



HAL
open science

Environnement et anthropisation du milieu durant l'âge du Bronze dans le Bassin parisien : l'apport des données polliniques et de la modélisation du couvert végétal

Chantal Leroyer, Rémi David, Florence Mazier, Gisèle Allenet de Ribemont,
Philippe Lanos, Philippe Dufresne

► To cite this version:

Chantal Leroyer, Rémi David, Florence Mazier, Gisèle Allenet de Ribemont, Philippe Lanos, et al.. Environnement et anthropisation du milieu durant l'âge du Bronze dans le Bassin parisien : l'apport des données polliniques et de la modélisation du couvert végétal. Séminaire Archéologique de l'Ouest, Mar 2012, Rennes, France. hal-01610936

HAL Id: hal-01610936

<https://hal.science/hal-01610936>

Submitted on 5 Oct 2017

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.

**Sous la direction de
Muriel MÉLIN et Caroline MOUGNE**

**L'Homme,
ses ressources et son environnement,
dans le Nord-Ouest de la France à l'âge du Bronze :
actualités de la recherche**

*Actes du Séminaire Archéologique de l'Ouest
22 mars 2012, Université de Rennes 1*



Direction de l'ouvrage

MURIEL MÉLIN

Université de Rennes 1, UMR 6566 CReAAH
Campus de Beaulieu, Bât 24-25
263 avenue de Général Leclerc, CS 74205
35042 Rennes cedex
muriel.melin@hotmail.fr

CAROLINE MOUGNE

Université de Rennes 1, UMR 6566 CReAAH
Campus de Beaulieu, Bât 24-25
263 avenue de Général Leclerc, CS 74205
35042 Rennes cedex
caroline.mougne@free.fr

Comité scientifique

JOSÉ GOMEZ DE SOTO

CNRS, UMR 6566 CReAAH
Campus de Beaulieu, Bât 24-25
263 avenue de Général Leclerc, CS 74205, 35042 Rennes cedex
jgzdsoto@free.fr

YVES GRUET

UMR 6566 CReAAH
58 rue Stendhal, 44300 Nantes
achil.lemeur@wanadoo.fr

GRÉGOR MARCHAND

CNRS, UMR 6566 CReAAH
Campus de Beaulieu, Bât 24-25
263 avenue de Général Leclerc, CS 74205, 35042 Rennes cedex
gregor.marchand@univ-rennes1.fr

DOMINIQUE MARGUERIE

CNRS, UMR 6566 CReAAH
Campus de Beaulieu, Bât 24-25
263 avenue de Général Leclerc, CS 74205, 35042 Rennes cedex
dominique.marguerie@univ-rennes1.fr

VÉRONIQUE ZECH-MATTERNE

CNRS, UMR 7209
Archéozoologie, Archéobotanique : sociétés, pratiques et environnements
Muséum national d'Histoire naturelle, case postale 56, 55 rue Buffon, 75005 Paris
zech@mnhn.fr

Pour citer cet ouvrage

MÉLIN M. et MOUGNE C. (dir.) (2012) – *L'Homme, ses ressources et son environnement, dans le Nord-Ouest de la France à l'âge du Bronze: actualités de la recherche*, Actes du Séminaire Archéologique de l'Ouest du 22 mars 2012, Mémoire de Géosciences hors-série n° 8, éditions de Géosciences Rennes, 156 p.

Crédit photo

en haut à gauche : Moules (*Mytilus edulis*) brulées, site du Clos des Châtaigniers à Mathieu (Calvados) (cl. C. Mougne)
au centre : Graines d'orge nue (*Hordeum vulgare vulgare* var. *nudum*), site de Bédée (Ille-et-Vilaine) (cl. E. Neveu)
en bas à gauche : Chêne (*Quercus* sp.) subfossile, tourbière de Baupte, Gorges (Manche) (cl. E. Werthe)

Sommaire

Avant-propos Muriel MÉLIN, Caroline MOUGNE	p. 5
<i>Environnement et anthropisation du milieu durant l'âge du Bronze dans le Bassin parisien : l'apport des données polliniques et de la modélisation du couvert végétal.</i> Chantal LEROYER, Rémi DAVID, Florence MAZIER, Gisèle ALLENET DE RIBEMONT, Philippe LANOS, Philippe DUFRESNE	p. 7
<i>Quand nos ancêtres allaient au pieu : des chaînes de production forestière du Bronze ancien tournées vers le taillis.</i> Vincent BERNARD, Cyrille BILLARD, Yann COUTURIER, Gwenaëlle JAOUEN, Yannick LE DIGOL	p. 27
<i>Premier aperçu des plantes cultivées au Bronze moyen sur le site de Bédée « Zac Pont aux Chèvres » (Ille-et-Vilaine).</i> Elsa NEVEU	p. 59
<i>Une économie en grève : les matériaux du macro-outillage à la transition Néolithique – âge du Bronze sur la côte ouest de la France.</i> Klet DONNART	p. 71
<i>Les invertébrés marins du site du Bronze final III le Clos des Châtaigniers à Mathieu (Calvados) : ressources alimentaires et indicateurs paléoenvironnementaux.</i> Caroline MOUGNE, Catherine DUPONT, David GIAZZON, Laurent QUESNEL	p. 91
<i>Existe-t-il un lien entre les pratiques de dépôts métalliques non funéraires et les variations climatiques ?</i> Muriel MÉLIN	p. 113

Résumés des communications présentées le 22 mars 2012

<i>Une régression marine au Bronze final en Bretagne ? Ou le reflet de changements morphosédimentaires importants à la côte.</i> Pierre STÉPHAN	p. 131
<i>La végétation ligneuse à l'âge du Bronze et son exploitation à travers les études anthracologiques de deux sites archéologiques préventifs bretons, Plouédern Leslouc'h (Finistère) et Lannion (Côtes d'Armor).</i> Hélène SEIGNAC, Stéphane BLANCHET, Yoann ESCATS, Nancy MARCOUX, Dominique MARGUERIE	p. 141
<i>Point d'information sur un état des recherches archéozoologiques en Plaine de Caen (Basse-Normandie).</i> Ginette AUXIETTE	p. 145
<i>La pêche et la consommation de poissons marins à l'âge du Bronze : premiers résultats des analyses archéozoologiques en Bretagne.</i> Yvon DRÉANO	p. 147
<i>Construction des paysages et comportements agraires du III^e au I^{er} millénaire en Normandie : typologie et rythme.</i> Cyril MARCIGNY	p. 153
<i>Les analyses spatiales en archéologie : réflexions sur quelques études sur l'âge du Bronze.</i> Muriel FILY	p. 155

**Environnement et anthropisation du milieu
durant l'âge du Bronze dans le Bassin parisien :
l'apport des données polliniques et
de la modélisation du couvert végétal**

Chantal Leroyer¹, Rémi David², Florence Mazier³,
Gisèle Allenet de Ribemont⁴, Philippe Lanos⁵, Philippe Dufresne⁶

Résumé :

Grâce à l'archéologie préventive, les fonds de vallées du Bassin parisien ont bénéficié de nombreuses études palynologiques. Si des synthèses ont déjà été proposées pour le Néolithique ou l'âge du Fer, l'exercice n'a pas encore été tenté pour l'âge du Bronze. Cette période reste une des moins documentées par la palynologie, même si le corpus de données n'est pas négligeable avec 25 séquences réparties sur 20 sites. A cette approche « classique » s'ajoute une modélisation des données polliniques qui vise à restituer plus justement la structure du couvert végétal. Les interprétations issues des deux approches ont donc été confrontées, ouvrant une voie de réflexion sur la perception du paysage et des activités de l'époque.

Alors que l'aulne domine l'essentiel des comptages polliniques, sa représentation dans la végétation se trouve largement minorée par la modélisation. De ce fait, les boisements paraissent plutôt dominés par le noisetier indiquant un couvert forestier clairsemé. L'importance prise par les Poacées dans la végétation estimée offre des possibilités accrues de pâture pour les troupeaux. La relative abondance des marqueurs d'activité agro-pastorale récuse l'hypothèse d'une éventuelle déprise humaine au début de l'âge du Bronze, laissant ouvert le débat sur un accroissement de l'impact anthropique au Bronze final.

Mots-clés :

palynologie, Bassin parisien, âge du Bronze, modèle REVEALS, anthropisation.

¹ MCC, UMR 6566 - CReAAH, Laboratoire Archéosciences, Université Rennes 1, 263 Av. du général Leclerc, 35042 Rennes Cedex, France

chantal.leroyer@univ-rennes1.fr

² Université de Rennes 1, UMR 6566 - CReAAH, Laboratoire Archéosciences, Université Rennes 1, 263 Av. du général Leclerc, 35042 Rennes Cedex, France

remi.david.archeo@hotmail.fr

³ CNRS, UMR 5602 - GEODE, Université du Mirail, Laboratoire de Géographie de l'Environnement, 5 Allées A. Machado, 31058 Toulouse Cedex 1, France

florence.mazier@univ-tlse2.fr

⁴ INRAP G.S.O., UMR 6566 - CReAAH, Centre national de Préhistoire, 38 rue du 26° R.I. 24000 Périgueux
gisele.allenet-de-ribemont@inrap.fr

⁵ et ⁶ CNRS, UMR 5060 - IRAMAT, Université Bordeaux 3, Institut de Recherche sur les ArchéoMATériaux, Maison de l'Archéologie, Esplanade des Antilles, 33607 Pessac, France et UMR 6118 - Géosciences-Rennes, Université Rennes 1, 263 Av. du général Leclerc, 35042 Rennes Cedex, France

philippe.lanos@univ-rennes1.fr et philippe.dufresne@univ-rennes1.fr

Abstract:

Due to rescue archaeology, flood plains of the Paris Basin have benefited of numerous palynological studies. If syntheses were already proposed for the Neolithic or Iron Age, the exercise was not yet tried for the Bronze Age. This period is one of the least documented by palynology, even if the corpus of data is not negligible with 25 sequences spread over 20 sites. To this "classical" approach is added a modeling pollen data which aims at reconstructing more precisely the structure of the vegetation cover. Interpretations from both approaches were thus confronted, opening a way of reflection on the perception of the landscape and the activities of the period.

While alder dominates most of the pollen counts, its representation in the estimated vegetation is largely reduced. Therefore, the forest seems rather dominated by hazel indicating a sparse tree cover. The importance of Poaceae in estimated vegetation offers increased opportunities for grazing herds. The relative abundance of anthropogenic indicators rejects the hypothesis of a possible human abandonment during Early Bronze Age, leaving the question of increased human impact in Late Bronze Age open.

Key words:

palynology, Paris Basin, Bronze age, REVEALS model, anthropisation.

