SOLiDAR : Diachronie de l'occupation du sol : télédétection LiDAR en forêts de Chambord, Boulogne, Russy et Blois

Clément Laplaige, Raphaël Angevin, Aude Crozet, Isabelle Gay-Ovejero, Florent Hinschberger, Aurélien Lacoste, Louis Magiorani, Aurore Muracciole, Xavier Rodier, Christelle Sanchez, et al.

▶ **To cite this version:**

Clément Laplaige, Raphaël Angevin, Aude Crozet, Isabelle Gay-Ovejero, Florent Hinschberger, et al.. SOLiDAR : Diachronie de l'occupation du sol : télédétection LiDAR en forêts de Chambord, Boulogne, Russy et Blois. [Rapport de recherche] UMR 7324 CITERES - Laboratoire Archéologie et Territoires. 2016. hal-01966745

HAL Id: hal-01966745
https://hal.science/hal-01966745

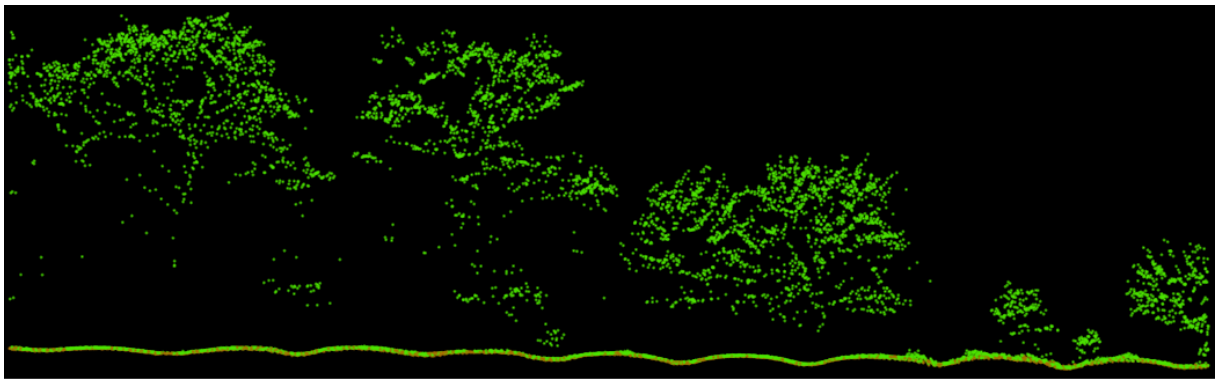
Submitted on 5 Feb 2019

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.

SOLiDAR : Diachronie de l'occupation du sol : télédétection LiDAR en forêts de Chambord, Boulogne, Russy et Blois

Clément Laplaige[1], Raphaël Angevin[4], Aude Crozet[1], Isabelle Gay-Ovejero[2], Florent Hinschberger[2], Aurélien Lacoste[2], Louis Magiorani, Aurore Muracciole[5], Xavier Rodier[1], Christelle Sanchez[6], Valérie Shemmama[3]



Rapport d'opération 2016

Décembre 2016

1 : UMR 7324 CITERES-LAT, Université François-Rabelais/CNRS, Tours. France

2 : E.A 6293 GéHCO GéoHydrosystèmes Continentaux, Université François-Rabelais, Tours. France

3 : Service régional de l'archéologie, DRAC Centre-Val de Loire, UMR 7324 CITERES-LAT

4 : Service régional de l'archéologie, DRAC Auvergne-Rhône-Alpes, UMR 7041 ArScAn

5 : Université François-Rabelais, Tours. France

6 : Association A.P.R.A.G.E

Remerciements :

Le programme SOLiDAR consacré à l'étude diachronique de l'occupation du sol bénéficie du soutien financier et logistique des institutions suivantes, que nous tenons à remercier :

- Région Centre-Val de Loire
- DRAC Centre-Val de Loire
- Domaine national de Chambord
- Office National des Forêts
- UMR 7324 CITERES-LAT
- E.A 6293 GéHCO GéoHydrosystèmes Continentaux
- Archives départementales du Loir-et-Cher
- Intelligence des Patrimoines

Couverture

Chambord (41). Nuage de points issus du relevé LiDAR révélant des sillons et des billons sous le couvert végétal actuel (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR)

Référence

Laplaige et al., 2016.

Laplaige C., Angevin A., Crozet A., Gay-Ovejero I., Hinschberger F., Lacoste L., Magiorani L., Muracciole A., Rodier X., Sanchez C., Schemmama V. « SOLiDAR : Diachronie de l'occupation du sol : télédétection LiDAR en forêts de Chambord, Boulogne, Russy et Blois», Rapport d'opération 2016, SRA Centre-Val de Loire, 2016, 121 p.

Sommaire

Table des illustrations....5

Fiche signalétique....7

Autorisation de prospection....9

Introduction....11

1 Présentation du programme SOLiDAR....12

2 Présentation de la zone d'étude....14

3 L'acquisition LiDAR....16

3.1 La télédétection LiDAR, rappel méthodologique....16

3.2 Les données mises en place à l'échelle du projet en 2015....17

3.3 Produits dérivés créés....19

3.4 Les Données LiDAR créées durant l'année 2016....20

3.5 Principal mode de visualisation utilisé....22

4 Travaux effectués en 2016....24

4.1 Présentation générale des opérations....24

4.2 Opérations à finalité géomorphologique dans le lit majeur du cosson....26

4.2.1 Restitution de la dynamique alluviale durant le quaternaire....26

4.2.2 Restitution des dynamiques alluviales durant l'Holocène....26

4.2.3 Perspectives de recherches....33

4.3 Relevé de pieux dans le lit majeur du Cosson....33

4.3.1 Préambule....33

4.3.2 Description des ensembles de pieux....34

4.3.3 Résultats....36

4.3.4 Conclusions....36

4.4 Prospections géophysiques en forêt de Russy....37

4.4.1 Mode opératoire : la prospection magnétique....39

4.4.2 Principe....39

4.4.3 Traitement des données....39

4.4.4 Présentation générale des résultats....39

4.4.5 Conclusion....43

4.5 *Tertres, buttes, tumulus* et autres *anomalies ponctuelles positives* en forêts de Chambord, Boulogne et Russy : esquisse d'une approche géohistorique....43

4.5.1 Un état de la question....43

4.5.2 Premières impressions, premiers problèmes....44

4.5.3 Les fondements d'une sériation....45

4.5.4 Quelques clés d'analyse spatiale....47

4.6 Formes parcellaires anciennes 51
4.6.1 La trame talus/fossé 53
4.6.2 La trame composée de talus 56
4.7 Conclusion 61
5 Conclusion et perspectives 63
Bibliographie 64
Annexes 68
Annexe 1 : autorisations de prospection 68
Annexe 2 : liste des données récolées dans le cadre du programme SOLiDAR 79
Annexe 3 : liste des opérations menées en 2015 et 2016 85
Annexe 4 : protocole de traitement des données électriques 88
Annexe 5 : Stratigraphie des sondages effectués dans le lit majeur du Cosson 91
Annexe 6a : Répartition des ensembles de pieux sur le Cosson, entre la passerelle des Triages et le Grand Canal, Domaine national de Chambord 100
Annexe 6b : Relevés par ensembles de pieux 101
Annexe 6c : Photographies des ensembles de pieux 108
Annexe 7a : localisation de la zone d'étude drapée sur le scan 25 et le modèle d'élévation à 25 m (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR, IGN) 113
Annexe 7b : Communes concernées par le programme SOLiDAR et communes attenantes (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR) 114
Annexe 7c : Carte des couches géologiques affleurantes drappées sur un ombrage simple (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR) 115
Annexe 7d : Linéaments détectés sur les données LiDAR et drappés sur le modèle d'élévation à 25 m, la couverture végétale et le bâti (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR, IGN) 116
Annexe 7e : Linéaments talus/fossés détectés sur les données LiDAR et drappés sur le MNT à 25 m, la couverture végétale et le bâti (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR, IGN) 117
Annexe 7f : Linéaments talus détectés sur les données LiDAR et drappés sur le modèle d'élévation à 25 m, la couverture végétale et le bâti (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR, IGN) 118
Annexe 7g : entités restituées avec bâtiments reconnus ou supposés dans la zone d'étude (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR, IGN) 119

Table des illustrations

Figure 1 : Extension de l'acquisition LiDAR (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR, IGN) 14
Figure 2 : Substrat géologique drapé sur le modèle ombré du terrain (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR, BRGM, IGN) 15
Figure 3 : Principe de fonctionnement du LiDAR (© Z. Kokalj, L. Nuninger) 17
Figure 4: Répartition des dalles (C. Laplaige, 2015 ©SOLiDAR, IGN) 18
Figure 5 : Modèle Numérique de Terrain (C. Laplaige, 2015 ©SOLiDAR, IGN) 19
Figure 6 : Liste des données dérivées produites à partir du MNT (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR) 19
Figure 7: forêt de Russy : a/ Orthophotographie (IGN), b/ MNC, c/ MNT, d/ Ombrage simple 315_35, e/ Multi-ombrage, f/ Ouverture positive, g/ Pente, h/ SVF, i/ TPI (C. Laplaige, 2015 ©SOLiDAR, IGN) 20
Figure 8: Extension du programme (en rouge) et nouvelle extension des données LiDAR à partir des données brutes (en bleu) (C. Laplaige, 2016 ©SOLiDAR, IGN) 21
Figure 9: a/nuage de point classé par la société SINTEGRA b/ nuage de points classé par nos soin, on peut noter la différentiation de la végétation basse (en vert foncé) c/TPI d'un secteur où l'on observe les élévations (en blanc) et les dépressions (en noir) d/TPI du même secteur où apparaît la végétation basse (C. Laplaige, 2016 ©SOLiDAR) 22
Figure 10 : Forêt de Russy, a/ ombrage Simple, b/Local Relief Model (LRM), c/ composition prenant en compte l'ombrage simple et le LRM (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR) 23
Figure 11: opérations menées en 2015 et 2016 (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR) 24
Figure 12. Nature des opérations menées en 2015 et 2016 (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR) 25
Figure 13. Restitution des lambeaux de terrasses alluviales quaternaire et vue en coupe de la répartition des dépôts alluviaux (A. Muracciole, 2016 © SOLiDAR) 26
Figure 14. Chambord (41).Cours anciens et actuel du Cosson en amont du château de Chambord (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR) 27
Figure 15. Chambord (41), localisation des interventions (forage, panneau électrique et mesure de la conductivité) réalisées en 2016 (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR) 28
Figure 16. Chambord (41). Conductivité du proche sous-sol (F. Hinschberger, 2016) 29
Figure 17. Chambord (41). Résultat des panneaux électriques (localisation en figure 15) après inversion. Les corps résistants sont en rouge et les corps conducteurs en bleu (C. Laplaige, 2016) 30
Figure 18. (Chambord (41). Log forages (localisation en fig.15) corrélés avec indication des prélèvements pour datation au radiocarbone (étoiles) (I. Gay-Ovejero et A. Lacoste, 2016) 32
Figure 19. Localisation des prospections géophysiques menées en forêt de Russy (C. Laplaige, 2016 © IGN) 38
Figure 20. Vineuil (41). Parcelle Russy 112. Présentation des variations de la microtopographie, du gradient magnétique et schéma d'interprétation (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR) 40
Figure 21. Celettes (41). Parcelle Russy 68. Présentation des variations de la microtopographie, du gradient magnétique et schéma d'interprétation (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR) 41
Figure 22. Vineuil (41). Parcelle Russy 113. Présentation des variations de la microtopographie, du gradient magnétique et schéma d'interprétation (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR) 42
Figure 23. Localisation des anomalies ponctuelles positives dans la zone d'étude (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR) 45
Figure 24. Localisation des tertres répartis en fonction de leur diamètre (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR) 50
Figure 25. Localisation des tertres répartis en fonction de leur hauteur (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR) 50
Figure 26. Vue de détail sur la commune de Neuvy. Localisation des tertres répartis en fonction de leur diamètre (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR) 51
Figure 27 : Forêt de Russy (41), a/scène LiDAR centrée sur la "Croix Pineau", b/scan 25 (©IGN), c/ système talus/fossé, d/ système composé de talus (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR) 52
Figure 28 : Linéaments taluts/fossés repérés sur les données LiDAR (C. Laplaige, 2015 © Solidar) 53

