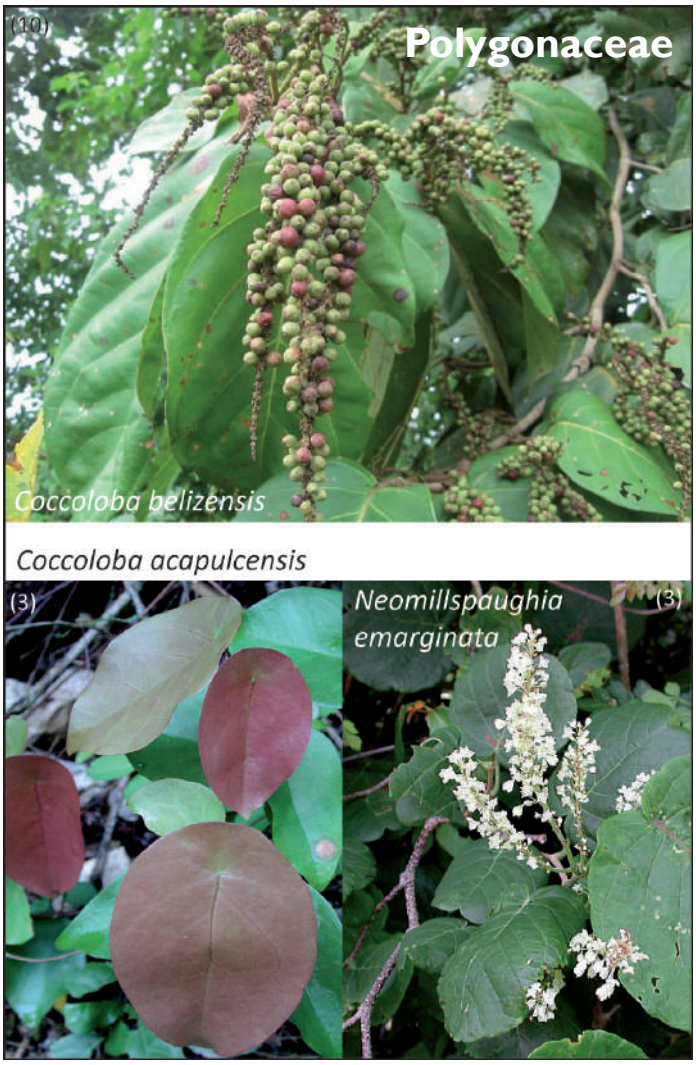
(3)