Introduction

Avec l'essor de l'archéologie préventive, le Bassin parisien a connu, depuis une bonne vingtaine d'années, un développement conséquent des études paléoenvironnementales (Krier *et al.*, 1996 ; Leroyer *et al.*, 1997 ; Pastre *et al.*, 1997, 2001, 2002, 2003 ; Chaussé *et al.*, 2008). Principalement développées dans les fonds de vallées, ces recherches pluridisciplinaires incluent de nombreuses analyses polliniques qui ont permis d'appréhender les transformations du paysage végétal sous les influences du climat et/ou de l'Homme durant le Tardi-et-Postglaciaire (Leroyer, 1997 ; Leroyer *et al.*, 2011). À l'heure actuelle, cette synthèse repose sur l'étude de 53 sites, soit 91 séquences polliniques qui proviennent presque toutes de paléochenaux (principaux et secondaires) ou d'anciennes zones palustres développées en marge des paléocélements (fig. 1). Ces milieux sont principalement remblayés par des argiles plus ou moins organiques ou des tourbes, dont la mise en place s'est établie au rythme de la déconnection d'avec les apports alluviaux longitudinaux (Chaussé *et al.*, 2008). Ils restent aujourd'hui encore alimentés par les aquifères fluviaux qui maintiennent des conditions humides propices à la conservation du pollen piégé dans ces dépôts. Outre leur potentiel paléoenvironnemental, les fonds de vallées présentent aussi l'intérêt d'avoir été largement fréquentés, voire occupés, par des groupes humains. Ils s'avèrent donc également propices aux études sur l'anthropisation du milieu. Si l'abondance des données polliniques a déjà permis de proposer des conclusions sur

l'impact environnemental de certaines phases culturelles, telles le Néolithique (Leroyer, 2003 ; 2004 ; 2006a) ou l'âge du Fer (Leroyer, 2006b ; Leroyer et Allenet, 2006), l'exercice n'a pas encore été tenté pour l'âge du Bronze. En effet, cette période reste une des moins documentées par la palynologie même si le corpus de données n'est pas négligeable avec 25 séquences, réparties sur 20 sites couvrant la période (fig. 1). Nous allons donc présenter ici une première synthèse sur l'environnement et son anthropisation durant l'âge du Bronze dans le Bassin parisien. À cette approche « classique », s'ajoute une modélisation des données polliniques qui vise à restituer plus justement la structure du paysage végétal. En effet, la palynologie ne livre qu'une perception déformée des environnements du fait de biais inhérents à la discipline. Ces derniers ont été intégrés dans un modèle mathématique qui propose une autre lecture des données (David *et al.*, 2012). Les interprétations issues des deux approches -les enregistrements polliniques et leur modélisation- pourront donc être confrontées. De ce fait, après un exposé de l'aspect méthodologique de chacune des démarches, nous développerons nos résultats puis nous procéderons à la comparaison des conclusions.

Les études palynologiques

Problématique et méthodologie

Afin de répondre à notre problématique initiale, soit définir l'histoire de la végétation et suivre l'impact des occupations humaines

sur l'environnement végétal, les séquences polliniques ont été sélectionnées selon une répartition qui obéit à trois logiques (fig. 1).

La première vise à appréhender une variabilité géographique avec l'échantillonnage de différents bassins alluviaux (Seine, Oise, Marne, Yonne, Vanne) selon un transect nord-ouest à sud-est.

La seconde tient compte de la hiérarchie des réseaux hydrographiques selon un gradient allant des axes majeurs à leurs affluents et aux marais qui leur sont associés.

La troisième privilégie le contexte archéologique, avec une liaison plus ou moins forte des profils avec des implantations humaines : carottages dans des zones exemptes d'occupation, dans des secteurs de fort peuplement pendant une période et,

enfin, directement associés à un site. Si la morphologie du fond de vallée s'y prête, on peut alors réaliser plusieurs profils qui s'éloignent progressivement de l'habitat (Leroyer, 1997 et 1998). Cette démarche permet de disposer de longues séquences de référence qui traversent l'Holocène conjointement à des profils temporellement plus courts mais bien dilatés et associés à des occupations. Ainsi, les informations sont hiérarchisées et il est réellement possible d'appréhender l'impact anthropique selon les périodes (Leroyer, 1997 ; Leroyer et Allenet, 2006). Malgré le corpus assez réduit des données couvrant l'âge du Bronze, le protocole est respecté puisque les trois bassins (Oise, Marne et Seine) sont documentés et que l'on dispose pour chacun d'eux d'enregistrements issus de l'axe majeur,

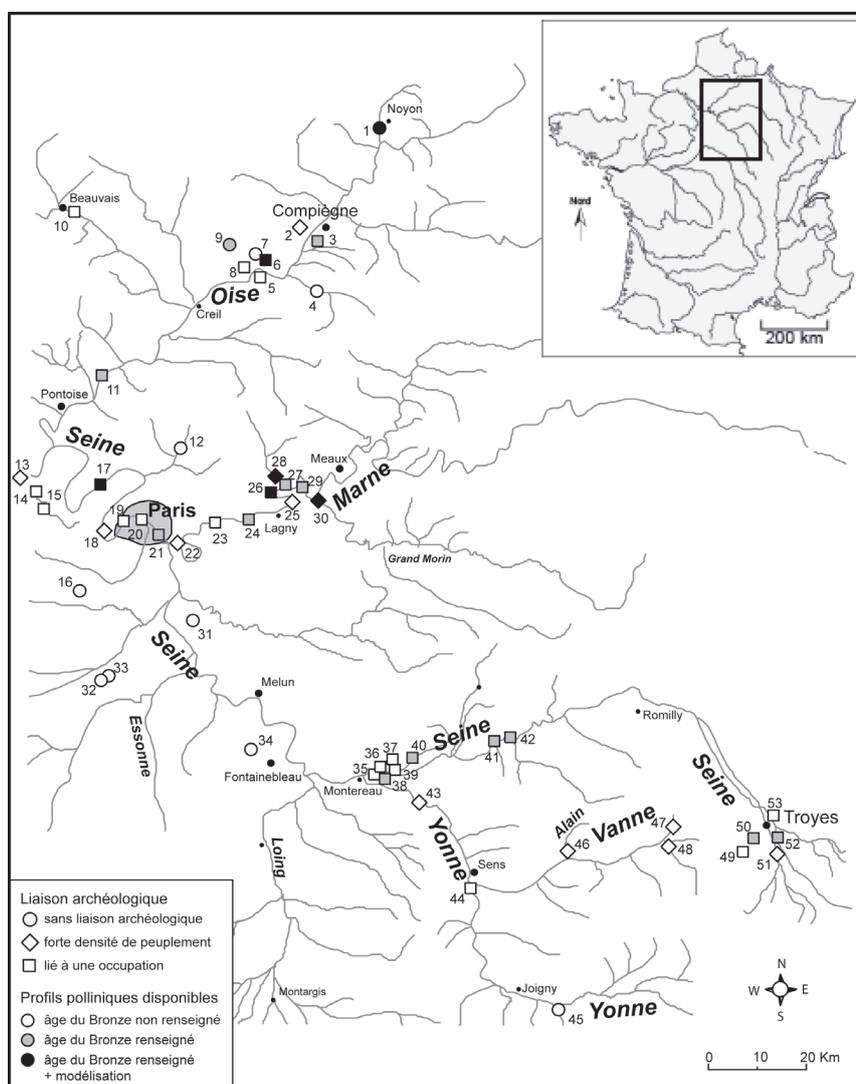


Figure 1. Carte de localisation des études palynologiques tardi-et-postglaciaires du Bassin parisien avec individualisation des séquences couvrant l'âge du Bronze et des profils intégrés à la modélisation.

d'un tributaire (Verse, Beuvronne, Auxence) et d'un marais associé (Sacy, Lesches, Saint-Léger). Le « gradient archéologique » est également respecté avec douze sites liés à des occupations (vestiges épars du Bronze ancien ou moyen ; habitat du Bronze final), deux implantés dans un secteur peuplé durant le Bronze final et six dénués de lien archéologique qui servent de référence (fig. 1).

L'échantillonnage a été effectué sur les coupes dégagées à l'occasion des travaux d'archéologie préventive ou sur des carottes, extraites avec une sondeuse mécanique (Sédidrill 140). Les préparations ont été réalisées au laboratoire de palynologie du Centre national de Préhistoire selon le protocole de M. Girard et J. Renault-Miskovsky (1969) : l'absence d'acétolyse permettant de reconnaître toute contamination par des stocks polliniques subactuels.

L'étude a été menée avec une rigueur méthodologique, destinée à assurer la représentativité des données : maillage serré des prélèvements, élimination des échantillons peu fiables, décomptes élevés, obtention d'une large diversité taxinomique, estimation des concentrations absolues par la méthode volumétrique (Cour, 1974) et vérification de toutes les variations des fréquences relatives par des modifications des sommes de base et une confrontation aux valeurs absolues. Les données ont été traitées avec le logiciel Gpalwin (Goeury, 1988).

L'appréciation des contextes environnementaux fait référence à des acquis sur la dispersion pollinique (Heim, 1970 ; Barthélémy, 1976 ; Triat-Laval, 1978 ; Barthélémy, 1985 ; Broström *et al.*, 2008) et à des principes d'écologie (Bournerias, 1979 ; Montegut, 1987 ; Rameau *et al.*, 1989 ; Fare *et al.*, 2001). Enfin, les activités humaines sont appréhendées par les indices de pratiques agro-pastorales (Behre, 1981 et 1986 ; Richard et Géry, 1993 ; Brun, 2007) mais aussi de l'évolution des ligneux (Aaby, 1986 ; Jalut, 1991 ; Richard, 1995 ; Leroyer, 1997) ; il doit y avoir une convergence des enregistrements pour envisager une phase d'anthropisation.

Les résultats

L'ensemble des analyses a permis d'établir l'histoire de la végétation durant

l'Holocène par l'individualisation de sept zones d'assemblage pollinique régionales (ZAPR) ou palynozones régionales, numérotées de IV à X et calées par 232 datations ¹⁴C (fig. 2). L'ensemble des travaux montre que la dynamique de végétation s'avère identique de l'Oise à la Seine, sans impact particulier de la hiérarchie des réseaux hydrographiques (Leroyer, 1997 ; Leroyer *et al.*, 2011). En revanche, les contextes locaux sont clairement enregistrés : épaisseur de la lame d'eau, importance des boisements ripariaux et anthropisation du milieu. L'impact anthropique constitue un des principaux facteurs de variation des enregistrements. Le « gradient » dans la proximité des séquences polliniques avec des occupations permet de vérifier l'importance des activités humaines ; celles-ci ne sont perceptibles à quelques distances des habitats qu'à partir de la fin du Néolithique (Leroyer, 1997 ; 1998 ; 2006a ; Leroyer et Allenet, 2006).

Les assemblages polliniques durant l'âge du Bronze

L'âge du Bronze se déroule durant la seconde partie de la zone régionale VIII (fig. 2). Cette dernière, corrélée au Subboréal, est globalement définie par une large prédominance de l'aulne (*Alnus*) devant le chêne (*Quercus*), le noisetier (*Corylus*) ou le pin (*Pinus*) tandis que le hêtre (*Fagus*) commence à s'implanter. Les marqueurs d'activités agro-pastorales (céréales, messicoles, rudérales et adventices) sont régulièrement enregistrés mais leur courbe reste souvent basse et parfois sub-continue. Cette définition générale des assemblages polliniques de la deuxième partie de la zone VIII doit, cependant, être modulée dans le détail puisqu'une des caractéristiques de la période réside dans la variabilité des occurrences des différents ligneux comme des indices d'anthropisation.

Ainsi, l'aulne (*Alnus*), taxon généralement prédominant, a une courbe irrégulière dans les différents diagrammes polliniques avec des chutes ponctuelles à des valeurs très faibles. De surcroît, son incidence est variable selon les profils sans que ces différences puissent être imputées à leur appartenance à un bassin hydrographique (fig. 3). Les occurrences de l'aulne, généralement comprises entre 30 et 50 %¹, peuvent atteindre 60-70 % dans le

¹ Toutes les fréquences annoncées reposent sur des sommes de base restreintes dont sont exclus tous les taxons de la végétation locale (*Alnus*, *Salix*, amphibies, Cypéracées, aquatiques, fougères).