Figure 29 : Blois (41). Vue en coupe d'un talus/fossé (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR) 53
Figure 30 : Blois (41). Vue d'un talus/fossé (Cliché : A. Crozet, 2015 © SOLiDAR) 54
Figure 31 : Blois (41). Scan 25 drappé sur les données dérivées du LiDAR (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR, IGN) ...55
Figure 32 : Vineuil (41). Vue et coupe (exagération verticale x5) d'un système composé de talus (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR) 56
Figure 33 : Linéaments composé de taluss et chemins creux détectés dans la zone d'acquisition LiDAR (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR).....57
Figure 34 : Blois (41). Vue en plan et en coupe (exagération verticale x5) d'un chemin creux (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR).....57
Figure 35 : Densité de noyau des linéaments composé par des talus, la densité est mesurée sur un rayon de 500 m puis normalisée au km² (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR).....58
Figure 36. Entités crées à partir des linéaments composé par des talus et des chemins creux après prolongement (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR).....59
Figure 37 : Répartition des linéaments composé par des talus en fonctio n de la nature du substrat géologique (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR).....60
Figure 38 : Huisseau sur Cosson (41), le « Richebourg ». Scène LiDAR révélant des talus sous le couvert boisé et en zone ouverte, orthophotographie où les talus correspondent à des anomalies phytographiques, schéma d'interprétation, plan cadastral napoléonien drappé sur les données LiDAR (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR) 61
Figure 39 : Ensemble pc01. A. Crozet.....108
Figure 40:Eensemble pc02, planche posée de chant. A. Crozet 108
Figure 41 : Ensemble pc03. C. Laplaige 108
Figure 42 : Ensemble pc04, deux pieux alignés le long de la rive gauche, face à une bonde située rive droite. C. Laplaige.....109
Figure 43 : Ensemble pc05, alignement de pieux de part et d'autre d'une prise d'eau en béton. C. Laplaige 109
Figure 44 : Ensemble pc06, 83 pieux situés dans une zone plus profonde. A. Crozet 110
Figure 45 : Ensemble pc07, à gauche en amont de la passerelle de la Canardière. A. Crozet 110
Figure 46 : Ensemble pc08, à droite en amont de la passerelle de la Canardière. A. Crozet 110
Figure 47 : Ensemble pc09, à droite en aval de la passerelle de la Canardière. A. Crozet 111
Figure 48 : Ensemble pc10, à gauche en aval de la passerelle de la Canardière. A. Crozet 111
Figure 49 : Alignements pc11 (à gauche) et pc12 (à droite) dans le Grand Canal, vue vers le Château. A. Crozet 111

Fiche signalétique

- **Région** : Centre-Val de Loire

- **Département** : Loir-et-Cher

- **Communes** :

Nom	Code INSEE
BAUZY	41013
BLOIS	41018
BRACIEUX	41025
CANDE-SUR-BEUVRON	41029
CELLETTES	41031
CHAILLES	41032
CHAMBON-SUR-CISSE	41033
CHAMBORD	41034
CHOUZY-SUR-CISSE	41055
COULANGES	41064
COUR-CHEVERNY	41067
CROUY-SUR-COSSON	41071
DUIZON	41074
HUISSEAU-SUR-COSSON	41104
MASLIVES	41129
MOLINEUF	41142
LES MONTILS	41147
MONT-PRES-CHAMBORD	41150
MUIDES-SUR-LOIRE	41155
NEUVY	41160
ORCHAISE	41169
SAINT-CLAUDE-DE-DIRAY	41204
SAINT-DYE-SUR-LOIRE	41207
SAINT-GERVAIS-LA-FORET	41212
SAINT-LAURENT-NOUAN	41220
SAINT-CLAUDE-DE-DIRAY	41204
SAINT-LUBIN-EN-VERGONNOIS	41223
SAINT-SULPICE-DE-POMMERAY	41230
SEUR	41246
THOURY	41260
TOUR-EN-SOLOGNE	41262
VINEUIL	41295

- **Coordonnées RGF 1993** : Ax : 563000 Ay : 6714000

Bx : 598000 By : 6731000

L'extension exacte du programme est disponible sur la figure 1 et en annexe 7a et 7b

- **Propriétaires des terrains** : Domaine national de Chambord et ONF, les autorisations de prospections sont disponibles en annexe 1

- **Numéro de l'arrêté de prospection** : 16/0262

- **Titulaire de l'autorisation** : Clément Laplaige

- **Organisme de rattachement** : UMR 7324 CITERES-LAT

Autorisation de prospection

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET DE LA RÉGION CENTRE-VAL DE LOIRE

Direction régionale
des affaires culturelles

Service régional de l'archéologie
AB

ARRETE D'AUTORISATION DE PROSPECTION THEMATIQUE
N° 16/0262 DU 14 AVRIL 2016

Le Préfet de la région Centre-Val de Loire
Chevalier dans l'Ordre de la Légion d'Honneur
Chevalier dans l'Ordre National du Mérite

VU le code du patrimoine et notamment son livre V (archéologie) ;

VU l'arrêté n° 16-006 du 4 janvier 2016 portant délégation de signature à Mme Sylvie LE CLECH, Directrice régionale des affaires culturelles du Centre– Val de Loire, notamment en matière d'administration générale ;

VU l'arrêté n°16-040 du 14 janvier 2016 portant subdélégation de signature à M. Christian VERJUX, Conservateur régional de l'archéologie par intérim, notamment en ce qui concerne les actes mentionnés à l'article 3 de l'arrêté susvisé ;

VU le dossier de demande de fouille programmée présenté par Clément LAPLAIGE reçu à la Direction régionale des affaires culturelles du Centre, Service régional de l'archéologie, le 03 février 2016 ;

Après avis de la Commission interrégionale de la recherche archéologique (CIRA) du Centre-Nord des 07, 08, 09 et 10 mars 2016.

ARRÊTE

Article 1er :
Monsieur Clément LAPLAIGE demeurant CITERES, UMR 7324 Laboratoire Archéologie et Territoires B.P. 60449 – 37204 TOURS CEDEX 03 sera autorisé à procéder à une **opération de prospection thématique pluriannuelle**, à partir de la date du présent arrêté jusqu'au 31 décembre 2018 :

concernant, en région **CENTRE-VAL DE LOIRE** :
Départements : **LOIR-ET-CHER**
Communes : Chambord, Boulogne et Russy
Lieu-dit: « Forêt de Blois, Domaine de Chambord »

Programmes - **20** : Espace rural, peuplement et productions agricoles aux époques gallo-romaine, médiévale et moderne
- **26** : Culture matérielle, de l'Antiquité aux Temps modernes

Organisme de rattachement : CITERES, UMR 7324 Laboratoire Archéologie et Territoire

Article 2 : prescriptions générales.
Les recherches sont effectuées sous la surveillance du conservateur régional de l'archéologie territorialement compétent, qui pourra imposer toutes prescriptions qu'il jugera utiles pour assurer le bon déroulement scientifique de l'opération.

L'opération devra être réalisée conformément aux normes de sécurité en vigueur, définies en particulier par le décret n° 65-48 du 8 janvier 1965 pour les opérations terrestres et le décret 90-277 du 28 mars 1990 et ses arrêtés d'application pour les opérations subaquatiques.

A la fin de l'année le responsable scientifique de l'opération adressera au conservateur régional de l'archéologie, en triple exemplaire, un rapport accompagné des plans et coupes précis des structures découvertes, et des photographies nécessaires à la compréhension du texte. Il donnera un inventaire de l'ensemble du mobilier recueilli et signalera les objets d'importance notable. Il indiquera les études complémentaires envisagées et le délai prévu pour la publication.

L'ensemble des documents relatifs à l'opération (notes, photographies, relevés, correspondances, etc.) sera remis au conservateur régional de l'archéologie.

En vue de la publication du bilan scientifique régional, ce rapport comprendra également un résumé (12000 signes au maximum avec illustration éventuelle) de présentation des résultats scientifiques de l'opération.

Le responsable scientifique de l'opération tiendra régulièrement informé le conservateur régional de l'archéologie de ses travaux et découvertes. Il lui signalera immédiatement toute découverte importante de caractère mobilier ou immobilier et les mesures nécessaires à la conservation provisoire de ces vestiges devront être prises en accord avec lui.

Article 3 - destination du matériel archéologique découvert :

Le statut juridique et le lieu de dépôt du matériel archéologique découvert au cours de l'opération seront réglés conformément aux dispositions légales et réglementaires et aux termes des conventions passées avec les propriétaires des terrains concernés.

Article 4 - prescriptions particulières à l'opération : **NEANT**

Article 5 - la directrice régionale des affaires culturelles est chargée de l'exécution du présent arrêté.

Fait à orléans, le 14 avril 2016

Pour le Préfet de la région Centre-Val de Loire,
et par subdélégation,
le Conservateur régional de l'archéologie par intérim,

Christian VERJUX.

DESTINATAIRE :
Clément LAPLAIGE

COPIES
CITERES, UMR 7324 Laboratoire Archéologie et Territoires
Préfecture du Loir-et-Cher
Gendarmerie du Loir-et-Cher
Communes de Chambord, Boulogne et Russy

Introduction

La forêt est un milieu naturel propice à la conservation des vestiges anthropiques, notamment car l'action de l'érosion est moins importante que dans les milieux ouverts. L'archéologie dans ce milieu recouvre deux types de recherches aux objectifs distincts (Dupouey et al., 2007). La première porte sur les vestiges de toutes natures conservés sous le couvert forestier, il s'agit d'une archéologie en forêt. Le second s'intéresse aux activités humaines liées à l'exploitation de la forêt depuis qu'elle existe, c'est l'archéologie de la forêt.

Le programme SOLiDAR (http://citeres.univ-tours.fr/spip.php?article2133) engagé à la fin de 2014 pour trois ans, porte sur l'étude de la dynamique de l'occupation humaine de ce territoire des origines à nos jours, à partir d'une campagne de télédétection LiDAR (*Light Detection And Ranging*) de 270 km^2.

Le programme étant désormais soumis à une autorisation pluriannuelle, le rapport de cette année sera l'occasion de dresser la liste des opérations menées depuis le début du programme. Le rapport se veut donc avant tout une compilation des opérations menées durant l'année 2016

Nous essaierons ainsi de présenter nos questionnements actuels, les opérations menées durant les années 2015 et 2016 pour y répondre ainsi que les perspectives de recherches et les opérations prévues pour l'année 2017.

Le rapport est ainsi organisé en 3 parties qui traiteront respectivement :

- du rappel de l'organisation du programme SOLiDAR
- de la présentation de la zone d'étude
- des données LiDAR sur lesquels s'appuie le programme
- des travaux effectués en 2015 et 2016
- des perspectives de recherches mis en place durant les deux prochaines années du triennal.

1 Présentation du programme SOLiDAR

Utilisée depuis une quinzaine d'année en archéologie, la télédétection LiDAR (*Light Detection And Ranging*) a permis de renouveler la connaissance archéologique des forêts (Cowley and Opitz, 2012).

Dans la majorité des forêts sur lesquelles des acquisitions LiDAR ont été menées, le nombre de vestiges connus a été largement augmenté (Chase et al., 2011; Kooistra and Maas, 2008; Nuninger et al., 2011; Risbøl et al., 2013; Sittler and Hauger, 2007). Les résultats obtenus révèlent une occupation antérieure à la forêt à travers les traces d'une organisation territoriale composée d'habitats, de voies, de champs bombés et de limites parcellaires suggérant un paysage ouvert.

Les données LiDAR mettent également en évidence des traces de pratiques sylvicoles (loges de bucherons, charbonnières par ex.), cynégétiques (parquets) ainsi que l'extraction de matériaux pouvant remonter à l'antiquité (Deforce et al., 2013; Fruchart, 2014; Schneider et al., 2015). De plus, de nombreux vestiges pouvant s'apparenter à des structures défensives, funéraires, ainsi qu'à des édifices cultuels sont, la plupart du temps, découverts (Kooistra and Maas, 2008; Laplaige, 2012). Ces occupations de natures diverses, souvent stratifiées, nous interrogent quant aux modalités de formation des paysages forestier actuels.

Une campagne de télédétection LiDAR a été menée sur 270 km² correspondant principalement aux forêts de Blois, Russy, Boulogne et Chambord dans le cadre du programme SOLiDAR (http://citeres.univ-tours.fr/spip.php?article2133). Le domaine de Chambord, créé entre 1522 et 1650, ainsi que les forêts de Boulogne et Russy ont fait l'objet de prospections archéologiques de surface menées par Louis Magiorani pendant 10 ans. Elles ont permis de recenser plus de 700 sites archéologiques et environ 300 km de limites parcellaires, mettant en évidence des occupations humaines datant, pour les plus anciennes, du néolithique (http://www.archeoforet.org/).

Le programme SOLiDAR, inscrit dans la dynamique Intelligence des Patrimoine de l'Université François-Rabelais de Tours, est piloté par l'UMR 7324 CITERES-LAT, financé par la région Centre, le Domaine national de Chambord et la DRAC Centre et regroupe des chercheurs de l'UMR 7324 CITERES-LAT, du GéHCO (EA 6293), de l'USR 3124 MSHE C.-N. Ledoux, de l'IRSTEA, du Domaine national de Chambord, de la DRAC Centre et de l'ONF.

Il a pour ambition d'établir des protocoles de traitements adaptés pour la compréhension des dynamiques environnementales et culturelles afin de permettre l'étude diachronique de l'occupation du sol en croisant les données de télédétection et les sources archéologiques, écrites, géomorphologique et écologique.

Nous espérons, durant la durée du programme, fournir des connaissances sur l'histoire des paysages et des peuplements mais aussi caractériser l'impact de l'utilisation ancienne des sols sur l'état et le fonctionnement des écosystèmes forestiers actuels.

En 2016, nous avons poursuivi l'organisation du programme en thématiques de recherche organisées comme suit :

- Thème 1 : occupation du sol. Ce thème a pour objectif d'étudier les modalités de l'usage du sol aux différentes échelles des paysages et des occupations de manière diachronique. Au regard des premiers résultats de la prospection LiDAR et des travaux menés par Louis

Magiorani depuis 1998, le travail porte principalement sur l'organisation du parcellaire, l'habitat, les formes agraires et les pratiques funéraires.