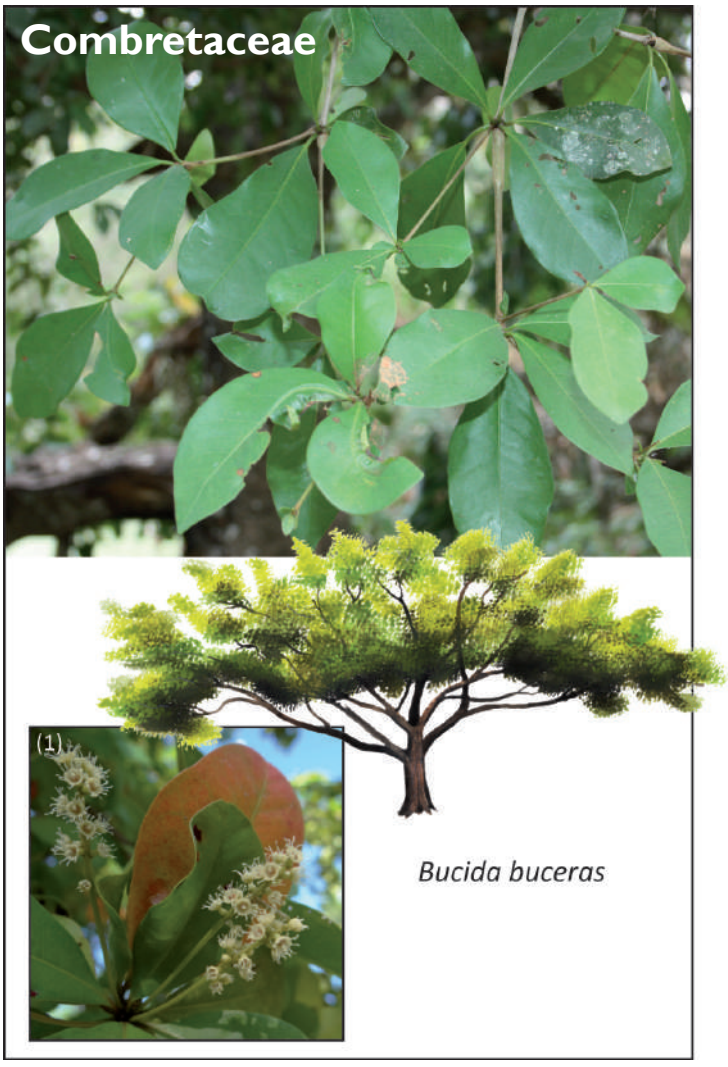
Guettarda combsi

Psychotria costivenia

PLANCHE N

Gymnopodium floribundum
Polygonaceae
(3)


(10)
Polygonaceae
Coccoloba belizensis
Coccoloba acapulcensis
(3)
Neomillspaughia emarginata
(3)


Combretaceae
(1)
Bucida buceras

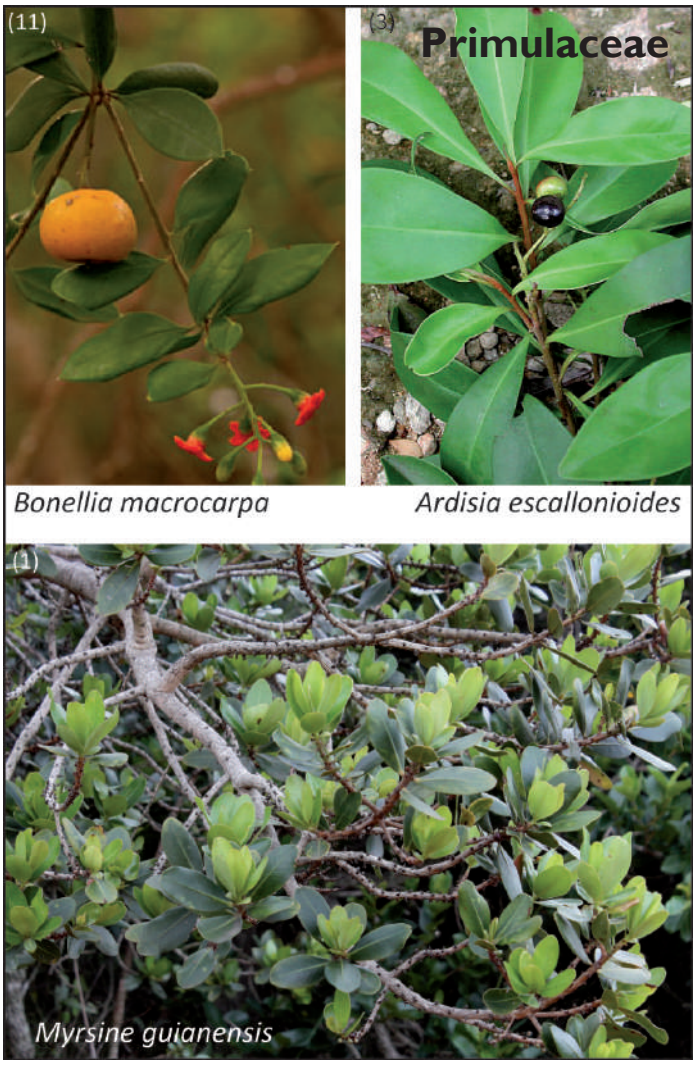

(11)
(3)
Primulaceae
Bonellia macrocarpa
Ardisia escallonioides
(1)
Myrsine guianensis

PLANCHE O

Sapotaceae
(1)
(1)
(1)
Manilkara zapota

Pouteria sapota
(1)
(1)
(1)
Pouteria campechiana
(1)
(1)
Pouteria durlandii

PLANCHE P

Sapotaceae

Chrysophyllum oliviforme

Chrysophyllum mexicanum

Exothea diphylla

Thouinia paucidentata

Sapindaceae

Allophylus cominia