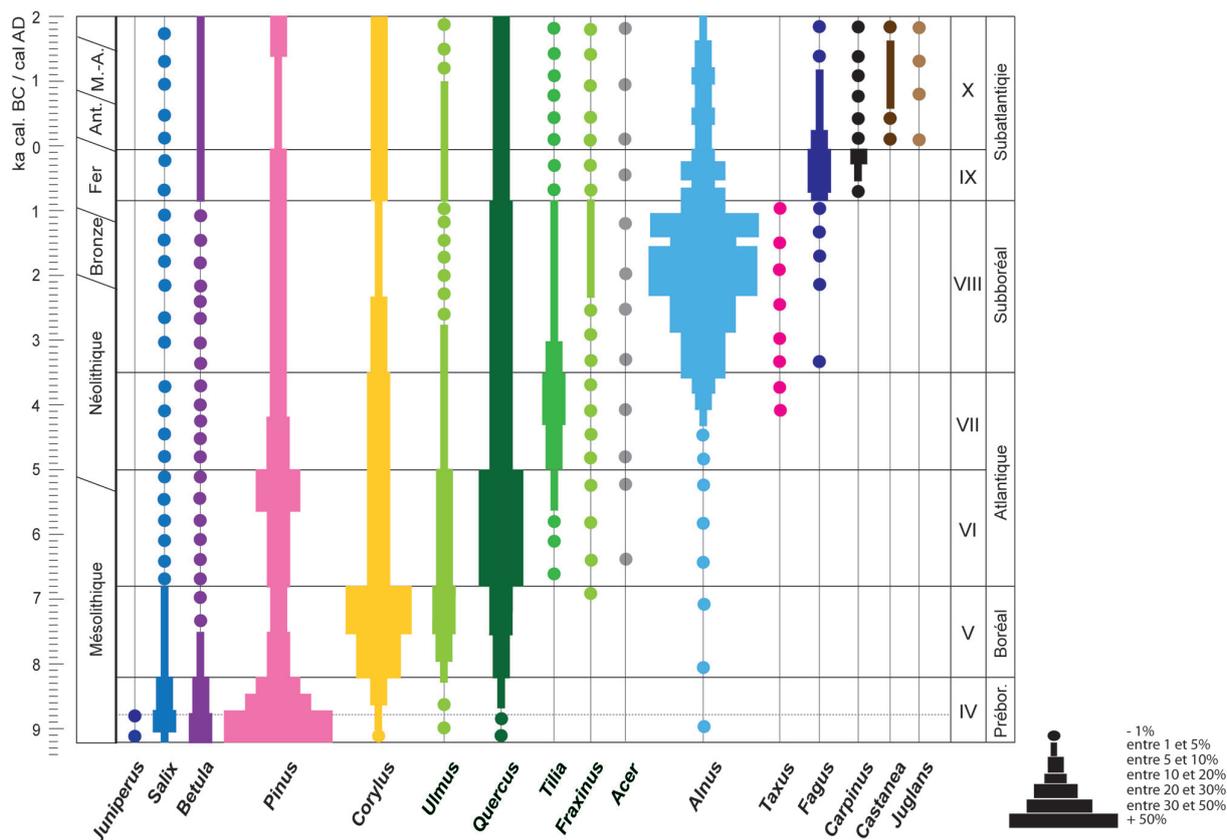


Figure 2. Diagramme de synthèse résumant l'histoire de la végétation holocène du Bassin parisien.

bassin aval de la Marne (Vignely « La Corvée », Fresnes-sur-Marne « Le Chemin des Noues ») comme en Bassée (Villiers-sur-Seine « Le Gros Buisson ») alors qu'il ne représente pas plus du quart des stocks polliniques à Beaurains-lès-Noyon (vallée de la Verse) et à Verrières (vallée de la Seine). Il peut même être effacé derrière le chêne comme dans les marais de Sacy (bassin de l'Oise) et Rueil-Malmaison (vallée de la Seine). Le noisetier (*Corylus*), qui se place souvent au second rang derrière l'aulne, connaît une représentation ordinaire de 10-20 % mais qui varie de 5 % (Beaurains-lès-Noyon ; Rueil-Malmaison) à 40 % (Vignely dans le bassin aval de la Marne). Le chêne (*Quercus*) a des occurrences presque équivalentes, généralement comprises entre 10 et 20 %. Elles peuvent, cependant, atteindre 40 % à Sacy ou Rueil-Malmaison ou chuter à 5 % dans certains profils du bassin aval de la Marne (Fresnes-sur-Marne, Lesches). L'orme (*Ulmus*) et le tilleul (*Tilia*) ont des fréquences qui oscillent le plus souvent aux alentours de 5-7 % mais qui varient, de fait, de 1 à 15 %. Si l'orme s'efface fréquemment derrière le tilleul, la situation peut s'inverser comme à Villiers-sur-Seine (15 %). Le frêne (*Fraxinus*)

dépasse rarement des valeurs de 5 % mais il peut atteindre le seuil des 10 % (Bercy), voire de 15 % (Châtenay et Villiers-sur-Seine). En revanche, il est absent dans les marais de Lesches (bassin aval de la Marne). Le hêtre (*Fagus*) a généralement une représentation plus faible (1 à 3 %), d'autant qu'il est encore souvent sporadique, voire absent dans plusieurs profils du bassin aval de la Marne ; il atteint, néanmoins, des valeurs assez fortes à Villiers-sur-Seine (10 %).

Cette variabilité, reconnue pour les principaux ligneux présents durant l'âge du Bronze, se vérifie aussi pour les herbacées. Ainsi, les Poacées comme les Cypéracées représentent ordinairement 15 à 25 % du total mais elles peuvent atteindre des valeurs beaucoup plus élevées (40 % de Cypéracées à Rueil-Malmaison et 50 % de Poacées à Bercy) ou plus faibles (moins de 10 % à Vignely). Si le cortège rudéral a, le plus souvent, une incidence de 5-7 %, celle-ci peut varier de 3 à 10 %. Au sein de ces rudérales, la présence du plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*) est attestée sur tous les profils mais il peut rester sporadique (Villiers-sur-Seine, Lesches, Vignely, Sacy). Si ses fréquences sont

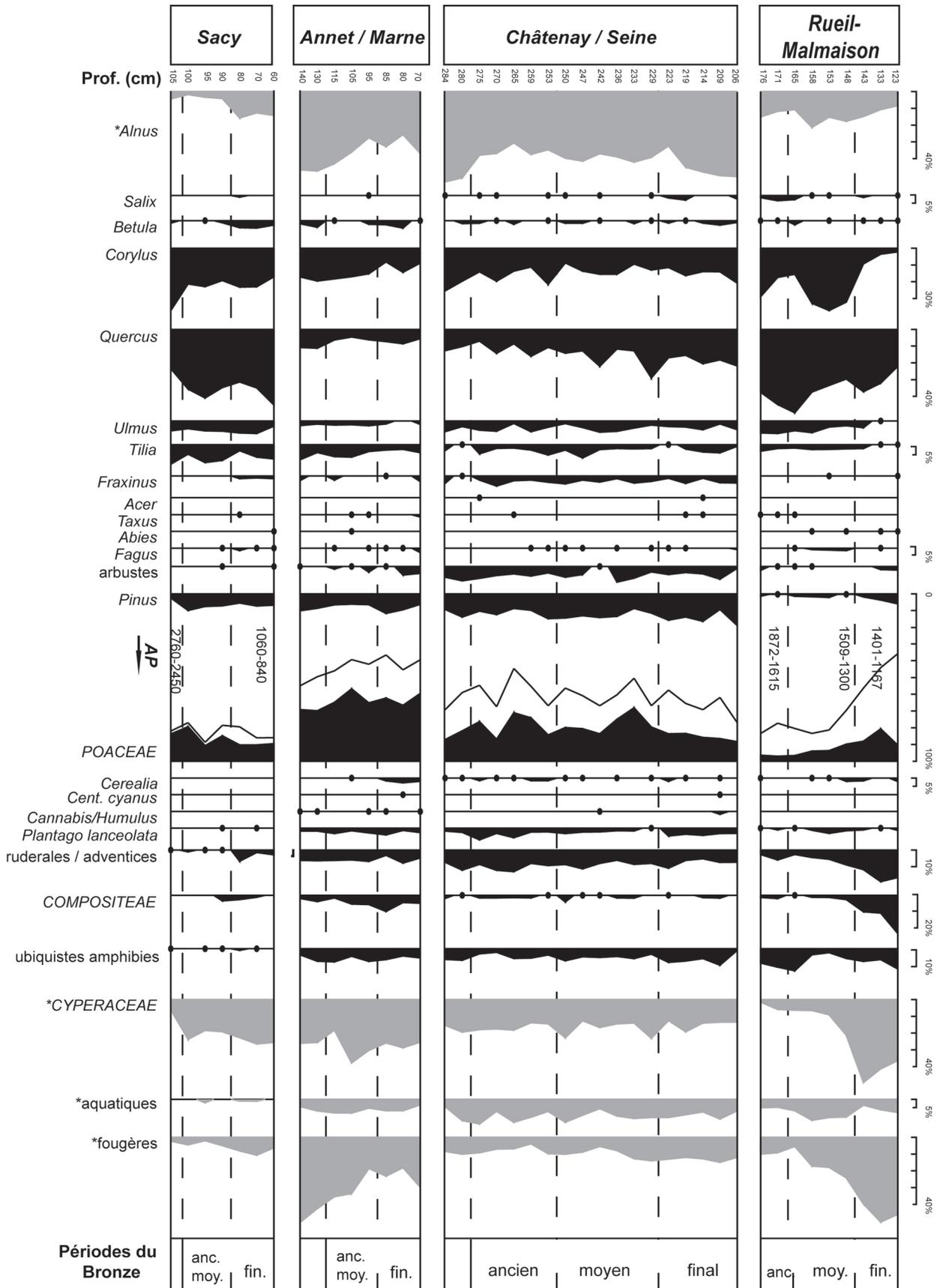


Figure 3. Diagrammes polliniques simplifiés de Rueil-Malmaison, Châtenay-sur-Seine, Annet-sur-Marne et Sacy pour la période de l'âge du Bronze (*Alnus*, Cypéracées, aquatiques et fougères exclus des sommes de base).

généralement de 2-3 %, il dépasse le seuil des 5 % à Champagne-sur-Oise et à Noyen-sur-Seine. Enfin, les céréales (*Cerealia*), qui restent totalement absentes des profils de Sacy et de Lesches, présentent au mieux une courbe sub-continue avec des occurrences de 1 à 2 % ; elles atteignent, néanmoins des valeurs de 5 % à Fresnes-sur-Marne dans un niveau contemporain de l'occupation des lieux durant le Bronze final.

Paysage végétal et emprise humaine

Ces différentes données indiquent qu'un environnement encore assez boisé persiste durant l'âge du Bronze, au moins dans les fonds de vallées : des ripisylves y sont implantées tandis que les chênaies se développent en périphérie sur les versants et les plateaux. Même s'il n'est pas aisé sur la base des seuls enregistrements polliniques de cerner la transition entre la forêt alluviale qui peut comprendre des chênes et la chênaie de versant, ces boisements n'apparaissent pas homogènes que ce soit dans leur composition, leur étendue ou leur densité. Alors que certains profils attestent la présence d'aulnaies assez pures (fig. 3 : Annet-sur-Marne ou Châtenay-sur-Seine), d'autres témoignent de peuplements mixtes où noisetiers, frênes, ormes et chênes se mêlent aux aulnes, au moins en périphérie des zones les plus humides (fig. 3 : Sacy ou Rueil-Malmaison). Si les aulnaies apparaissent assez denses, les formations périphériques, telles qu'elles sont perçues à Rueil-Malmaison ou à Sacy, semblent beaucoup plus clairsemées au regard de l'abondance des ligneux héliophiles (noisetiers, bouleaux). La structure des boisements de versant est plus difficile à appréhender du fait du filtre constitué par la ripisylve (Barthélémy, 1976). Ils semblent surtout correspondre à des chênaies mixtes où ormes et tilleuls peuvent jouer un rôle notable et où les hêtres commencent à se développer. Bien que les taux de pollens arboréens soient élevés, des espaces herbacés participent également à l'environnement. Les berges des cours d'eau accueillent des groupements hygrophiles, composés de Cypéracées et de diverses plantes amphibies, qui peuvent se développer sous le couvert des ripisylves ou constituer des prairies humides, voire marécageuses, à leurs abords. Des prairies plus sèches occupent les zones exondées ; elles comprennent une flore rudérale plus ou

moins abondante qui souligne leur utilisation en pâtures. Enfin, l'enregistrement régulier de pollen de céréales indique l'existence de parcelles cultivées sans qu'il soit possible d'en définir l'étendue.