- Thème 2 : activités sylvicoles et cynégétiques. Les sources écrites mentionnent l'existence de pratiques cynégétiques et sylvicoles dans les forêts de Blois Russy, Boulogne et Chambord (Joanne, 2012; Magiorani, 2004). Dans cet axe nous essayons, en prenant en compte les données LiDAR, botaniques, les sources historiques et ethnographiques, de détecter les vestiges laissés par ces activités et de restituer les modalités de mise en place du paysage forestier actuel.
- Thème 3 : hydrologie, géomorphologie. L'objectif est la compréhension des évolutions du Cosson durant le quaternaire, de la mise en place des plus anciennes terrasses alluviales jusqu'à la canalisation de la rivière à l'époque médiévale. Il est de plus prévu de mettre en place un modèle d'écoulement des eaux pour étudier les structures de drainages dans la zone SOLiDAR.
- Thème 4 : développement méthodologique. Dans le cadre de SOLiDAR, des travaux sur le contrôle qualité des données LiDAR à partir de logiciels libres ainsi que sur la classification automatique des données LiDAR ont été entrepris. De plus, cette année, un travail sur la mise en place de référentiels pour établir les relations entre structures, vestiges archéologiques et signatures microtopographiques a été engagé en partenariat avec la MSHE de Besançon.
- Thème 5 : valorisation, médiatisation. Cet axe porte, en partenariat avec le Domaine national de Chambord et Intelligence des patrimoines, sur la mise en place d'objets de médiation culturelle. Outre les traditionnels posters et communications, un effort est fait sur le développement de nouveaux produits de médiatisation (restitutions, visualisations interactives, etc.). A titre d'exemple, il est possible de visualiser une démonstration d'une partie des données sous Potree 1.3 en suivant les QR codes ci-dessous.

https://photogrammetrie-mshe.univ-fcomte.fr/217test/

https://photogrammetrie-mshe.univ-fcomte.fr/chambord/

Pour cette seconde année, un certain nombre d'objectifs étaient poursuivis dans le cadre du programme SOLiDAR :

- Poursuite du dépouillement et du récolement des sources écrites et planimétriques
- Elaboration des protocoles de traitements et d'analyses des données adaptés au terrain
- Traitement des données dans les fenêtres sélectionnées
- Vérifications au sol et acquisition de données géophysiques complémentaires
- Analyses des données et croisements des sources
- Participation à des conférences et/ou des expositions sur les résultats préliminaires

Ces objectifs ont été atteints dans les délais et les actions et recherches entreprises seront présentées dans les parties suivantes. Toutefois, nous n'aborderons pas la question de récolement de sources planimétriques. Ce dernier a bien été poursuivi en 2016, principalement par l'ajout de cartes de la BNF et la liste des fonds récolés est disponible dans l'annexe 2.

L'année 2016 a été l'occasion de valoriser les premiers résultats du programme auprès des professionnels mais aussi du grand public. A cet effet, nous avons participé à 7 journées ou colloques nationaux ou internationaux, produit un court métrage dans le cadre de la fête de la science et organisé les rencontres internationales TRAIL qui se sont déroulées à Chambord en mai.

2 Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude se situe à l'ouest et au sud de Blois (41), principalement en rive gauche de la Loire. Elle est limité à l'Ouest par la Cisse et au Sud par le Beuvron, deux affluents de la Loire. Elle intègre le bassin versant du Cosson à partir du Domaine de Chambord (fig. 1 et annexe 7a). Les terrains se situent à une altitude comprise entre 60 et 150 m. Sur ce secteur, les forêts domaniales de Chambord, Boulogne, Russy et Blois forment un massif de près de 25 000 ha au sein duquel le domaine de Chambord a été créé entre 1522 et 1650. Dans la zone d'acquisition LiDAR, ces espaces boisés, composés en grande majorité de feuillus, s'étendent sur un peu plus de 215 km², soit environ 80% de la zone d'étude.

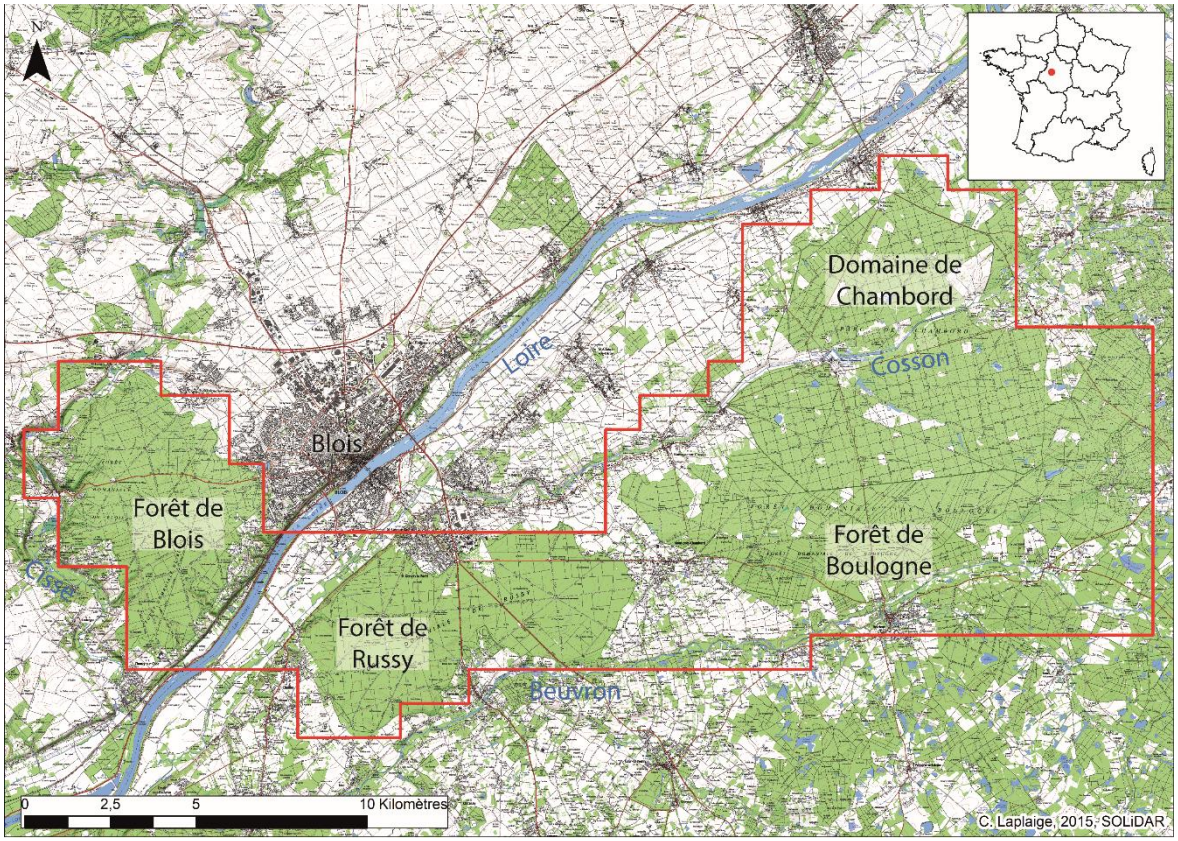


Figure 1 : Extension de l'acquisition LiDAR (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR, IGN)

D'un point de vue géologique, on peut noter une réelle dissymétrie dans la répartition des couches affleurantes entre la rive droite et la rive gauche de la Loire (fig. 2 et annexe 7c). Les terrains en rive droite sont principalement recouverts de limons des plateaux et de colluvions sableuses alimentées

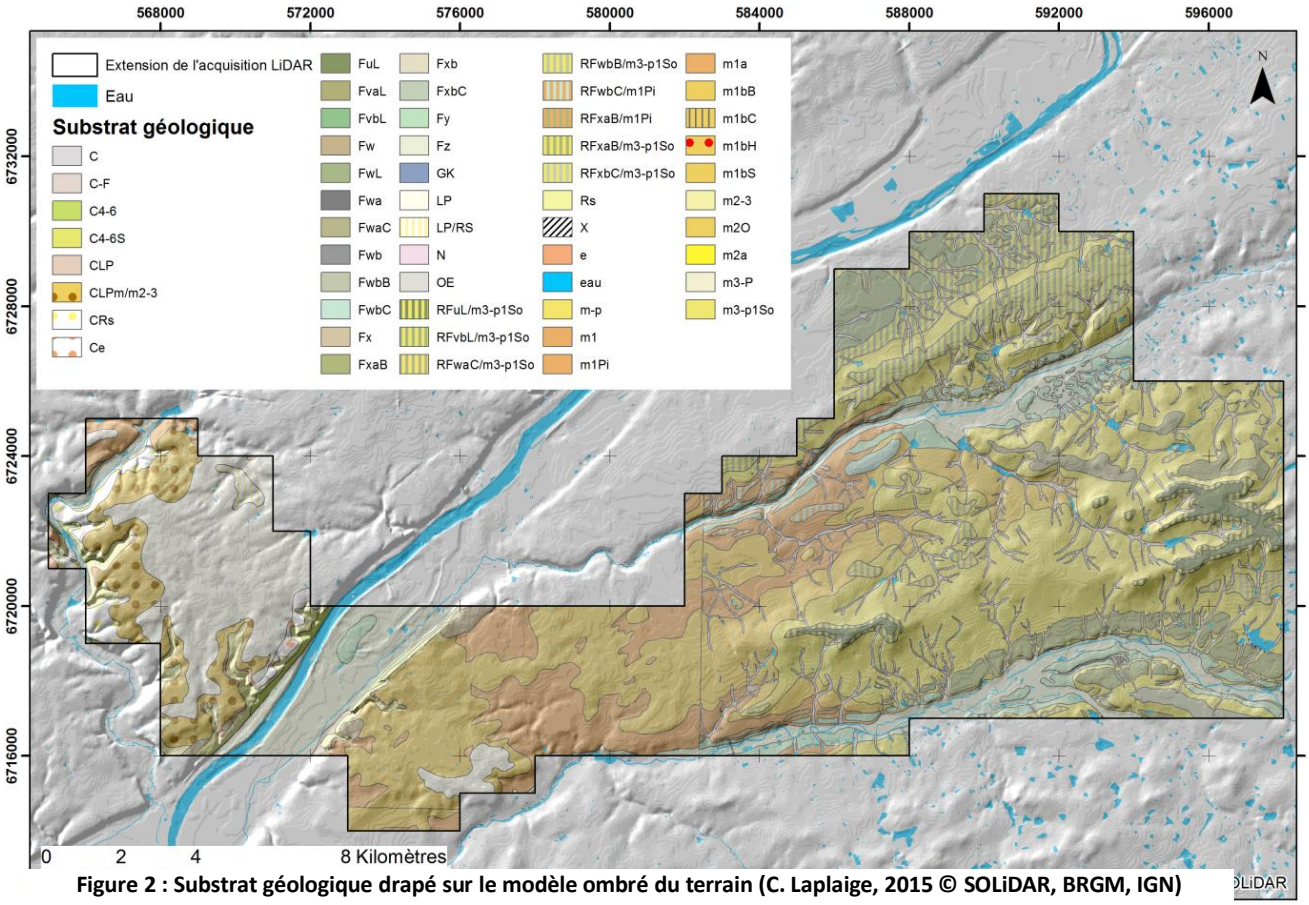


Figure 2 : Substrat géologique drapé sur le modèle ombré du terrain (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR, BRGM, IGN)

par des limons des plateaux et des formations tertiaires (carte géologique n°248) (LP et CLP m/m2-3). Les terrains en rive gauche sont principalement recouverts, de l'Ouest vers l'Est, par des calcaires de Pithiviers (M1Pi), des sables et calcaires de l'Orléanais (M2O) et des sables de Sologne (M3-P1So) (Cruz-Mermy et al., 2007). Cette dernière formation est parfois surmontée de lambeaux d'alluvions de moyennes terrasses (Fw et Fx).

Les sols situés sur les lambeaux de terrasses anciennes, principalement à l'interfluve entre le Beuvron et le Cosson, ont une tendance podzolique et hydromorphique, les rendant très peu fertiles pour l'agriculture (Cruz-Mermy et al., 2007). Les sols situés sur les sables de Sologne sont très largement hydromorphiques et décrits comme planosol ou pseudogley, c'est-à-dire gorgés d'eau (Cruz-Mermy et al., 2007).

Les sols situés sur les limons des plateaux et les calcaires de Pithiviers, voir les marnes de l'Orléanais, ne sont pas soumis à ces contraintes hydriques et présentent un développement plus important et, vraisemblablement, une meilleure prédisposition aux activités agricoles (Favory, 2015).

3 L'acquisition LiDAR

Note : pour une présentation plus complète des données, se reporter au rapport 2015

3.1 La télédétection LiDAR, rappel méthodologique

Le LiDAR (acronyme de *Light Detection and Ranging*) est une méthode de télédétection fondée sur une mesure de distance. Le principe est de répéter les mesures de distance à un objet à l'aide d'un télémètre laser dont le faisceau lumineux est balayé à la surface de la terre par un miroir oscillant. Le fait de pouvoir répéter les mesures avec une fréquence très élevée permet ensuite d'obtenir une description précise des objets sous la forme d'un nuage de points renseignés par des coordonnées x, y et z, si on connaît par ailleurs la position exacte de la source émettrice. Le LiDAR est une méthode de télédétection active, c'est-à-dire qu'elle émet son propre signal et analyse le retour ; elle est en ce sens similaire au radar (ondes radio) et différente de la photographie et autres méthodes d'acquisition d'image (ex. thermique) que l'on qualifie de télédétection passive. Cette technique est particulièrement utile en archéologie ou en géologie de sub-surface pour la détection des microreliefs qui peuvent être des traces de l'occupations humaines et/ou de structures naturelles (Kraus and Pfeifer, 1998).