Si l'incidence de ces divers groupements peut varier en fonction de la position des profils au sein de la plaine alluviale, favorisant plutôt l'aulnaie ou la chênaie-frênaie, les principales modifications relèvent de l'occupation des lieux et des activités de leurs habitants à une période donnée. En effet, depuis le Néolithique moyen II, l'installation d'un groupe humain en fond de vallée se marque par le défrichement de la ripisylve, parfois accompagné mais le plus souvent suivi de l'exploitation du chêne (Leroyer, 1997, 1998 et 2006a). L'attaque de l'aulnaie semble destinée à dégager des sols pour l'habitat et le pâturage des troupeaux, à faciliter l'accès au cours d'eau et parfois à utiliser l'aulne pour l'édification de palissades comme à Villiers-sur-Seine (Leroyer *et al.*, *soumis a*). Dans tous les cas, l'ouverture de l'aulnaie profite aux prairies humides qui s'implantent sur les sols libérés. L'utilisation de ces zones herbeuses en pâtures semble inégale : elle apparaît moins marquée à Annet-sur-Marne qu'à Châtenay-sur-Seine et surtout qu'à Rueil-Malmaison durant le Bronze final (fig. 3). De même, la perception des cultures céréalières est plus ou moins claire : variabilité qui peut relever de la proximité des parcelles comme de leur extension. Elle renvoie donc à la relation des profils polliniques avec des occupations humaines : lien difficile à établir pour les phases ancienne et moyenne de l'âge du Bronze puisque l'habitat de ces périodes est très mal connu dans le Bassin parisien (Blanchet, 1989 ; Billard *et al.*, 1996 ; Blanchet et Talon, 2005 ; Gouge et Peake, 2005). Seule la découverte de vestiges épars documente le peuplement humain durant le Bronze ancien et moyen alors que les sites (habitats et nécropoles) du Bronze final sont clairement identifiés et très abondants. Les archéologues soulignent le biais taphonomique à l'origine de cette situation même si une certaine déprise humaine ne peut être totalement écartée (Blanchet et Talon, 2005 ; Gouge et Peake, 2005). De fait, les données palynologiques vont contribuer à percevoir le peuplement régional par le biais des marqueurs d'anthropisation. La démarche consiste à vérifier le comportement des indices d'activité humaine sur les 13

profils polliniques qui couvrent le passage du Néolithique récent/final au Bronze ancien puis à observer leur évolution durant les différentes phases de l'âge du Bronze, ceci en tenant compte de la liaison avec des occupations humaines (fig. 4).

Aucun déclin des marqueurs d'anthropisation n'est perçu lors du passage au Bronze ancien. Au contraire, les 13 séquences témoignent alors d'un léger recul de l'aulne synchronisé d'une petite progression des herbacées de prairies, du cortège rudéral et parfois de la présence de pollen de céréales. Cette évolution se vérifie clairement sur les diagrammes polliniques d'Annet-sur-Marne et de Châtenay-sur-Seine (fig. 3).

Alors que seuls 7 des 17 sites couvrant la période du Bronze ancien sont associés à des vestiges archéologiques épars (fig. 4), des IPA (indices polliniques d'anthropisation) sont perçus dans presque tous les profils mais ce, avec plus ou moins d'intensité. Ainsi, malgré l'absence de découverte archéologique à côté des séquences de Rueil-Malmaison et d'Annet-sur-Marne, on constate une apparition

ponctuelle de céréales et une timide progression des rudérales, concomitantes d'un léger recul de l'aulne (fig. 3). A Châtenay-sur-Seine ou à Noyen-sur-Seine, le retrait de l'aulne est à peine plus marqué mais la hausse du cortège rudéral -tout particulièrement celle du plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*)- est flagrante et la courbe des céréales est continue : des vestiges du Bronze ancien ont été mis au jour à proximité de ces deux sites. Enfin, à Vignely, un profond défrichement de l'aulnaie est perçu (Leroyer *et al.*, soumis b). De fait, on ne perçoit donc aucune déprise humaine au début de l'âge du Bronze, voire plutôt une légère accentuation des activités dans les séquences polliniques du Bassin parisien.

Seuls 3 des 13 profils couvrant le Bronze moyen sont associés à des vestiges archéologiques (fig. 4). L'arrivée d'un groupe humain à Rueil-Malmaison se marque clairement par l'exploitation du chêne et le développement des activités agro-pastorales (fig. 3). A Champagne-sur-Oise, la stabilité des marqueurs d'anthropisation renvoie au maintien d'une fréquentation des lieux

Bassins	Sites	Bronze ancien	Bronze moyen	Bronze final
Oise	1 : Beaurains-les-Noyon "Le Grand Marais" (Verse)			
	3 : Lacroix-Saint-Ouen "Station d'épuration"			
	6 : Houdancourt "Les Esquillons"			
	9 : Sacy-le-Grand "Le Marais"			
	11 : Champagne/Oise "Le Grand Marais"			
Seine aval de la confluence de la Marne	17 : Rueil-Malmaison "Les Closeaux"			
	21 : Paris "Bercy"			
Marne	24 : Chelles "Le Fossé de Travers Ouest"			
	26 : Fresnes-Marne "Le Chemin des Noues"			
	27 : Fresnes-Marne "L'Île du Gord"			
	28 : Annet-Marne (Beuvronne)			
	29 : Vignely "La Corvée"			
	30 : Lesches "Les Prés du Refuge"			
	30 bis : Lesches "Le Marais du Refuge"			
Seine Bassée	38 : Bazoches-lès-Bray "Le Tureau à l'Oseille"			
	40 : Châtenay/Seine "La Bachère N"			
	41 : Noyen/Seine "Le Haut des Nachères"			
	42 : Villiers/Seine "Le Gros Buisson"			
Seine Plaine de Troyes	50 : Saint-Léger "La Coloterie"			
	52 : Verrières "Les Coeurs"			

Occupation sur les lieux Occupation dans le secteur Vestiges archéologiques sur les lieux IPA forts IPA faibles

Figure 4. Tableau récapitulatif des séquences polliniques couvrant l'âge du Bronze renseignant l'enregistrement des marqueurs d'anthropisation et la présence de découvertes archéologiques.

durant les phases ancienne et moyenne de l'âge du Bronze. En revanche, à Châtenay-sur-Seine, les échantillons contemporains du Bronze moyen témoignent d'une petite diminution de l'emprise humaine : légère reprise de l'aulne, occurrences plus faibles des céréales et du plantain lancéolé (fig. 3). Si l'abandon des berges de la Marne à Vignely se traduit par un large essor de l'aulnaie et la disparition des céréales, le phénomène se marque moins clairement à Lacroix-Saint-Ouen dans l'Oise. Les autres profils, dénués de contexte archéologique durant le Bronze ancien comme le Bronze moyen, traduisent peu de changement entre ces deux périodes, que les indicateurs d'anthropisation soient faibles (Beaurains-lès-Noyon, Chelles, Annet-sur-Marne, Villiers-sur-Seine) ou plus forts (Bercy, Fresnes-sur-Marne).

Avec le passage au Bronze final, le lien archéologique des profils polliniques est plus conséquent : 9 des 15 séquences concernées sont associées à des vestiges. Six d'entre-elles sont implantées à côté d'un habitat ou d'une nécropole, deux autres sont dans une zone où les sites sont abondants tandis que des vestiges de la période ont été découverts à Bercy (fig. 4). Cette forte densité des occupations du Bronze final est bien illustrée par les séquences polliniques qui témoignent d'activités agropastorales accompagnées le plus souvent de défrichements mais leur amplitude se marque avec plus ou moins de force. A Rueil-Malmaison (fig. 3) ou à Saint-Léger et Verrières dans la Plaine de Troyes, l'association des profils à des occupations entraîne la perception directe des activités des habitants des lieux : défrichement des boisements alluviaux mais aussi de la chênaie au profit de zones de prairies utilisées en pâtures et mise en culture des sols exondés. Si l'attaque de l'aulnaie est clairement enregistrée à Fresnes-sur-Marne, l'exploitation du chêne est moins perceptible alors que cultures et élevage sont pratiqués à peu de distance par les occupants des lieux. Situé à quelques distances de cet habitat, le profil d'Annet-sur-Marne relate, de même, un net développement des activités agricoles associées à une éclaircie de la ripisylve (fig. 3). En revanche, la proximité d'une nécropole à Châtenay ne se traduit pas par un essor durable des marqueurs d'anthropisation. Après un bref développement des cultures céréalières et une éclaircie ponctuelle de l'aulnaie, celle-ci reprend au contraire quelque importance et les activités agropastorales semblent diminuer (fig. 3). A

Bercy, les boisements ne paraissent pas non plus être profondément altérés. Cependant, le chêne est exploité et l'aulnaie locale comme les formations à ormes sont éclaircies, entraînant une meilleure perception du pin. Les sols ainsi libérés, sont essentiellement colonisés par des Poacées, des Cypéracées et des fougères. Des cultures céréalières sont attestées mais la rudéralisation du milieu est assez faible. Enfin, les séquences des marais de Lesches et de Sacy, dénuées de tout contexte archéologique, transcrivent un milieu à peine marqué par l'empreinte humaine : on perçoit au mieux à Sacy une petite progression du cortège rudéral concomitante d'un très léger retrait du chêne qui profite aux aulnes et bouleaux (fig. 3).

Les séquences polliniques ne traduisent donc aucun déclin majeur des marqueurs d'anthropisation durant les phases ancienne et moyenne de l'âge du Bronze : les rudérales conservent des fréquences conséquentes, les céréales sont plus ou moins sporadiques, les courbes des principaux ligneux sont fluctuantes et celle de l'aulne est le plus souvent régressive. Ces observations sont significatives d'une continuité du peuplement ; interprétation qui conforte les constatations des archéologues sur la difficulté à reconnaître les vestiges d'habitat du Bronze ancien et moyen (Billard *et al.*, 1996). La forte densité des occupations du Bronze final est ensuite nettement illustrée par les séquences polliniques mais l'incidence des interventions humaines (défrichement, céréaliculture, pastoralisme) est variable. Cette variabilité peut relever du type d'occupation : fréquentation régulière à Bercy, nécropole à Châtenay ou habitats (Rueil-Malmaison, Fresnes, Saint-Léger, Verrières...). Même si l'impact anthropique peut être moins fort qu'au Bronze ancien (Châtenay-sur-Seine) ou quasi inexistant (Lesches, Sacy), la tendance générale semble, néanmoins, être à une légère accentuation de l'anthropisation du milieu durant le Bronze final qu'il y ait, ou non, un site à proximité.

Modélisation

Problématique

Comme nous l'avons vu dans la partie précédente, l'étude des séquences polliniques permet de suivre les dynamiques des différents taxons au cours du temps, de cerner les phases d'anthropisation et ainsi de définir

une histoire de la végétation. Elle fournit des informations détaillées sur l'environnement végétal entourant le site de prélèvement.