L'appareillage LiDAR émet des impulsions lumineuses (généralement dans le domaine du proche infrarouge), qui sont réfléchies par les surfaces (sol, végétation, bâtiments, etc.) et sont renvoyées vers un capteur qui calcule le temps d'aller/retour du signal et son intensité. C'est ce temps d'aller/retour, connaissant la vitesse de la lumière, qui permet de calculer la distance entre le point d'impact et le capteur-émetteur. La position et l'altitude précise de chaque point sont déduites du calcul de la position du capteur-émetteur à chaque instant.

Pour positionner directement un LiDAR aéroporté tout au long du vol, on utilise un système embarqué composé d'un récepteur GNSS (*Global Navigation Satellite System* - système de positionnement global par satellites - de type GPS, GLONASS…) et d'une centrale inertielle (ou IMU, *Inertial Measurement Unit*) qui mesure l'accélération et la vitesse angulaire dans les trois directions à une fréquence de 100 à 400 Hz. Un ou plusieurs GPS post-traitement différentiel au sol sont utilisés pour améliorer la précision des localisations.

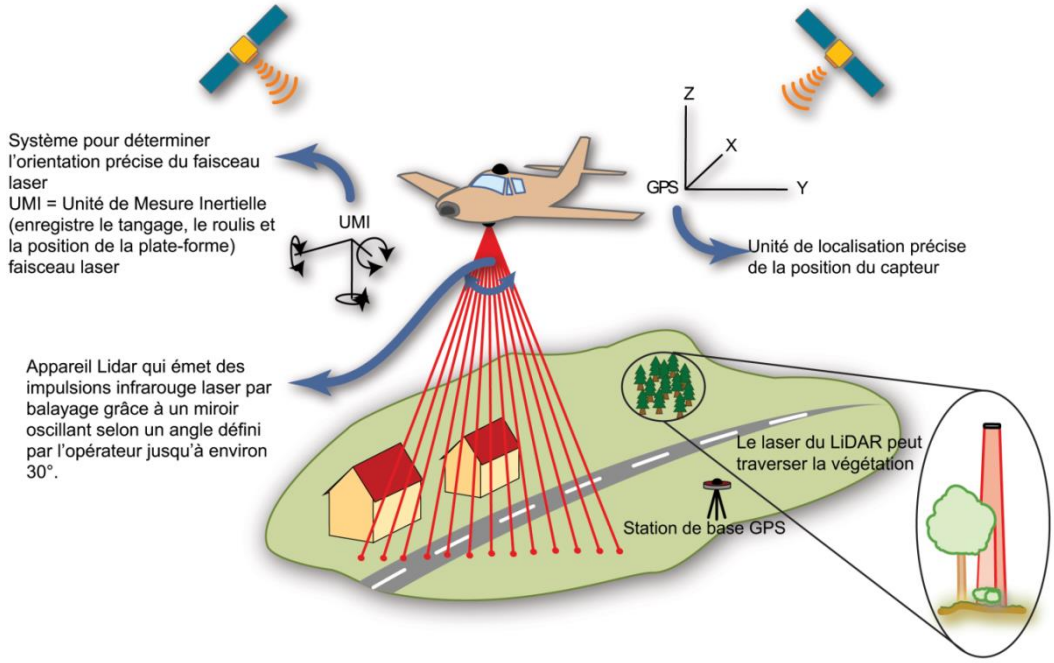


Figure 3 : Principe de fonctionnement du LiDAR (© Z. Kokalj, L. Nuninger)

Par rapport aux autres techniques de télédétection, le principal avantage du laser aéroporté est sa capacité à pénétrer la couverture végétale pour enregistrer des points au sol. En effet, si une partie du faisceau est arrêté par la végétation (troncs, branches, etc.), une autre partie peut continuer sa course jusqu'au sol. Cette technologie permet donc de faire de la détection sous couvert forestier, domaine pas ou peu accessible aux archéologues en termes de prospection systématique et extensive à vue.

À l'heure actuelle, la principale utilisation en archéologie reste la mesure altimétrique (x, y, z) pour repérer des structures correspondant à des microreliefs ou micro-dépressions (Doneus et al., 2008).

Le scanneur laser aéroporté permet, en premier lieu, de détecter des structures archéologiques masquées par la végétation : habitats, anciens chemins, parcellaires, terrasses, tertres, petites dépressions (fosses, mares, citernes), fossés, limites forestières anciennes, murets, zones d'extractions (minières ou lavières), microstructures de productions (fours à chaux), plates-formes de charbonniers, etc. (Challis et al., 2011; Cowley and Opitz, 2012; Fruchart et al., 2011; Georges-Leroy et al., 2009; Laplaige, 2012). Les vestiges agraires sont très fréquemment détectés par le LiDAR. On indiquera par exemple la mise en évidence, dès les premières utilisations de cette méthode en forêt en 2003, de champs bombés (successions de crêtes et de creux avec des dénivelés de 30 à 60 cm) en Forêt Noire près de Rastatt (Bade-Wurtemberg) (Sittler, 2004).

3.2 Les données mises en place à l'échelle du projet en 2015

A partir des données ponctuelles LiDAR, nous avons généré des données utilisables par tous les membres du programme quel que soit ses compétences, le matériel à leur disposition et leurs attentes. Les données sont réparties en onze dalles d'une superficie allant de 12 à 36 km² (fig. 4).

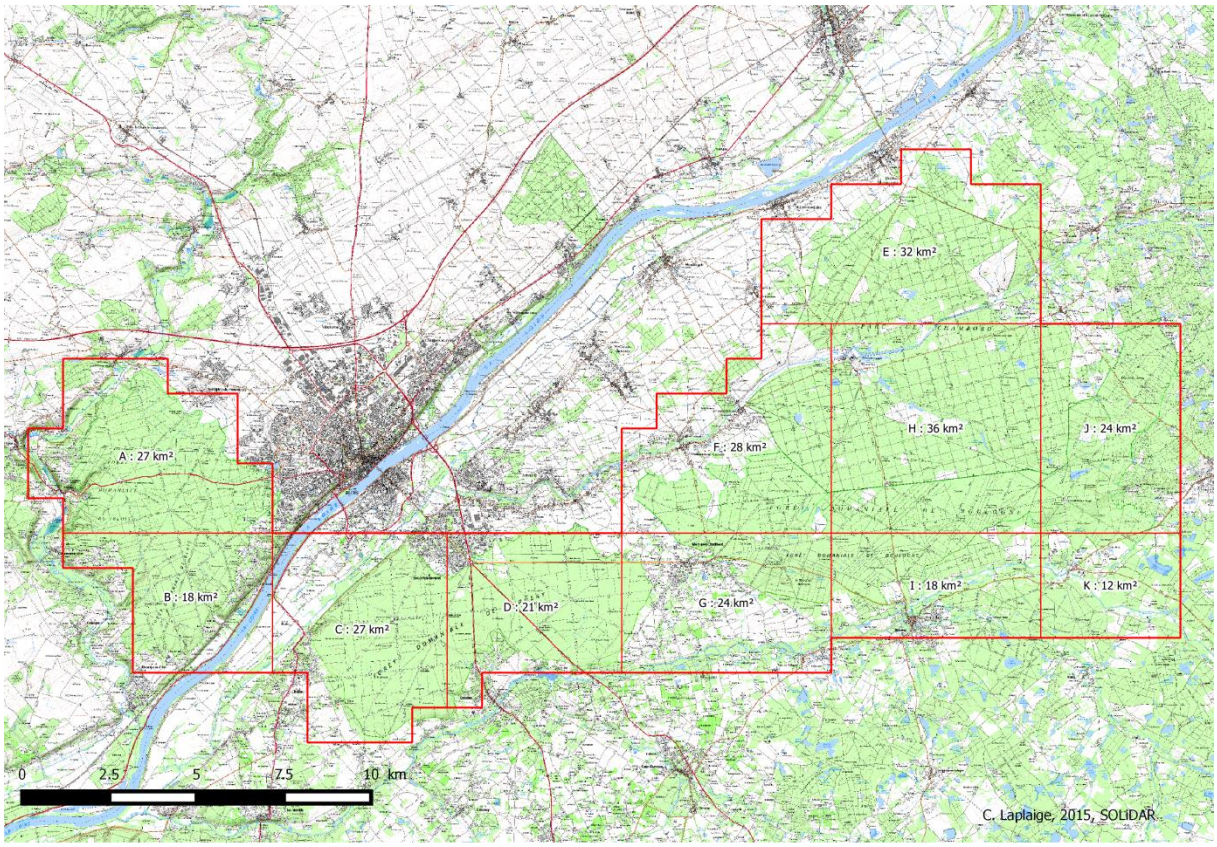


Figure 4: Répartition des dalles (C. Laplaige, 2015 ©SOLiDAR, IGN)

Ainsi, il a été décidé de découper les forêts de Blois et Russy en deux dalles chacune (respectivement [A B] et [C D]). Les massifs de Chambord et Boulogne ont été divisés en sept dalles (E à K). A partir de ces dalles, nous avons généré un modèle numérique de terrain (MNT, variations altimétriques du sol) (fig. 5), un modèle numérique de surface (MNS, variations altimétriques du sol et des éléments qui y sont implantés : bâti, végétation, etc.) et un modèle numérique de canopée (MNC = MNS – MNT).

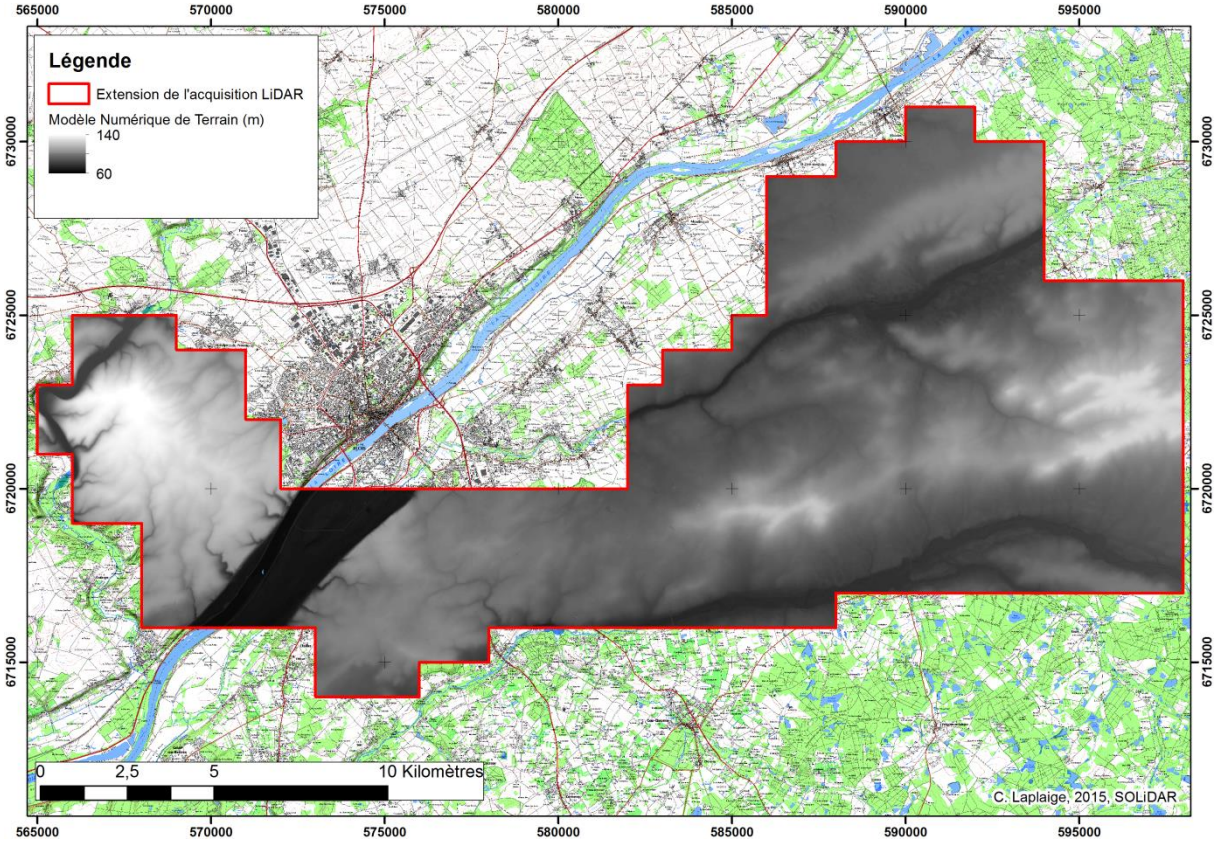


Figure 5 : Modèle Numérique de Terrain (C. Laplaige, 2015 ©SOLiDAR, IGN)

3.3 Produits dérivés créés

A partir du MNT, une série de premières visualisations (fig. 7) a été créé grâce à RVT 1.1 (http://iaps.zrc-sazu.si/en/rvt#v) et de l'outil TPI (http://www.jennessent.com/arcview/tpi.htm). La liste ci-dessous décrit ces visualisations :

Nom	Description
HS_315_35	ombrage simple, azimut 315°, élévation 35°
multiHS	composition colorée à partir des ombrages 315_35, 330_35, 345_35
Openess	angle d'ouverture positive (vers le haut)
Slope	degré de la plus forte pente
SVF	Sky View Factor, pourcentage de ciel visible à partir de chaque pixel
TPI	Topographic Position Index, altitude de chaque pixel par rapport à celle des pixels situés dans un anneau de 3m de rayon intérieur et 10 m de rayon extérieur de ce dernier

Figure 6 : Liste des données dérivées produites à partir du MNT (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR)

L'utilité de ces visualisations est contrainte par les modes de travail des chercheurs ainsi que par leurs thématiques de recherches (pour plus d'informations sur les différents traitements, leurs avantages et leurs inconvénients voir (Laplaige, 2012; Štular et al., 2012)).