Certains paramètres demeurent cependant partiellement ou totalement indéterminés à la suite d'une analyse pollinique. L'origine des grains de pollen déposés dans le sédiment reste ainsi largement méconnue du fait de la multiplicité des parcours possibles entre le lieu de production du grain et son point de sédimentation. Le mode de transport du pollen va largement influencer sur la représentation pollinique d'une essence végétale dans le sédiment. Les taxons anémophiles (vent) et hydrogames (eau) qui dispersent de grandes quantités de pollen seront largement surreprésentés dans les sédiments issus de zones humides, tandis que les entomophiles (insectes), ornithophiles (oiseaux) ou cheiroptérophiiles (chauves-souris) qui produisent des quantités de pollen considérablement inférieures seront eux nettement sous-représentés. L'image du paysage fournie par l'étude palynologique d'un site est donc biaisée par ces différences de productivité pollinique. Si cette remarque doit être prise en considération lorsque l'on tente de reconstruire les paysages du passé, elle doit néanmoins être relativisée. En effet, la plupart des taxons qui structurent visuellement le paysage (grand ligneux, herbacées) ont un mode de pollinisation anémophile et sont donc bien représentés dans les dépôts sédimentaires.

Parmi ces taxons anémophiles certains peuvent produire nettement plus de pollen que d'autres. Ces différences de productivité pollinique entre les espèces vont constituer un biais dans la reconstitution des paléoenvironnements à partir des séquences polliniques, certaines essences se trouvant surreprésentées par rapport à d'autres alors sous-représentées.

La taille, la surface, la forme générale des grains de pollen ainsi que leur densité suivant les taxons vont également influencer sur la pluie pollinique. Un grain de faible densité avec une morphologie lui permettant de rester longtemps en suspension dans les airs aura un taux de dispersion plus important qu'un grain plus dense avec une portance plus faible (Heim, 1970).

A tout ceci vient s'ajouter un dernier facteur, la conservation inégale des grains de pollen des différents taxons (Havinga, 1984). La structure des grains, propre à chaque

espèce, va leur conférer une résistance à la dégradation plus ou moins grande. Ceci peut à terme faire varier de façon non négligeable les proportions d'un type de pollen dans un enregistrement pollinique et par là même fausser la représentation du paléoenvironnement du site.

Pour toutes ces raisons, un spectre pollinique ne peut donc pas être directement considéré comme une représentation parfaitement fidèle de la végétation mais plutôt comme une image de celle-ci observée après réflexion sur de multiples miroirs déformants. La modélisation que nous avons effectuée à partir des données polliniques tend à inverser le processus de déformation de cette image de la végétation de l'âge du Bronze du Bassin parisien. Les formules mathématiques jouent alors le rôle de lentilles de correction, reproduisant à l'inverse les déformations induites par les différents biais, dans le but d'obtenir une image plus nette du couvert végétal de l'époque.

Méthode

Le modèle que nous avons utilisé pour cette étude a été développé par S. Sugita et les membres des programmes POLLANDCAL, puis LANDCLIM, avec pour objectif d'intégrer un maximum des biais décrits plus haut pour permettre d'estimer quantitativement les proportions de chaque taxon dans le couvert végétal.

Le premier de ces facteurs, la productivité pollinique relative, correspond au ratio du nombre moyen de grains de pollen émis par une plante d'un taxon donné par rapport au nombre moyen de grains émis par une plante du taxon des *Poaceae*. On la nomme usuellement PPE pour *Pollen Productivity Estimate*. Elle a été mesurée pour de nombreux taxons végétaux dans 11 régions du nord et de l'est de l'Europe (Broström *et al.*, 2008). Ces mesures effectuées pour les mêmes taxons dans plusieurs régions européennes ont ensuite été moyennées selon un protocole visant à obtenir une valeur considérée comme applicable à l'ensemble de l'Europe (Mazier *et al.*, 2010 et 2012).

La vitesse de chute dans l'air des grains de pollen des différents taxons dépend de leur taille, de leur densité et de leur morphologie. Elle intègre ces trois paramètres pour aboutir à une valeur chiffrée traduisant le potentiel de dispersion propre au pollen de

chaque espèce. Lorsque cette vitesse n'a pas été mesurée en laboratoire, elle a été calculée selon la loi de sédimentation dans les fluides de Stokes.

Les PPE européens sont reportés dans un tableau au côté des vitesses de chute dans l'air des grains de pollen pour chaque taxon (tabl. 1).

Formulation mathématique du modèle REVEALS

Le modèle REVEALS s'exprime comme suit :

$$\hat{V}_{i,k} \equiv \frac{n_{i,k}/\hat{\alpha}_{i,k} \cdot \int_R^{z_{max}} g_i(z) dz}{\sum_{j=1}^t n_{j,k}/\hat{\alpha}_{j,k} \cdot \int_R^{z_{max}} g_j(z) dz}$$

Avec $\hat{V}_{i,k}$: estimation de l'abondance relative de l'espèce i autour du site k (sans dimension)

$n_{i,k}$: nombre de grains de pollen de l'espèce i au site k (en grains)

$\hat{\alpha}_i$: productivité pollinique de l'espèce i (sans dimension)

g_i : fonction de dispersion et déposition du pollen de l'espèce i (lac ou tourbière)

Z_{max} : distance maximale d'origine du pollen

de la végétation régionale (en mètres)

r : rayon du bassin de sédimentation k (en mètres)

t : nombre total de taxons utilisés pour calculer la composition de la végétation

Ce modèle signifie que la proportion de chaque taxon dans la végétation régionale est exprimée comme étant le résultat du ratio du nombre de grains de pollen comptés pour chaque taxon, pondéré par leur productivité pollinique respective et par une fonction de dispersion et dépôt du pollen, par rapport à la somme totale de ces facteurs pour chaque taxon (Sugita, 2007).

Autres facteurs déterminants dans la reconstitution du couvert végétal

La taille des bassins de sédimentation (r) est un des paramètres influant sur la fonction de dispersion du pollen dans le modèle REVEALS (g_i). En effet, plus les dimensions du bassin de dépôt sont importantes, plus la zone environnant le site de prélèvement décrite par les proportions de pollen contenu dans les sédiments est étendue. Pour illustrer cette affirmation, la figure 5 présente les résultats

Taxon	Production pollinique relative/Poaceae PPE (SE)	Vitesse de chute dans l'air des grains de pollen (m/s)
<i>Abies</i>	6.88 (1.44)	0.120
<i>Alnus</i>	9.07 (0.10)	0.021
<i>Artemisia</i>	3.48 (0.20)	0.025
<i>Betula</i>	3.09 (0.27)	0.024
<i>Calluna vulgaris</i>	0.82 (0.02)	0.038
<i>Carpinus</i>	3.55 (0.43)	0.042
<i>Ceralia-t</i>	1.85 (0.38)	0.060
<i>Corylus</i>	1.99 (0.20)	0.025
<i>Fagus</i>	2.35 (0.11)	0.057
<i>Filipendula</i>	2.81 (0.43)	0.006
<i>Fraxinus</i>	1.03 (0.11)	0.022
<i>Juniperus</i>	2.07 (0.04)	0.016
<i>Picea</i>	2.62 (0.12)	0.056
<i>Pinus</i>	6.38 (0.45)	0.031
<i>Plantago lanceolata</i>	1.04 (0.09)	0.029
<i>Plantago media</i>	1.27 (0.18)	0.024
<i>Plantago montana</i>	0.74 (0.13)	0.030
<i>Poaceae</i>	1.00 (0.00)	0.035
<i>Quercus</i>	5.83 (0.15)	0.035
<i>Rumex acetosa-t</i>	2.14 (0.28)	0.018
<i>Salix</i>	1.22 (0.11)	0.022
<i>Secale</i>	3.02 (0.05)	0.060
<i>Tilia</i>	0.80 (0.03)	0.032
<i>Ulmus</i>	1.27 (0.05)	0.032

Tableau 1. Tableau récapitulatif des valeurs moyennes des PPE européens et des vitesses de chute dans l'air des grains de pollen des taxons étudiés.

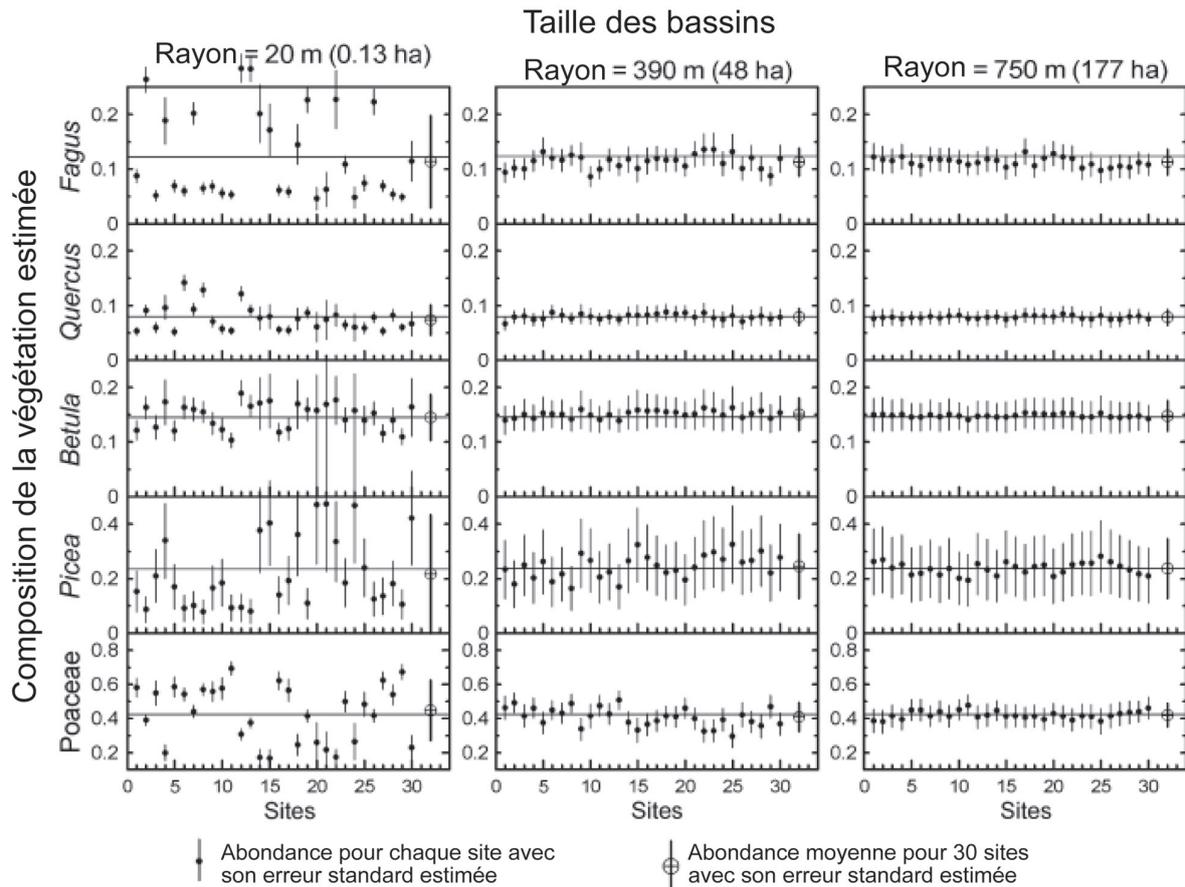


Figure 5. Impact des dimensions des bassins de dépôt simulés sur les proportions moyennes de différents taxons dans la végétation estimée par REVEALS et sur leurs écarts-types (modifié d'après Sugita, 2007).

de la végétation estimée par REVEALS à partir de paysages simulés, sous la forme d'une succession de diagrammes où les abscisses correspondent aux différents sites et les ordonnées aux proportions des taxons dans la végétation estimée (Sugita, 2007).