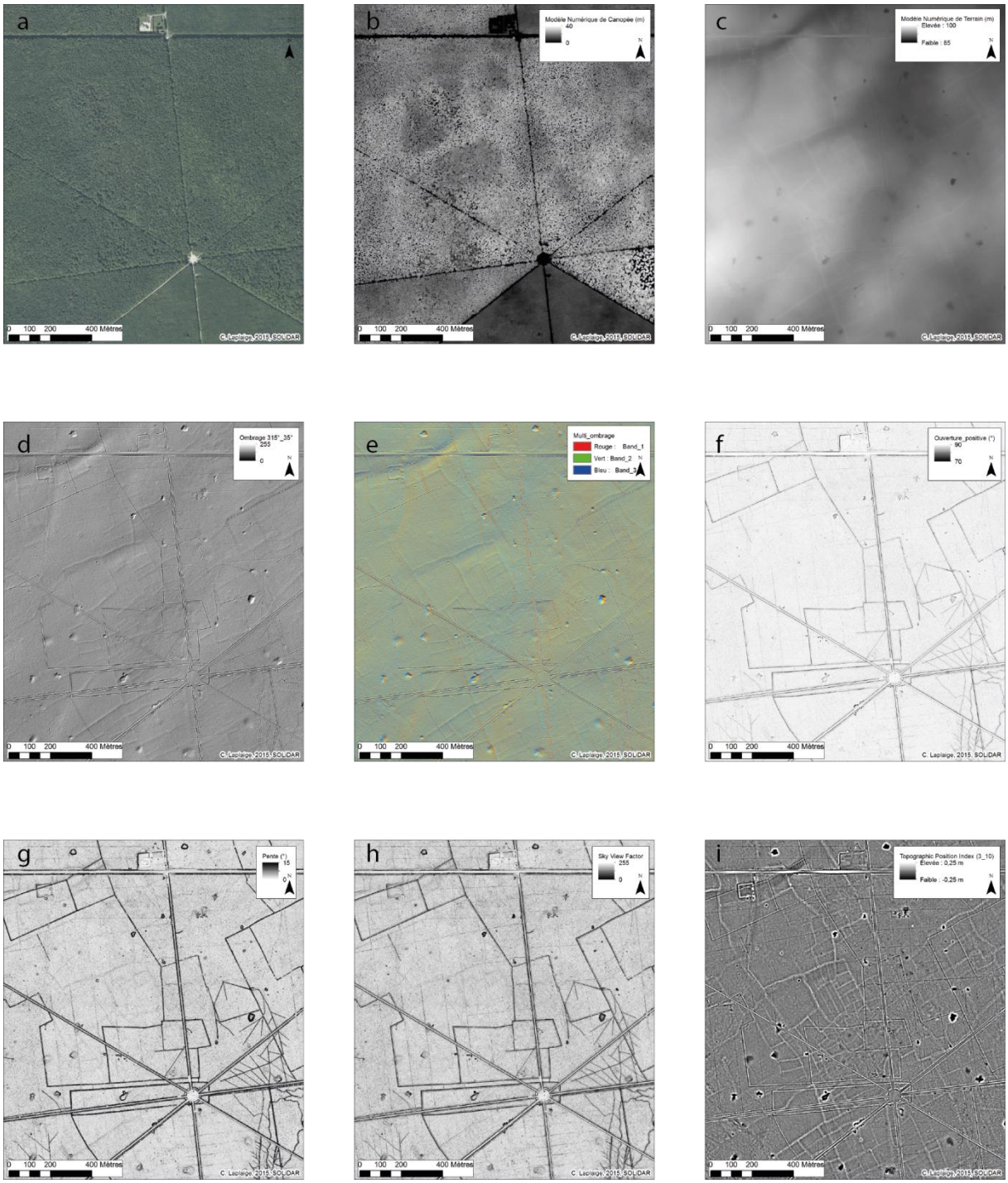


Figure 7: forêt de Russy : a/ Orthophotographie (IGN), b/ MNC, c/ MNT, d/ Ombrage simple 315_35, e/ Multi-ombrage, f/ Ouverture positive, g/ Pente, h/ SVF, i/ TPI (C. Laplaige, 2015 ©SOLiDAR, IGN)

3.4 Les Données LiDAR créées durant l'année 2016

Les principaux modèles et visualisations dérivées produits en 2015 se sont révélés, à l'usage, parfaitement adaptés à nos recherches. Toutefois, afin d'optimiser les livrables fournis par le

prestataire et s'ouvrir de nouvelles possibilités de recherche, nous avons produit de nouvelles données :

- une nouvelle classification des points à partir des bandes de vols fournies par le prestataire. La prise en compte de tous les points issus des vols nous a ainsi permis d'augmenter la surface d'acquisition de 270 à 330 km² (soit une augmentation de la surface légèrement supérieure à 20%) (fig. 8). De plus, nous avons pris le parti de séparer les points préalablement classés comme « végétation » en 3 classes distinctes : végétation basse, moyenne et haute (respectivement de 0.1 à 1 m, de 1 à 2 m et supérieur à 2m)
- A partir de cette nouvelle classification, des modèles numériques d'élévation prenant en compte la végétation basse (fig. 9).
- Pour certains secteurs d'intérêts et là où la densité de points au sol le permettait, des modèles à 25 cm, soit une 4 résolution fois plus importante que sur les modèles de base à 50 cm.
- Un nouvel outil de visualisation, le Local Relief Model (LRM) qui, s'il est assez semblable au TPI dans sa forme, permet d'obtenir la hauteur véritable des anomalies par rapport à un terrain supposé « naturel » (Hesse, 2010).

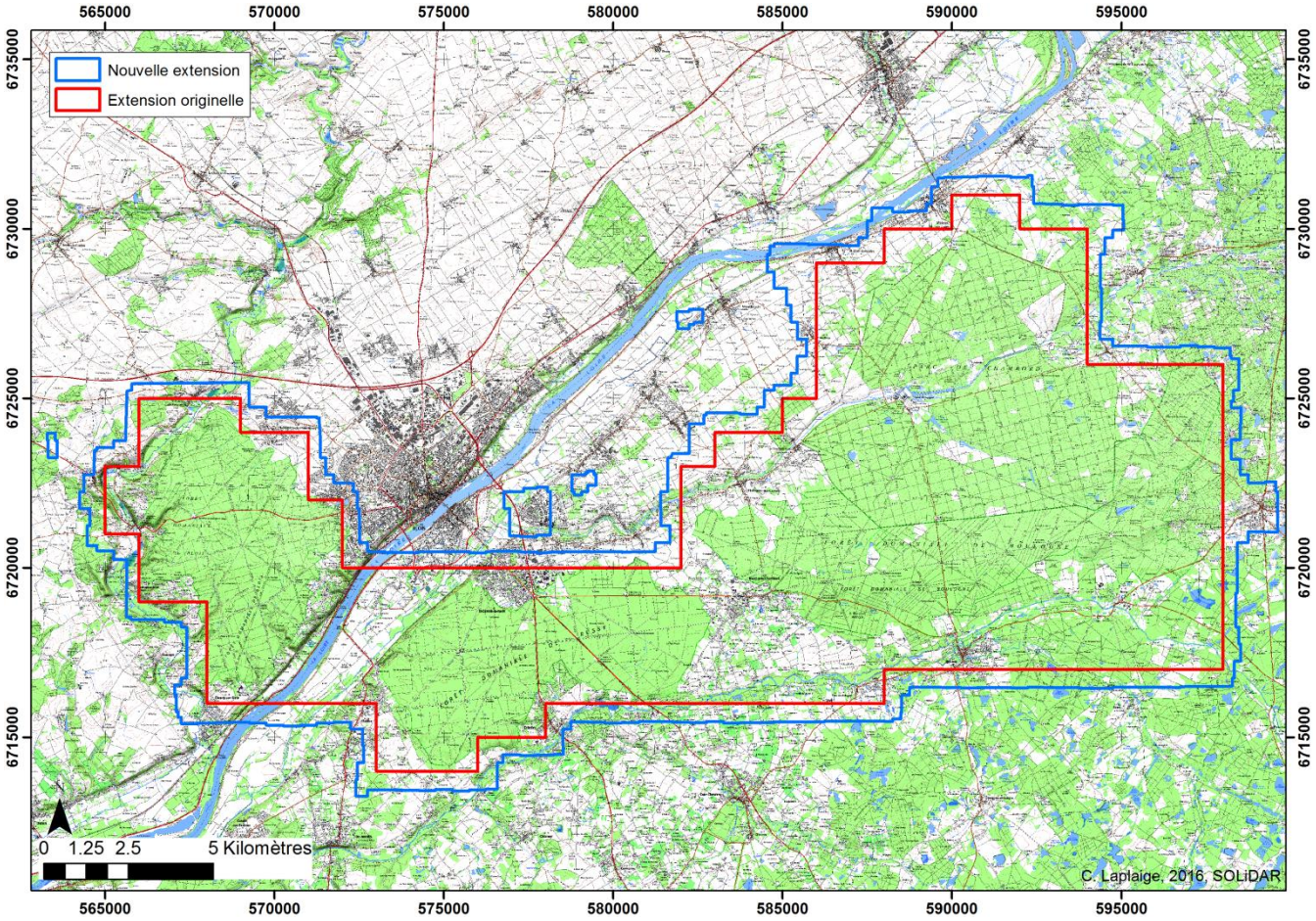


Figure 8: Extension du programme (en rouge) et nouvelle extension des données LiDAR à partir des données brutes (en bleu) (C. Laplaige, 2016 ©SOLiDAR, IGN)

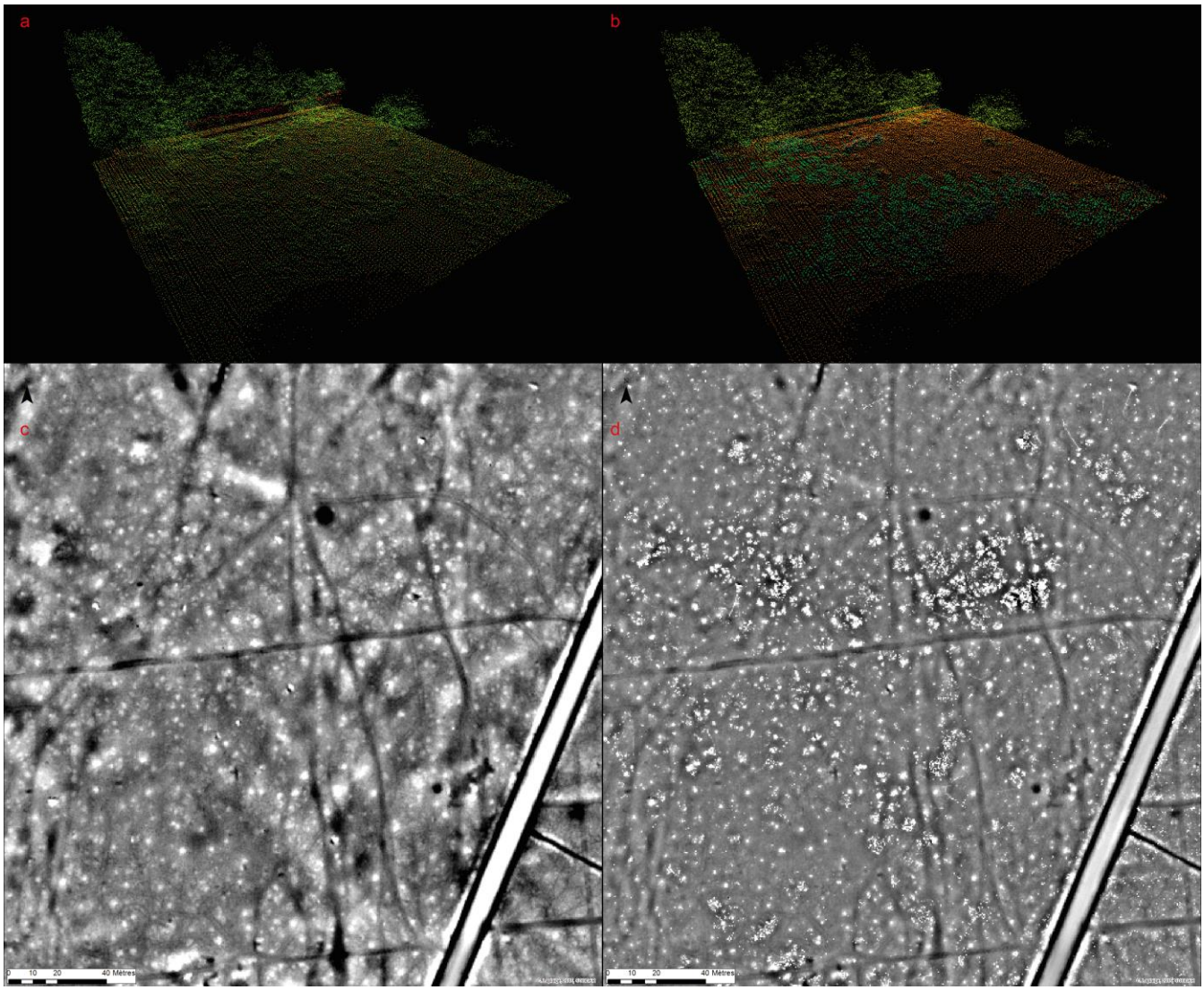


Figure 9: a/nuage de point classé par la société SINTEGRA b/ nuage de points classé par nos soin, on peut noter la différentiation de la végétation basse (en vert foncé) c/TPI d'un secteur où l'on observe les élévations (en blanc) et les dépressions (en noir) d/TPI du même secteur où apparaît la végétation basse (C. Laplaige, 2016 ©SOLiDAR)

3.5 Principal mode de visualisation utilisé

Sauf mention contraire, le mode de visualisation des données LiDAR dans ce rapport sera toujours le même : il est composé d'un ombrage simple auquel s'ajoute un Local Relief Model avec une transparence de 50% avec les valeurs positives en blanc et les valeurs négatives en noir (fig. 10). Les avantages de cette visualisation sont multiples : l'ombrage simple permet de se représenter le relief de manière aisée et le Local Relief Model révèle les anomalies de très faible amplitude et indique les hauteurs (ou profondeurs) des anomalies.