On peut observer que les simulations de grands bassins permettent d'obtenir une moyenne à écart-type réduit car les valeurs estimées pour chacun des sites sont faiblement dispersées autour de celle-ci. Plus on diminue la taille des bassins, plus les valeurs estimées vont varier entre les sites, reflétant ainsi l'impact grandissant de la végétation locale sur la pluie pollinique. Les moyennes présentent alors de forts écarts-types.

Cependant, on peut observer que les valeurs des moyennes restent semblables, pour peu que l'on dispose d'un nombre suffisant de sites, et ce que l'on simule de grands ou de petits bassins de sédimentation. Dans notre étude, les sites du Bassin parisien correspondent plutôt à des bassins de petite

à moyenne dimension (0,16 à 12 ha), mais leur nombre nous permet d'en tirer des informations sur le couvert végétal à une échelle plus régionale.

La nature du remblaiement dans les bassins de sédimentation joue également un rôle dans le calcul de la végétation estimée (Mazier *et al.*, 2012). Afin de traduire plus fidèlement le parcours des grains de pollen, la fonction de dispersion du pollen (g_i) utilisée pour le calcul est différente selon qu'il s'agit d'une tourbière ou d'un lac. La première version, la plus simple, décrit le mode de sédimentation du pollen en tourbière où, une fois déposé à la surface du bassin, le pollen est directement enfoui sous les couches sédimentaires suivantes (Prentice, 1985). La seconde est plus complexe car le parcours du pollen est plus tourmenté pour des dépôts lacustres que pour des dépôts tourbeux. En effet, la formule doit traduire la remobilisation du pollen du fond du lac par des courants convectifs annuels qui brassent

le pollen sur toute la colonne d'eau (Sugita, 1993 ; 1994 ; Sugita *et al.*, 1999) avant que celui-ci ne puisse être définitivement déposé au fond et enfoui.

Validation du modèle REVEALS

Ce modèle a été testé sur des séquences polliniques lacustres dans deux régions de Suède (Hellman *et al.*, 2008). Les résultats des estimations de la végétation par REVEALS comparés avec la végétation actuelle en place montrent que le modèle reconstitue bien les grands ensembles de végétation tels que les terrains boisés ou les herbacées. Il fournit aussi des estimations raisonnables pour des taxons individuels comme *Pinus*, *Picea*, *Betula*, *Corylus*, *Alnus*, *Tilia*, *Salix*, *Juniperus*, *Poaceae*, *Cerealia-type* et *Secale-type*. Les résultats semblent cependant moins concluants dans cette étude pour *Quercus*.

Application aux données du Bassin parisien

Les contraintes méthodologiques du modèle REVEALS nous ont conduits à ne sélectionner qu'une partie des séquences disponibles dans le corpus de données du Bassin parisien. En effet, la nécessité d'établir un modèle d'âge pour chacune d'entre elles élimine de fait les séquences discontinues et toutes celles qui ne présentent pas un minimum de trois datations sur une partie au moins du profil (Mazier *et al.*, 2012). Ainsi, sur 25 séquences disponibles au départ, seulement 8 ont été sélectionnées pour participer au calcul de la végétation estimée (fig. 1).

Résultats des estimations du couvert végétal de l'âge du Bronze du Bassin parisien

Le diagramme (fig. 6) illustre les résultats de modélisation du couvert végétal obtenus pour le Bassin parisien sur l'ensemble de l'Holocène. Les périodes culturelles ont ici servi de cadre temporel à la modélisation de la végétation. Les ZAPR correspondantes sont indiquées à droite. Des échelles variables ont été définies pour certains taxons faiblement représentés afin d'améliorer leur visibilité. Le facteur multiplicateur est alors signalé sous le nom du taxon. Le nombre de séquences polliniques renseignant chaque période est représenté à gauche. La partie verte de l'histogramme indique le nombre de

profils pour lesquels la nature sédimentaire tourbeuse a conduit à appliquer la fonction de dispersion des tourbières. La partie bleue regroupe ceux dont la sédimentation plus silteuse nous a orientés vers celle des lacs. Cet histogramme peut être considéré comme une représentation graphique de la crédibilité à accorder aux résultats de chaque période puisque le nombre de séquences vient compenser la taille réduite des bassins et permet d'obtenir des moyennes cohérentes pour les proportions des différents taxons dans la végétation estimée (Sugita, 2007). Cependant, la taille réduite des bassins de dépôt amène à des écarts-types importants autour de ces moyennes.

Pour la période de l'âge du Bronze, le nombre de séquences polliniques intégrées dans la modélisation est de 7 pour le Bronze ancien, 4 pour le Bronze moyen et 6 pour la première phase du Bronze final. Un seul profil pollinique renseigne la deuxième phase du Bronze final ce qui rend la reconstruction de la végétation de cette phase non significative. En effet, une unique séquence, issue d'un bassin de petite dimension, ne permet clairement pas de satisfaire aux conditions de la modélisation telles qu'énoncées par S. Sugita (2007). Les résultats obtenus pour cette période ne seront donc pas commentés ici.

Proportions estimées des taxons arboréens dans le couvert végétal

Durant l'âge du Bronze, *Quercus*, *Ulmus*, *Alnus*, *Tilia* et *Corylus*, déclinent graduellement (fig. 6). Ce déclin général des taxons forestiers durant l'âge du Bronze masque cependant des dynamiques propres à chacune de ces essences. En effet, si la chute des proportions de *Tilia* et *Corylus* débute vraiment au Bronze ancien, celle d'*Alnus* intervient dès le Néolithique final 2. *Quercus* et *Ulmus* ont quant à eux connu tout d'abord une augmentation de leurs proportions entre le Néolithique final 2 et le Bronze ancien avant que la tendance s'inverse entre le Bronze ancien et le Bronze moyen. Sur la période de l'âge du Bronze uniquement, *Alnus* est le seul à conserver des proportions assez stables, bien qu'il ait entamé un léger recul par rapport au Néolithique final 2, recul qui se poursuivra ensuite au cours de l'âge du Fer. *Quercus*, *Ulmus*, *Corylus* et *Tilia* voient leurs proportions diminuer de façon plus claire

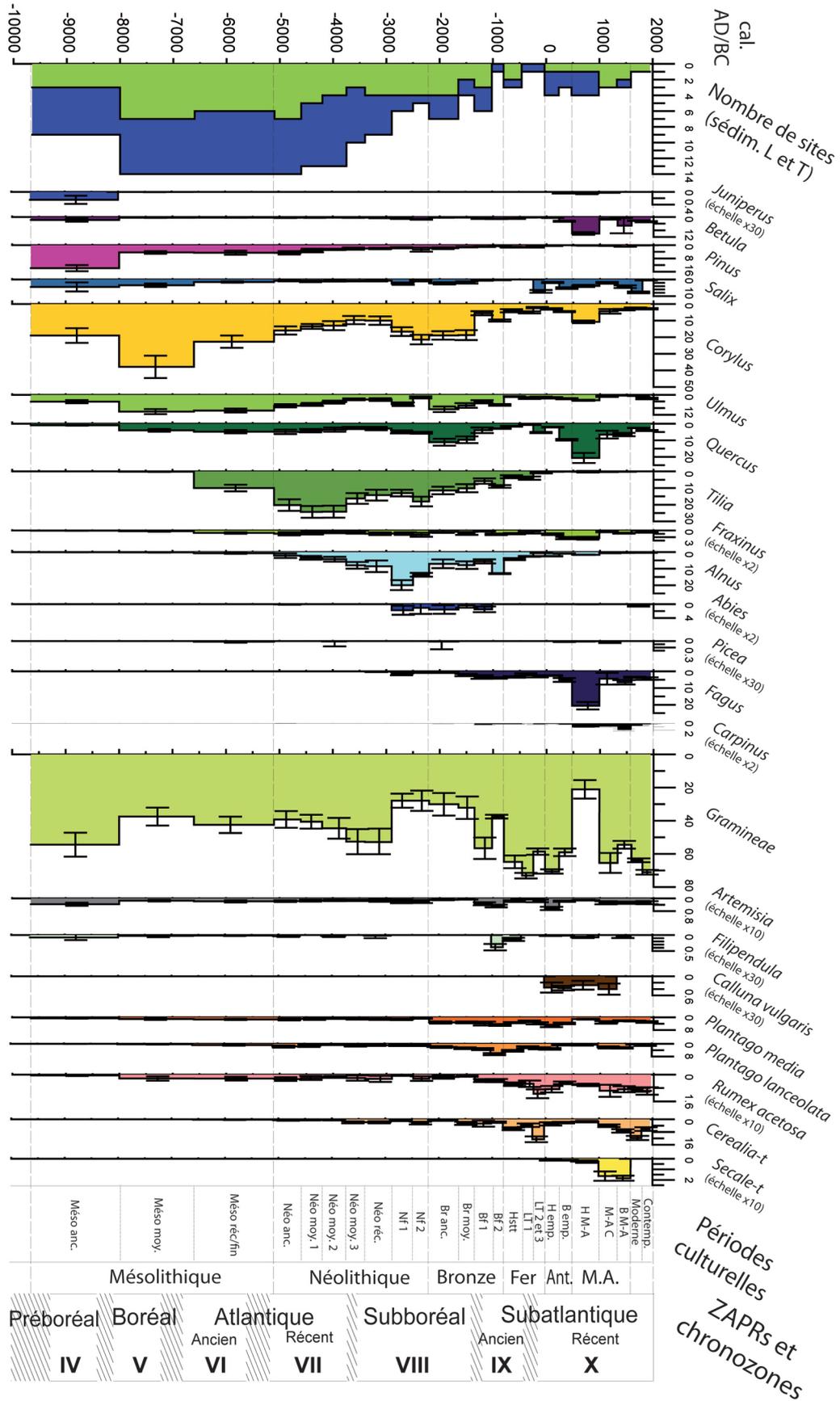


Figure 6. Évolution de la végétation holocène du Bassin parisien modélisée par REVEALS

durant la période. *Fagus* est le seul taxon arboréen qui progresse depuis le Néolithique jusqu'à la fin de l'âge du Bronze. Il se stabilise ensuite à l'âge du Fer.

Si l'on retrouve une dynamique de végétation semblable à celle décrite par les comptages polliniques (fig. 2), les proportions entre les différents taxons sont souvent modifiées (fig. 6).

Alnus est de loin le taxon le plus largement minoré par la modélisation, de par sa PPE très importante. Contrairement à l'image ressortant des analyses polliniques, il ne domine pas du tout le couvert végétal estimé par la modélisation et présente des proportions tout à fait comparables à celles de *Quercus*, *Ulmus* ou *Tilia*. *Quercus*, *Corylus* et *Fraxinus* sont quant à eux légèrement minorés ce qui n'empêche pas *Corylus* de ressortir comme le taxon majoritaire pour l'âge du Bronze. *Fagus*, *Tilia* et *Ulmus* sont légèrement majorés, plaçant *Tilia* juste derrière *Corylus* et légèrement devant *Quercus*. *Ulmus* a des proportions presque comparables à celles de *Quercus*. *Fagus* est peu représenté, malgré sa dynamique ascendante. *Fraxinus*, *Pinus*, *Betula* et *Salix* sont présents mais dans de très faibles proportions.