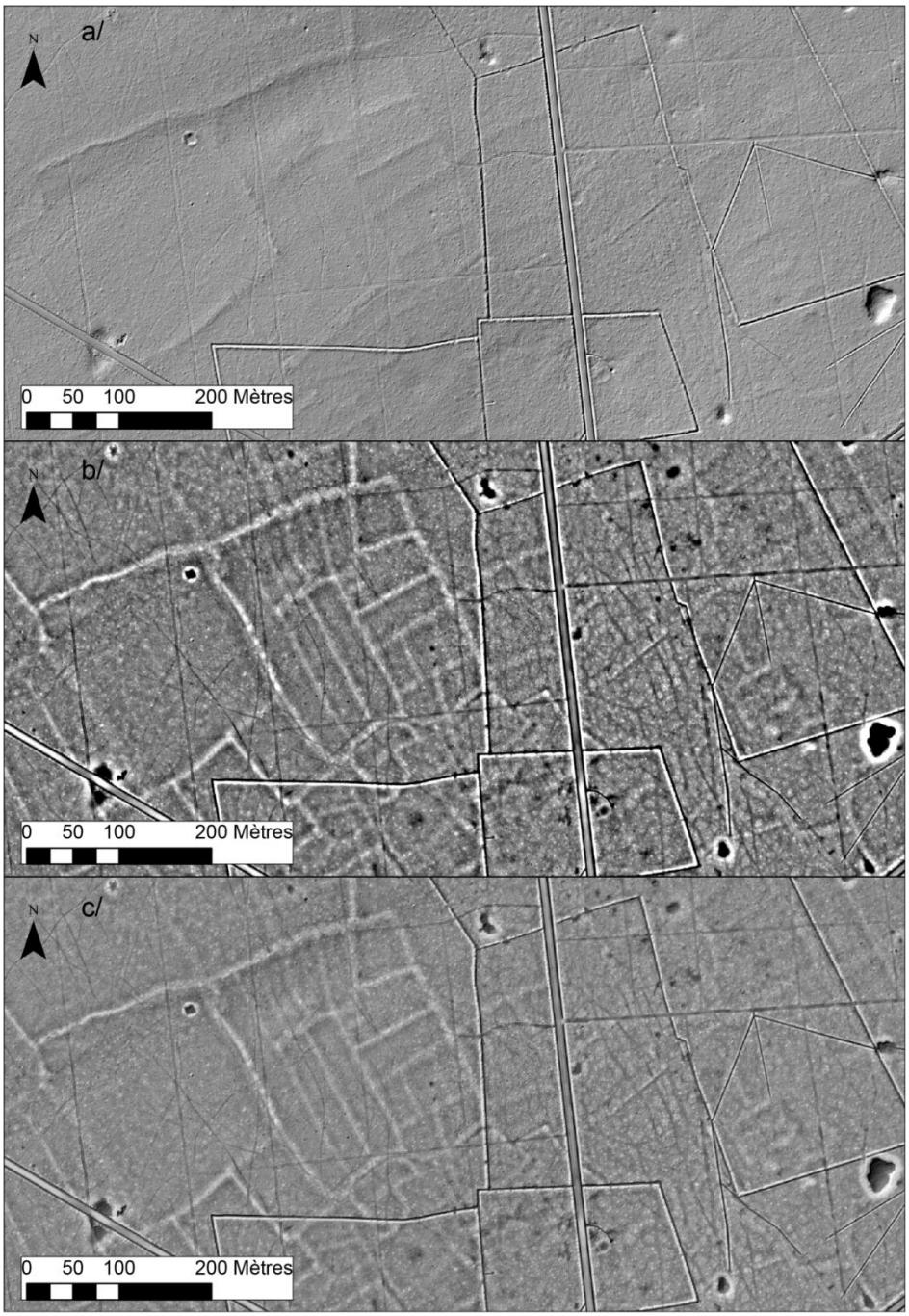


Figure 10 : Forêt de Russy, a/ ombrage Simple, b/Local Relief Model (LRM), c/ composition prenant en compte l'ombrage simple et le LRM (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR)

4 Travaux effectués en 2016

4.1 Présentation générale des opérations

La figure 11 présente la localisation de toutes les opérations menées durant les années 2015 et 2016. Au final, 98 opérations ont été menées (6 pour 2015 et 92 pour 2016). La nature de ces explorations était variée et ces dernières se répartissent comme suit :

- 9 forages géologiques
- 4 panneaux électriques
- 3 prospections magnétiques
- 1 prospection radar
- 1 prospection électromagnétique (réalisée sur plusieurs jours)
- 1 relevé topographique
- 79 opérations de prospection pédestre à finalité archéologique

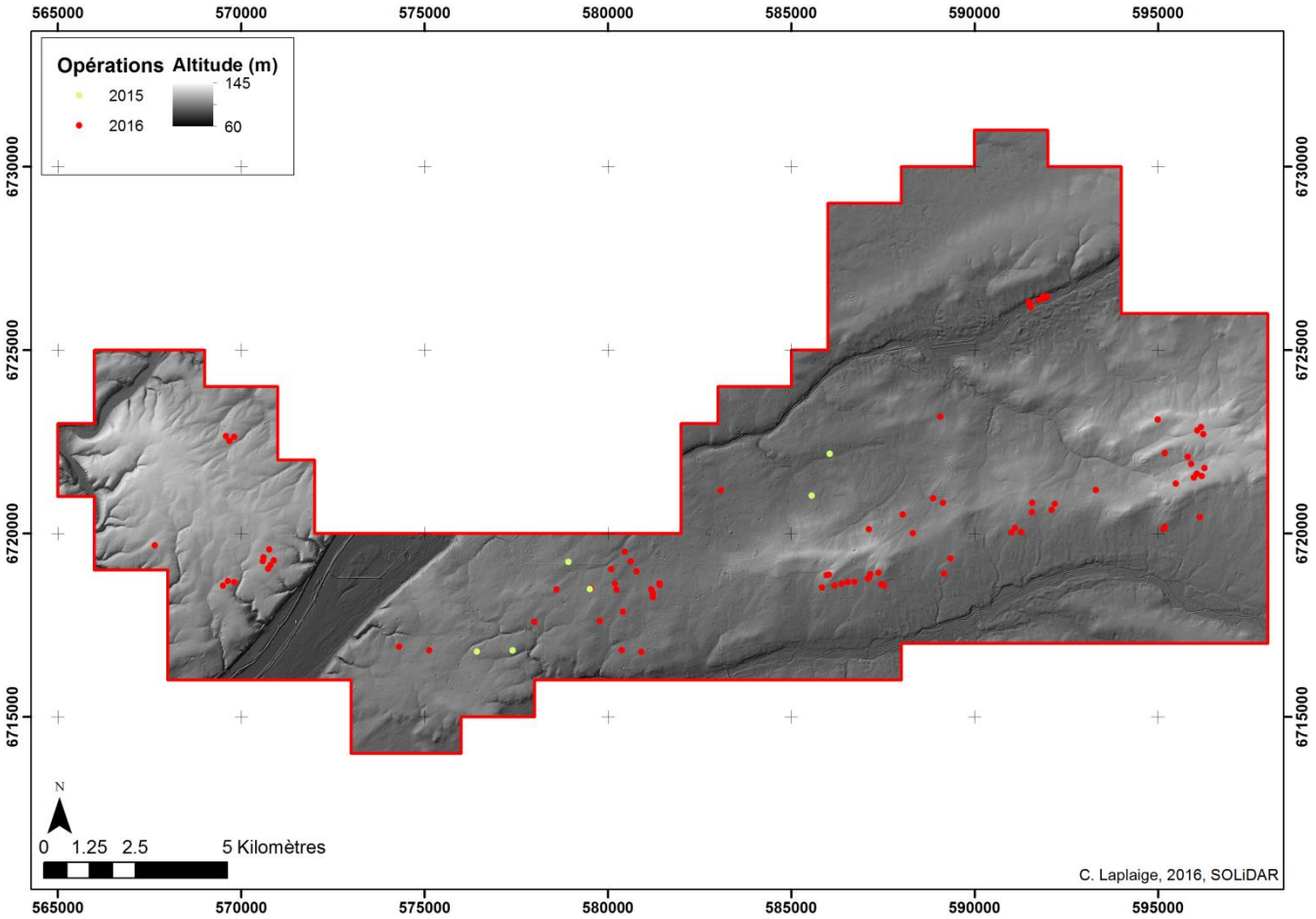


Figure 11: opérations menées en 2015 et 2016 (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR)

Les forages géologiques, les panneaux électriques, la prospection électromagnétique et le relevé topographique de pieux ont concernés le lit mineur du cosson et sont présentés dans la partie suivante (1,2 fig. 12). Des prospections magnétiques ont été mises en place dans le cadre de la caractérisation des « habitats » et des talus repérés sur les données LiDAR et sont, là aussi, présentés dans la partie suivante (3, 4 fig. 12).

Si les tertres observables en forêt de Russy, Boulogne et Chambord n'ont pas fait l'objet de reconnaissance sur le terrain, ils ont bénéficié cette année d'une analyse et d'un premier essai de sériation suivant de grands paramètres morphométrique (cf. 4.5). Cette étude pourrait nous autoriser à envisager de futures explorations.

Les prospections avec ramassage de mobilier de probables structures d'habitats ne seront pas détaillées plus précisément dans ce rapport. Ces prospections ont été nombreuses durant l'année 2016 mais le mobilier n'a pas encore fait l'objet d'analyses, qui seront conduites durant le printemps 2017. Une synthèse de nos problématiques de recherche est cependant présentée dans la partie suivante.

Enfin, la prospection des ferriers n'avait pas été envisagée lors de la rédaction du rapport de l'année 2015. Cependant, un programme de caractérisation des scories a été mis en place avec des membres de d'EA 3811 HeRMA. Le premier objectif sera de caractériser le matériel issu de ces ferriers dès le début de l'année 2017 pour envisager une exploitation de ces données durant le second semestre 2017 sous une forme qu'il reste à définir.

Un tableau regroupant toutes les opérations menées en 2015 et 2016 est disponible en annexe 3.