Proportions estimées des taxons non arboréens dans le couvert végétal

Après la recolonisation du milieu par les ligneux au Néolithique final et jusqu'au début du Bronze ancien, la part des Poacées augmente exponentiellement dans la végétation estimée, et ce jusqu'à la fin de l'âge du Bronze, avec un saut quantitatif net entre le Bronze moyen et la première phase du Bronze final. Elles sont accompagnées par les céréales et le cortège des rudérales (fig. 6).

Les traces d'activités agropastorales semblent donc s'intensifier progressivement jusqu'au Bronze final 1, depuis un niveau minimal atteint au Néolithique final. Si l'on exclut la période trop peu documentée de la deuxième phase du Bronze final, cette dynamique semble se poursuivre à l'âge du Fer.

Tout comme pour les ligneux, les proportions des taxons non arboréens dans la végétation estimée sont pondérées par les PPE relatives à chaque essence. Ainsi, la part des Poacées est largement majorée par rapport aux comptages polliniques. Les proportions de céréales sont elles aussi assez clairement amplifiées par la modélisation. Dans une

moindre mesure, l'incidence des espèces rudérales (*Plantago lanceolata*, *Plantago media*, *Rumex acetosa*) est également légèrement majorée.

Confrontation et discussion

La confrontation des données polliniques et de leur modélisation permet d'affiner notre perception du paysage végétal et de son anthropisation durant l'âge du Bronze.

L'information la plus notable réside dans la forte minoration du rôle de l'aulne. Du statut de taxon très largement majoritaire, il passe à celui d'un ligneux n'excédant pas 12 % du couvert végétal régional. Il ne semble donc former qu'une forêt galerie, restreinte aux berges des cours d'eau. S'il était déjà évident sur la base des seules données écologiques que l'aulne n'occupait pas la majeure partie du Bassin parisien comme certaines fréquences polliniques le laissent présumer, l'intérêt de la modélisation est de proposer une quantification à son extension. Si les aulnaies ne se trouvent localisées que sur les berges, leur densité autour des points de prélèvement crée toutefois un filtre à la perception des autres taxons, facteur qui n'est pas intégré dans le modèle REVEALS. On peut en déduire que l'aulne était encore moins abondant que ne l'annonce la modélisation, au contraire des autres essences végétales qui devaient jouer un rôle plus important dans le paysage. En périphérie des aulnaies, les données polliniques laissent envisager un développement graduel de formations allant de chênaies-frênaies en plaines d'inondation puis en chênaies mixtes (chênes, ormes, tilleuls, érables et quelques hêtres) sur les plateaux. La modélisation souligne un rôle beaucoup plus important du tilleul dans ces formations où *Tilia* apparaît majoritaire devant le chêne et l'orme. Si le frêne apparaît très effacé dans la modélisation, cela relève en partie d'un biais d'échantillonnage puisque les séquences de Bassée où il est le plus abondant (Châtenay et Villiers) n'ont pas pu être prises en compte. De même, la part du hêtre dans les boisements de plateaux semble plus importante que les apparitions ponctuelles et sporadiques dont témoignent les comptages polliniques. Il est estimé à des proportions maximales de 5,5 % sur l'ensemble de la région à la fin de l'âge du Bronze, laissant présumer des concentrations encore un peu plus élevées dans ses milieux

de prédilection. Les proportions du noisetier ne sont globalement pas modifiées par la modélisation : il devient ainsi le ligneux majoritaire de la période. Pouvant participer autant aux boisements alluviaux qu'aux formations de plateaux, ce taxon héliophile témoigne de peuplements clairs, ou de forêts parsemées de nombreuses clairières autour desquelles il peut se développer abondamment.

La couverture herbacée apparaît beaucoup plus étendue dans la modélisation. Cependant, les valeurs atteintes par les Poacées ne sont pas directement proportionnelles aux étendues des espaces de prairie puisqu'elles peuvent également pousser sous le couvert des arbres. Elles confortent, dans ce cas, l'hypothèse de boisements suffisamment clairs pour permettre leur développement. Cette majoration des proportions de Poacées implique des surfaces de pâture importantes pour les troupeaux, soulignées par l'augmentation notable des cortèges rudéraux à partir du Bronze ancien. Leur progression linéaire jusqu'au Bronze final dans la végétation estimée apparaît irrégulière dans les comptages polliniques. De même, le regroupement des données sous forme de moyennes dans la modélisation contribue à une perception homogène de la hausse des cultures céréalières masquant ainsi la sporadicité des occurrences de pollen de céréales sur les différents profils.

De fait, tous les marqueurs d'anthropisation se trouvent légèrement majorés par la modélisation. Celle-ci indique une franche accentuation de l'emprise humaine sur le paysage tout au long de l'âge du Bronze qui n'apparaît pas aussi clairement dans les données polliniques. L'analyse détaillée de l'ensemble des profils polliniques, y compris ceux non retenus pour la modélisation, laisse supposer un processus plus complexe. Nous l'avons vu, les indices polliniques d'activités agro-pastorales et de défrichements peuvent varier sur une même séquence en fonction de la proximité des sites archéologiques. Néanmoins, la carence d'informations archéologiques sur le peuplement durant le Bronze ancien et moyen (Billard *et al.*, 1996 ; Blanchet et Talon, 2005 ; Gouge et Peake, 2005) ne permet pas de vérifier si la hausse de l'anthropisation souvent perçue au Bronze final relève réellement d'une accentuation de l'emprise humaine ou simplement d'une plus grande

proximité avec les sites, particulièrement abondants à cette période. Si la modélisation fait apparaître une augmentation régionale de l'agropastoralisme au cours de l'âge du Bronze, localement les données polliniques ne montrent pas d'augmentation systématique des valeurs des indices d'agriculture durant le Bronze final mais plutôt un enregistrement plus fréquent de ces marqueurs.

Enfin, on ne peut pour le moment totalement exclure l'hypothèse d'un biais d'échantillonnage, le nombre encore restreint de séquences étudiées pour l'ensemble du Bassin parisien sur la période n'excluant pas la possibilité d'obtenir un schéma différent. Ce biais a pu être accentué par l'élimination de certaines séquences pour la modélisation. Toutefois, l'examen de la figure 4 montre que cette sélection ne modifie pas tellement l'image de l'anthropisation de chaque période. En effet, les proportions de séquences présentant des IPA faibles à forts, ainsi que des vestiges archéologiques ou des occupations attestées semblent être conservées au sein du « pool » de séquences modélisées.

Conclusion

Cette première synthèse palynologique sur l'âge du Bronze est documentée par 25 séquences réparties sur 20 sites dont 8 ont été intégrées à une modélisation du couvert végétal. La confrontation des deux approches ouvre une voie de réflexion sur la perception du paysage et des activités de l'époque, sachant que de nouvelles données permettront d'étoffer et de vérifier les résultats de cette première synthèse.

Ainsi, la part de l'aune qui domine l'essentiel des comptages polliniques se trouve largement minorée par la modélisation tandis que le tilleul semble jouer un rôle non négligeable dans les boisements. Ceux-ci paraissent néanmoins dominés par le noisetier, essence de lumière, qui indique un couvert forestier clairsemé. Cette interprétation semble confortée par l'importance prise par les Poacées dans la végétation estimée qui offre des possibilités accrues de pâture pour les troupeaux. Une confrontation avec les données archéozoologiques permettrait de vérifier les espaces nécessaires au bétail.

La relative abondance des marqueurs d'activité agro-pastorale récuse l'hypothèse

d'une éventuelle déprise humaine au début de l'âge du Bronze, laissant ouvert le débat sur un accroissement de l'impact anthropique au Bronze final. Les données géomorphologiques vont dans le sens de cette hausse de l'emprise humaine sur l'environnement puisque la période du Bronze final correspond à une phase de déstabilisation du milieu dans les fonds de vallées imputée à l'anthropisation (Pastre *et al.*, 2002, 2003). Une étude paléoclimatique régionale permettrait de dissocier les influences respectives de l'anthropisation et/ou d'une éventuelle péjoration climatique sur la modification du régime hydrique.

Références bibliographiques

- AABY B. (1986) – Trees as anthropogenic indicators in regional pollen diagrams from eastern Denmark, *in* K.-E. Behre (dir.), *Anthropogenic Indicators in Pollen Diagrams*, A.A. Balkema Publishers, p. 73-93.
- BARTHÉLÉMY L. (1976.) – *Recherches sur les relations entre les pluies polliniques stationnelles et les paysages végétaux avoisinants (Cessières, Aisne, France)*, thèse de Doctorat, Université Paris X, 154 p.
- BARTHÉLÉMY L. (1985) – Réflexions sur la répartition du pollen. Conséquences pour l'archéologie, *in* *Palynologie archéologique*, actes des journées des 25-26-27 janvier 1984, (CNRS-CRA Notes et Monographies techniques, 17), p. 53-85.
- BEHRE K. E. (1981) – The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et Spores*, XXIII, 2, p. 225-243.
- BEHRE K. E. (1986) – *Anthropogenic Indicators in Pollen Diagrams*, A.A. Balkema Publishers, 232 p.
- BILLARD C., BLANCHET J.-C., TALON M. (1996) – Origine et composantes de l'âge du Bronze ancien dans le Nord-Ouest de la France, *in* C. Mordant et O. Gaiffe (dir.), *Cultures et sociétés du Bronze ancien en Europe*, actes des congrès nationaux des sociétés historiques et scientifiques, 113°, (Clermont-Ferrand, 1992), Pré et Protohistoire, p. 579-601.
- BLANCHET J.-C. (1989) – L'âge du Bronze dans le Bassin parisien et le Nord de la France, *in* J.-P. Mohen (dir.), *Le Temps de la Préhistoire*, t. 1, p. 413-415.
- BLANCHET J.-C., TALON M. (2005) – L'âge du Bronze dans la moyenne vallée de l'Oise : apports récents, *in* J. Bourgeois et M. Talon (dir.), *L'âge du Bronze du nord de la France dans son contexte européen*, actes des congrès nationaux des sociétés historiques et scientifiques, 125°, (Lille, 2000), ed. C.T.H.S. et APRAB, p. 227-268.
- BOURNERIAS M. (1979) – *Guide des groupements végétaux de la région parisienne*, 3^e éd., Sedes-Masson 1984, 483 p.
- BROSTRÖM A., NIELSEN A.B., GAILLARD M.-J., HJELLE K., MAZIER F., BINNEY H., BUNTING J., FYFE R., MELTSOV V., POSKA A., RÄSÄNEN S., SOEPBOER W., VAN STEDINGK H., SUUTARI H., SUGITA S. (2008) – Pollen productivity estimates of key European plant taxa for quantitative reconstruction of past vegetation: a review, *Vegetation History and Archaeobotany*, 17, p. 461-468.
- BRUN C. (2007) – *Archéophytes et néophytes. Pour une nouvelle détermination des marqueurs polliniques de l'anthropisation. Le cas des milieux cultivés et rudéraux de Franche-Comté*, thèse de doctorat, Université de Besançon, 421 p.
- CHAUSSÉ Ch., LEROYER Ch., GIRARD CLOS O., ALLENET G., PION P., RAYMOND P. (2008) – Holocene history of the river Seine in Paris (France): contribution of bio-chronostratigraphic and geomorphological data from the Quai Branly, *The Holocene*, 18, 6 (September 2008), p. 967-980.
- COUR P. (1974) – Nouvelles techniques de détection des flux et retombées polliniques ; étude de la sédimentation des pollens et des spores à la surface du sol, *Pollen et Spores*, 16, 1, p. 103-141.
- DAVID R., LEROYER Ch., MAZIER F., LANOS Ph., DUFRESNE Ph., ALLENET de RIBEMONT G., Aoustin D. (2012) – Les transformations de la végétation du bassin parisien par la modélisation des données polliniques