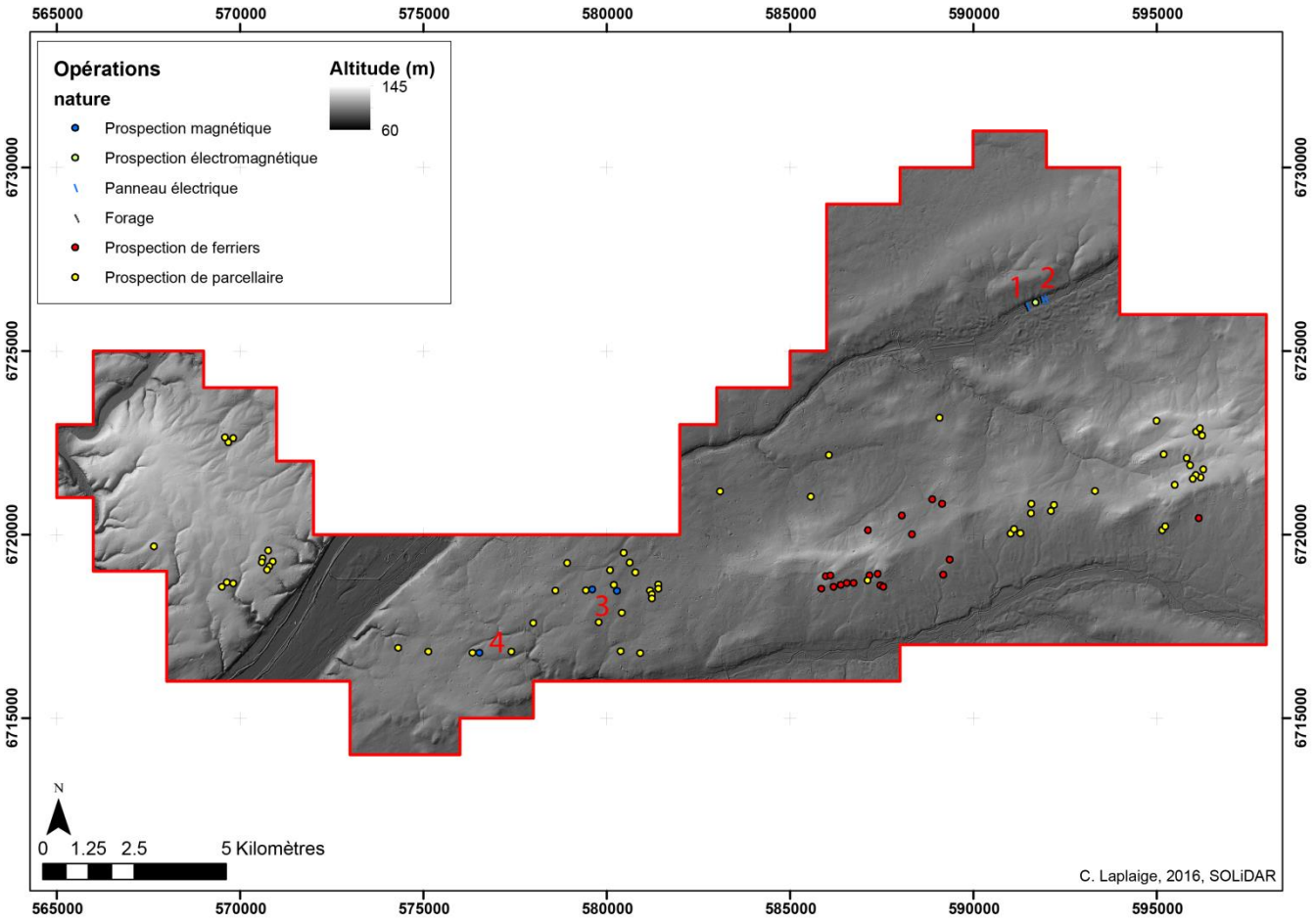


Figure 12. Nature des opérations menées en 2015 et 2016 (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR)

4.2 Opérations à finalité géomorphologique dans le lit majeur du cosson

4.2.1 Restitution de la dynamique alluviale durant le quaternaire

L'un des objectif du thème 3 du programme est de caractériser la dynamique morpho-sédimentaire du Cosson, sous-affluent de la Loire, au cours du Pléistocène et de l'Holocène. Dans le cadre d'un stage de licence (Muracciole, 2016), une proposition de l'évolution de la morphologie de la rivière a été mise en place pour le secteur du domaine de Chambord.

Ainsi, et grâce principalement à l'analyse fine du MNT issu de la prospection LiDAR, cinq à six phases de dépôt alluvial ont été identifiés dans le domaine de Chambord (fig. 13) depuis les plus hautes terrasses (Fu) jusqu'aux basses terrasses (Fy et FZ) aux abords du Cosson. Les terrasses notées Fw sur la carte géologique n'ont pas pu être distinguées des terrasses Fx.

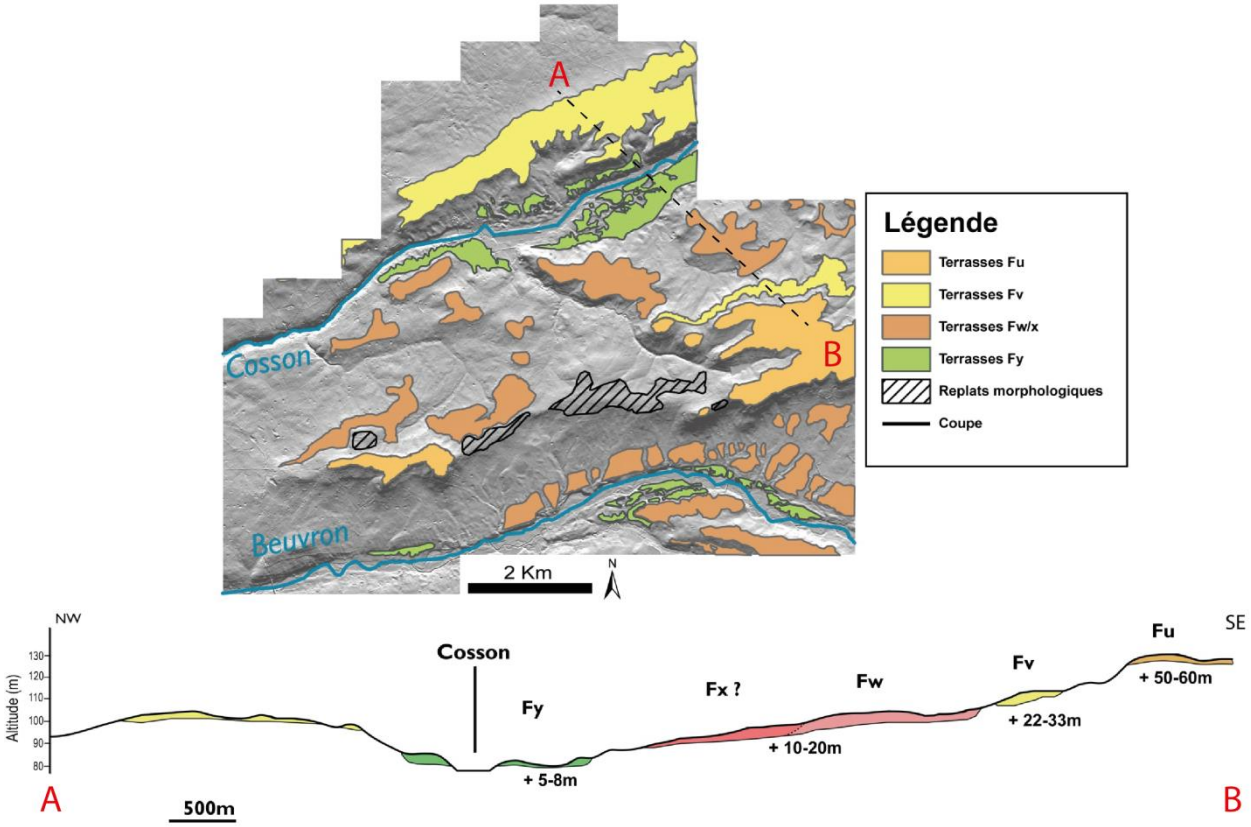


Figure 13. Restitution des lambeaux de terrasses alluviales quaternaire et vue en coupe de la répartition des dépôts alluviaux (A. Muracciole, 2016 © SOLiDAR)

Le Pléistocène est marqué, en Sologne et dans la zone d'étude, par la migration du cours de la Loire vers le Nord au cours du temps (Fig. 13). Cette migration couplée à l'incision aurait entrainé une individualisation de la Loire et du Cosson à partir du Pléistocène moyen (Cruz-Mermy et al., 2007).

4.2.2 Restitution des dynamiques alluviales durant l'Holocène

La terrasse Fz a été étudiée avec attention. Les données microtopographiques révèlent ainsi un système d'anciens chenaux méandriformes (fig. 14). Ces linéaments, visibles sur des plans et des vues d'artistes du XVIIème, correspondent probablement aux anciens cours du Cosson existant

préalablement à la canalisation de ce dernier. Ils ont fait l'objet d'une série d'interventions sur le terrain.

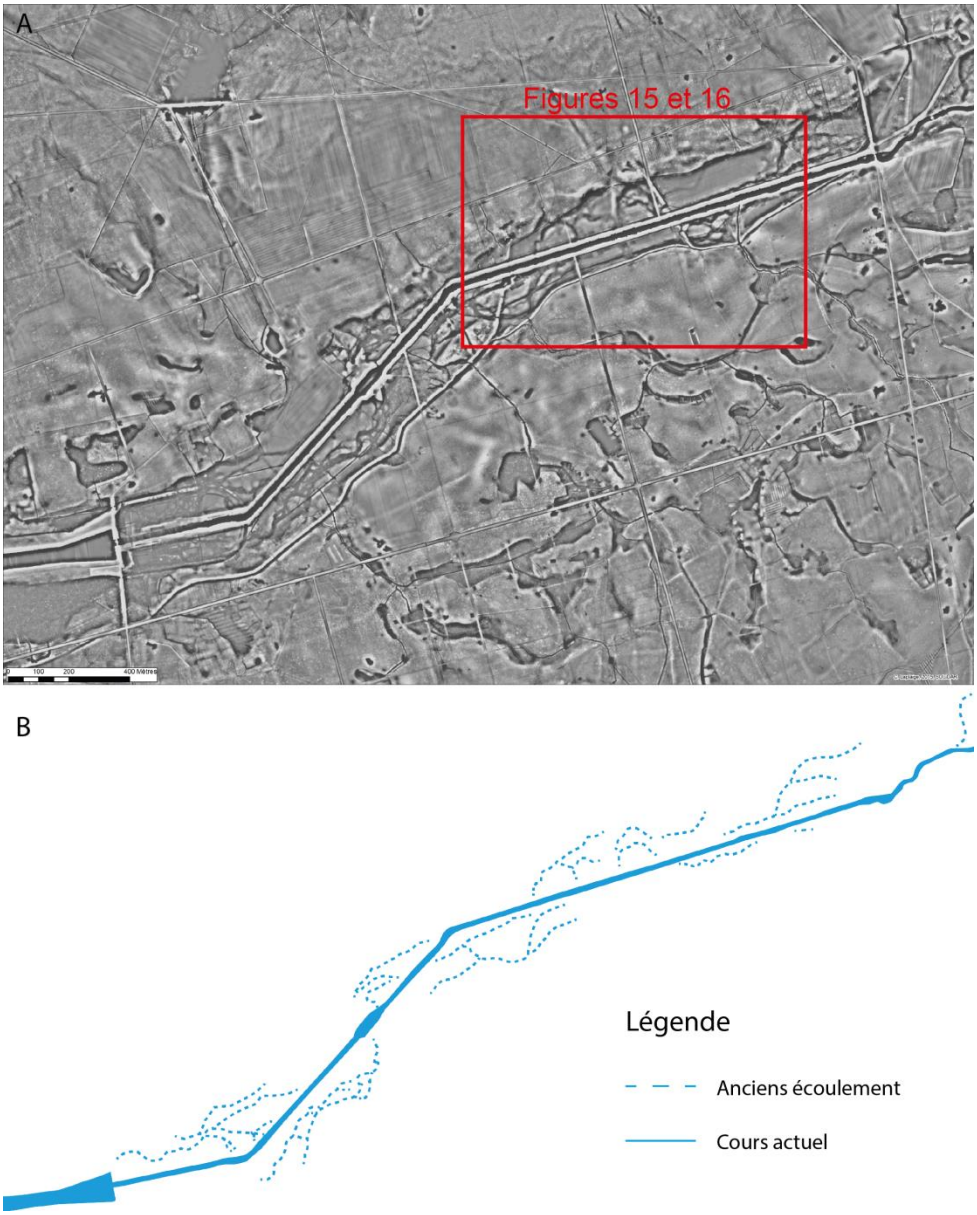


Figure 14. Chambord (41).Cours anciens et actuel du Cosson en amont du château de Chambord (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR)

Afin de caractériser ces anciens cours (morphologie, datation), nous avons mis en place une prospection électromagnétique, des sondages électriques et des forages géologiques (fig. 15).