- holocènes, in F. Bertoncello et F. Braemer, *Variabilités environnementales, mutations sociales. Nature, intensités, échelles et temporalités des changements*, actes des XXXII^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, ed. APDCA, p. 53-68.
- FAREA., DUTARTRE A., REBILLARD J.-P. (2001) – *Les principaux végétaux aquatiques du Sud-Ouest de la France*, ed. Agence de l'eau Adour Garonne – Cemagref, 189 p.
- GIRARD M., RENAULT-MISKOVSKY J. (1969) – Nouvelles techniques de préparation en Palynologie appliquées à 3 sédiments du Quaternaire final de l'abri Cornille (Istres, Bouches du Rhône), *Bulletin AFEQ*, 4, p. 275-284.
- GOEURY C. (1988) – Acquisition, gestion et représentation des données de l'analyse pollinique sur micro-ordinateur, *Institut française de Pondichéry, Travaux de la section scientifique et technique*, 25, p. 405-416.
- GOUGE P., PEAKE R. (2005) – Aux marges du Bronze atlantique, sites et chronologies de la région du confluent Seine-Yonne, in J. Bourgeois et M. Talon (dir.), *L'âge du Bronze du nord de la France dans son contexte européen*, actes des congrès nationaux des sociétés historiques et scientifiques, 125^e, (Lille, 2000), ed. C.T.H.S. et APRAB, p. 333-359.
- HAVINGA A. J. (1984) – A 20-years experimental investigation into the differential corrosion susceptibility of pollen and spores in various soil types, *Pollen et Spores*, 26, 3-4, p. 541-558.
- HEIM J. (1970) – *Les relations entre les spectres polliniques récents et la végétation actuelle en Europe occidentale*, thèse d'Etat, Université de Louvain (Belgique), 181 p.
- HELLMAN S., GAILLARD M.-J., BROSTRÖM A., SUGITA S. (2008) – The REVEALS model, a new tool to estimate past regional plant abundance from data in large lakes: validation in southern Sweden, *Journal of Quaternary Science*, 23, p. 21-42.
- JALUT G. (1991) – Le pollen traducteur du paysage agraire, in J. Guilaine (dir.) *Pour une archéologie agraire*, Paris, Armand Colin, p. 345-368.
- KRIER V., LEROYER Ch., LIMONDIN N., RODRIGUEZ P. (1996) – Synthèse préliminaire sur l'évolution du système fluvial de la Seine entre Montereau et Troyes, du Tardiglaciaire au Postglaciaire, in P. Duhamel (dir.), *La Bourgogne entre les bassins rhénan, rhodanien et parisien : carrefour ou frontière ?*, actes du XVIII^e Colloque interrégional sur le Néolithique, (Dijon, 25-27 octobre 1991), *Revue Archéologique de l'Est*, quatorzième suppl., p. 339-344.
- LEROYER Ch. (1997) – *Homme, Climat, Végétation au Tardi-et-Postglaciaire dans le Bassin parisien : apports de l'étude palynologique des fonds de vallée*, thèse de doctorat, Université de Paris I- Panthéon - Sorbonne, 786 p.
- LEROYER Ch. (1998) – Evolution de la végétation et emprise de l'Homme sur le milieu à Bercy (Paris, France), in X. Gutherz et R. Joussaume (dir.), *Le Néolithique du Centre-Ouest de la France*, actes du XXI^e colloque interrégional sur le Néolithique, (Poitiers, 1994), Association des Publications Chauvinoises, mémoire XIV, p. 407-407.
- LEROYER Ch. (2003) – Environnement végétal des structures funéraires et anthropisation du milieu durant le Néolithique récent/final dans le Bassin parisien, in *Sans dessus dessous - La recherche du sens en préhistoire*, Recueil d'études offert à J. Leclerc et Cl. Masset, *Revue Archéologique de Picardie*, numéro spécial 21, p. 83-92.
- LEROYER Ch. (2004) – L'anthropisation du Bassin parisien du VII^e au IV^e millénaire d'après les analyses polliniques de fonds de vallées : mise en évidence d'activités agro-pastorales très précoces, in H. Richard (dir.), *Néolithisation précoce. Première trace d'anthropisation du couvert végétal à partir des données polliniques*, Collection Annales littéraires, série Environnement, Sociétés et Archéologie, 7. Presses Universitaires de Franche-Comté, Besançon, p. 11-27.

- LEROYER Ch. (2006a) – L'impact des groupes néolithiques du Bassin parisien sur le milieu végétal : évolution et approche territoriale d'après les données polliniques, in P. Duhamel (dir.), *Impacts interculturels au Néolithique moyen. Du terroir au territoire : sociétés et espaces*, actes du 25^e colloque interrégional sur le Néolithique, (Dijon, 2001), Revue Archéologique de l'Est, 25^e supplément, p.133-150.
- LEROYER Ch. (2006b) – L'environnement végétal des sites : les données de la palynologie, in F. Malrain et E. Pinard (dir.), *Les sites laténiens de la moyenne vallée de l'Oise du V^e au I^{er} s. avant notre ère. Contribution à l'Histoire de la société gauloise*, Revue archéologique de Picardie, numéro spécial 23, p. 34-42.
- LEROYER Ch., PASTRE J.-F., FONTUGNE M., LIMONDIN-LOZOUET N. (1997) – Le Tardiglaciaire et le début de l'Holocène dans le bassin aval de la Marne (Seine-et-Marne, France) : chronostratigraphie et environnement des occupations humaines, in J.-P. Fagnart et A. Thévenin (dir.), *Le Tardiglaciaire en Europe du Nord-Ouest*, actes du 119^e Congrès national des sociétés historiques et scientifiques, (Amiens octobre 1984), ed. C.T.H.S., p. 151-164.
- LEROYER Ch., ALLENET G. (2006) – L'anthropisation du paysage végétal d'après les données polliniques : l'exemple des fonds de vallées du Bassin parisien, in Ph. Allée, L. Lespez (dir.), *L'érosion entre Société, Climat et Paléoenvironnement*, Presses Universitaires Blaise Pascal, collection Nature et Société, 3, p. 63-72.
- LEROYER Ch., COUBRAY S., ALLENET G., PERRIÈRE J., PERNAUD J.-M. (2011) – Vegetation dynamics, human impact and exploitation patterns in the Paris basin through the Holocene: palynology vs. Anthracology, *Saguntun*, extra 11, p. 81-82.
- LEROYER Ch., ALLENET de RIBEMONT G., PERRIÈRE J. (soumis a) – Environnement végétal et anthropisation du milieu à Villiers-sur-Seine (77) : étude palynologique du comblement du paléochenal du « Gros Buisson », in R. Peake (dir.), *Le site de Villiers-sur-Seine « Le Gros Buisson »*, INRAP/CNRS éditions.
- LEROYER Ch., ALLENET de RIBEMONT G., PASTRE J.-F., LANCHON Y. (soumis b) – L'étude pollinique de Vignely « La Corvée », in F. Bostyn et Y. Lanchon (dir.), *Le site de Vignely « La Porte aux Bergers »*, INRAP/CNRS éditions.
- MAZIER F., KUNĚS P., SUGITA S., TRONDMAN A.-K., BROSTRÖM A., GAILLARD M.-J. (2010) – Pollen- inferred quantitative reconstructions of Holocene land-cover in NW Europe for the evaluation of past climate-vegetation feedbacks – Evaluation of the REVEALS based reconstruction using the Czech Republic database, *EGU General Assembly 2010, Geophysical Research Abstract*, 12, EGU2010- 4248.
- MAZIER F., GAILLARD M.-J., KUNĚS P., SUGITA S., TRONDMAN A.-K., BROSTRÖM A. (2012) – Testing the effect of site selection and parameter setting on REVEALS-model estimates of plant abundance using the Czech Quaternary Palynological Database, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 187, p. 38-49.
- MONTEGUT J. (1987) – *Les plantes aquatiques. Tome 1 : Milieu aquatique*, ed. ACTA, 60 p.
- PASTRE J.-F., FONTUGNE M., KUZUCUOGLU C., LEROYER Ch., LIMONDIN N., TALON M., TISNERAT N. (1997) – L'évolution tardi- et postglaciaire des lits fluviaux au nord-est de Paris (France). Relations avec les données paléoenvironnementales et l'impact anthropique sur les versants, *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 4, p. 291-312.
- PASTRE J.-F., LIMONDIN-LOZOUET N., GEBHARDT A., LEROYER Ch., FONTUGNE M., KRIER V. (2001) – Lateglacial and Holocene fluvial records from the central part of the Paris basin (France), in D. Maddy, M.G. Macklin, J.C Woodward (dir.), *River Basin Sediment Systems: Archives of Environmental Change*, Balkema, p. 357-373.
- PASTRE J.-F., LEROYER Ch., LIMONDIN-LOZOUET N., ORTH P., CHAUSSÉ Ch.,

- FONTUGNE M., GAUTHIER A., KUNESCH S., LE JEUNE Y., SAAD M.-C. (2002) – Variations paléoenvironnementales et paléohydrologiques durant les 15 derniers millénaires : les réponses morphosédimentaires des vallées du Bassin Parisien (France), in J.-P. Bravard et M. Magny (dir.), *Les fleuves ont une histoire. Paléo-environnement des rivières et des lacs français depuis 15 000 ans*, ed. Errance, p. 29-44.
- PASTRE J.-F., LEROYER Ch., LIMONDIN-LOZOUET N., ANTOINE P., GAUTHIER A., ORTH P. (2003) – Quinze mille ans d'environnement dans le Bassin parisien (France) : mémoires sédimentaires des fonds de vallée, in T. Muxart, F.-D. Vivien, B. Villalba, J. Burnouf (dir.), *Des milieux et des Hommes : fragments d'histoires croisées*, ed. Elsevier, p. 29-41.
- PRENTICE I. C. (1985) – Pollen representation, source area, and basin size: toward a unified theory of pollen analysis, *Quaternary Research*, 23, p. 76-86.
- RAMEAU J.-C., MANSION D., DUME G. (1989) – *Flore forestière française : guide écologique illustré, T. 1 : Plaines et collines*, Paris, Institut pour le développement forestier, 1785 p.
- RICHARD H. (1995) – Analyse de l'anthropisation du milieu à partir de quelques exemples de variations de pollens d'arbres et d'arbustes, in S. van der Leeuw (dir.), *L'Homme et la dégradation de l'environnement*, actes des XVe Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, (Antibes, 20-22 octobre 1994), Juan-les-Pins, ed. APDCA, p. 143-159.
- RICHARD H., GERY S. (1993) – Variations in pollen proportions of *Plantago lanceolata* and *P. Major/media* at a Neolithic lake dwelling, Lake Chalain, France, *Vegetation History and Archaeobotany*, 2, p. 79-88.
- SUGITA S. (1993) – A model of pollen source area for an entire lake surface, *Quaternary Research*, 39, p. 239-244.
- SUGITA S. (1994) – Pollen representation of vegetation in Quaternary sediments: theory and method in patchy vegetation, *Journal of Ecology*, 82, p. 881-897.
- SUGITA S. (2007) – Theory of quantitative reconstruction of vegetation I: Pollen from large lakes REVEALS regional vegetation composition, *The Holocene*, 17(2), p. 229-241.
- SUGITA S., GAILLARD M.-J., BROSTRÖM A. (1999) – Landscape openness and pollen records: a simulation approach, *The Holocene*, 9, p. 409-421.
- TRIAT-LAVAL H. (1978) – *Contribution pollen-analytique à l'histoire tardi et postglaciaire de la végétation de la basse vallée du Rhône*, Thèse, Université Aix-Marseille III, 343 p.