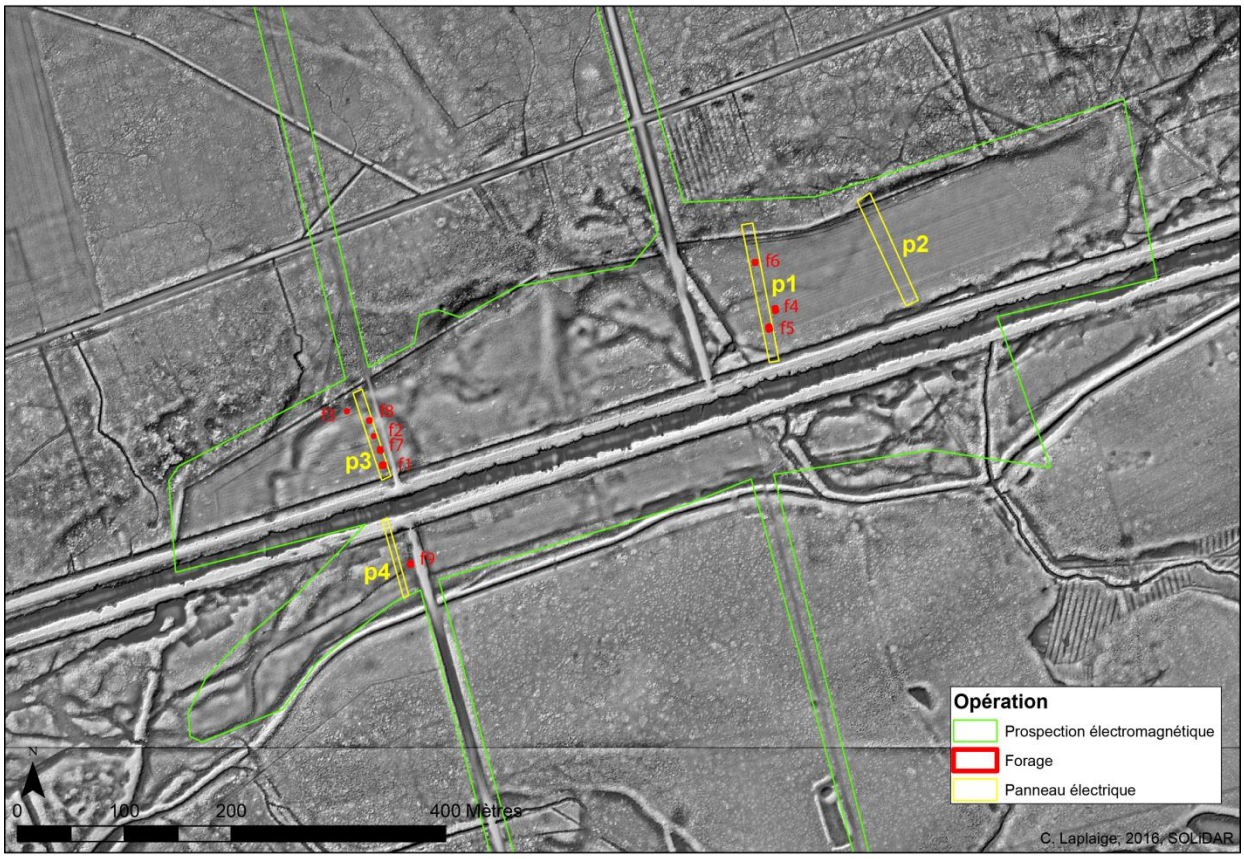


Figure 15. Chambord (41), localisation des interventions (forage, panneau électrique et mesure de la conductivité) réalisées en 2016 (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR)

4.2.2.1 Présentation des opérations

La prospection électromagnétique menée en mars et en juillet 2016 (fig.16) montre dans le proche sous-sol (profondeur <5m) des corps plutôt conducteurs (en bleu), correspondant probablement à d'anciens chenaux holocènes dominés par des dépôts argileux, et des secteurs plutôt résistants (en rouge) indiquant la présence de corps sableux antérieurs ou bien des dépôts de colluvionnement sus-jacents.

Afin de pouvoir proposer une interprétation robuste de ces données en parallèle des analyses des forages et des panneaux électriques nous souhaitons, pour l'année à venir étendre ces prospections en aval jusqu'au miroir d'eau à l'est du château.

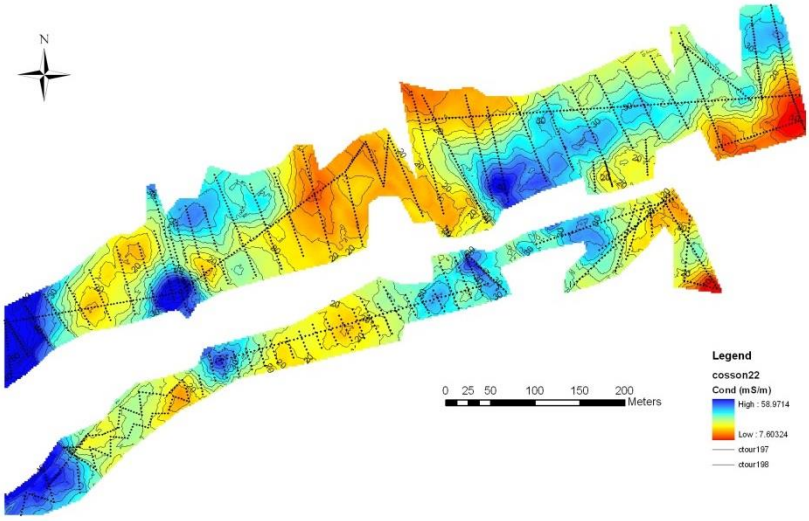


Figure 16. Chambord (41). Conductivité du proche sous-sol (F. Hinschberger, 2016)

Nous avons également testé deux types de dispositifs de panneaux électriques (écartement inter électrode de 2m ou 5m) afin d'obtenir des informations sur l'interface substrat/terrasse ainsi que des données sur la morphologie des remplissages sédimentaires (fig.17). Sur cette figure, le substrat, résistant, apparaît en rouge et les niveaux probablement holocènes en bleu. Le processus de traitement est disponible en annexe 4 mais peut être résumé comme suit :

- Nous avons intégré la microtopographie LiDAR.
- Nous avons contraint le nombre maximum d'itérations à 5 afin de limiter les effets « d'yeux ».
- Nous avons privilégié les structures horizontales aux structures verticales.
- Le modèle était limité à deux couches (le substrat et la terrasse.
- Le rapport entre les résistivités les plus fortes et les résistivités les plus faibles était limité à 10.

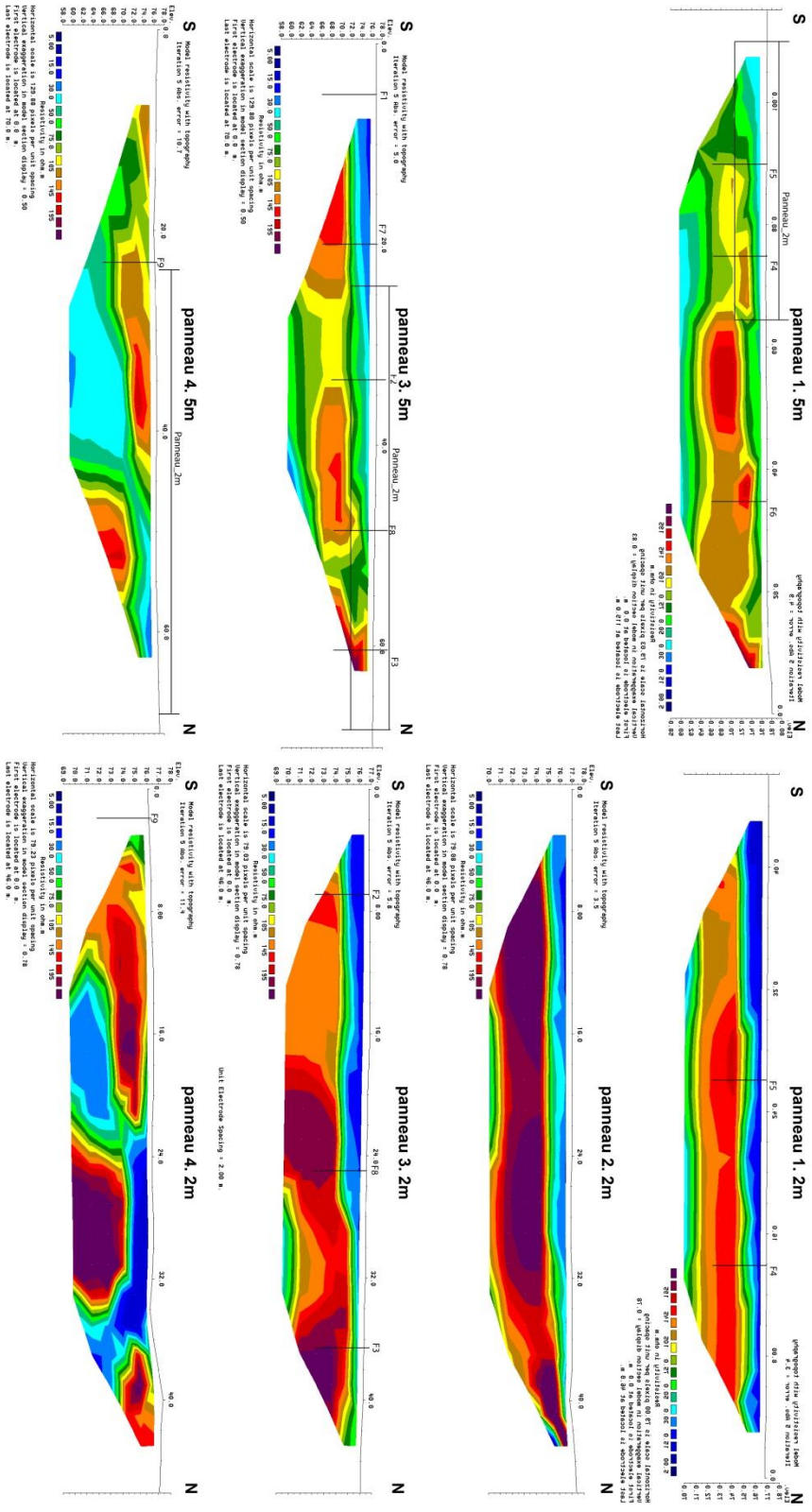


Figure 17. Chambord (41). Résultat des panneaux électriques (localisation en figure 15) après inversion. Les corps résistants sont en rouge et les corps conducteurs en bleu (C. Laplaige, 2016)

Dans le but de calibrer le signal issu des prospections géophysiques, de procéder à une analyse stratigraphique et d'échantillonner du sédiment datant et caractérisant les formes hydrologiques, 9

sondages ont été effectués (fig. 18). Les différentes carottes ont été décrites et corrélées (fig. 18 et annexe 5). Une série de 15 échantillons a été envoyée en novembre pour datation à l'université de Lyon 1. Nous espérons obtenir les résultats pour la fin du mois de février. En parallèle, une série de 10 échantillons a été préparée pour une analyse palynologique, qui permettra de préciser les environnements de dépôt. Ces premiers tests permettront aussi de s'interroger sur la pertinence d'un tel processus d'analyse et de mettre en place une stratégie de prélèvement de manière plus fine pour l'année 2017.

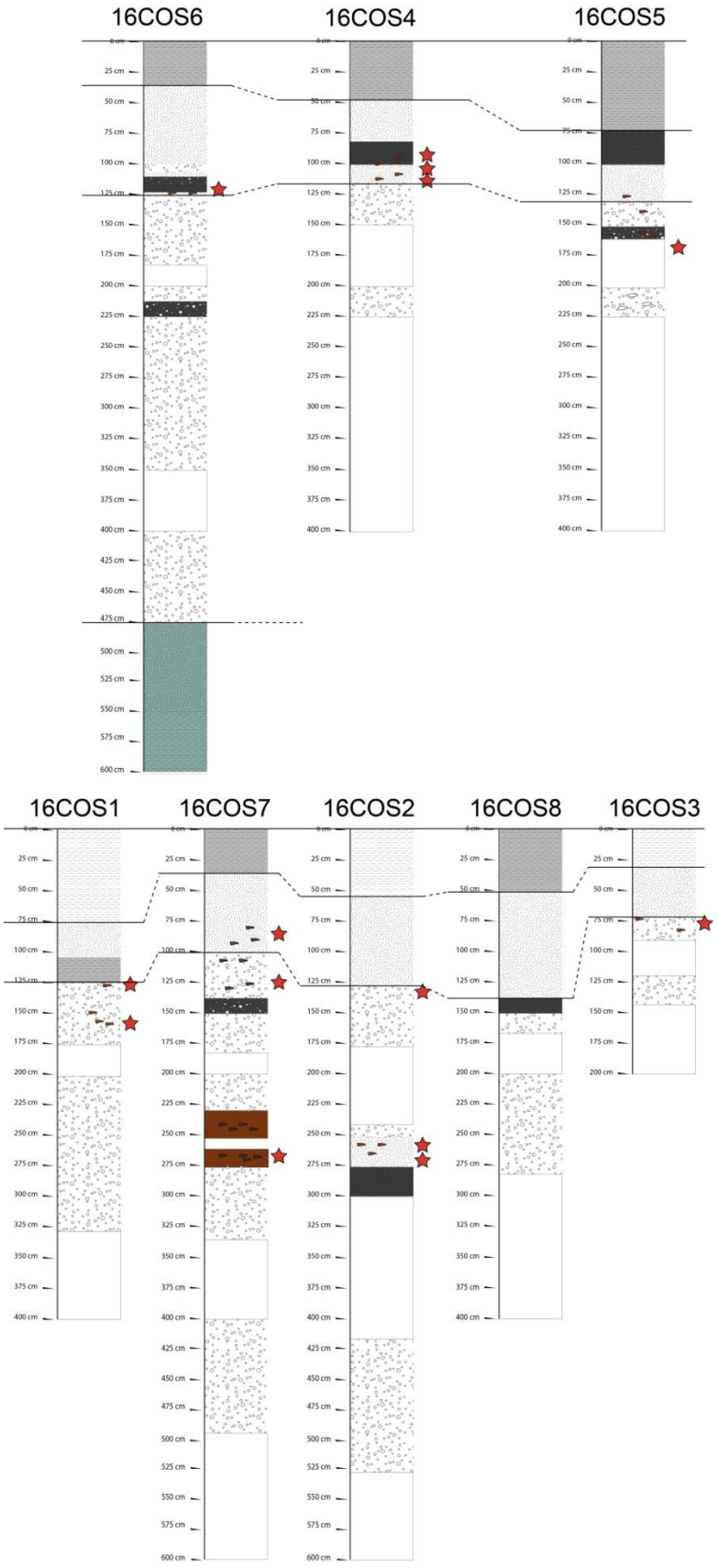


Figure 18. (Chambord (41). Log forages (localisation en fig.15) corrélés avec indication des prélèvements pour datation au radiocarbone (étoiles) (I. Gay-Ovejero et A. Lacoste, 2016)

4.2.3 Perspectives de recherches

Les résultats obtenus cette année, même s'ils sont toujours en cours d'analyse, sont très encourageants. Ils nous autorisent à aborder les travaux 2017 de plusieurs manières.

Nous proposons, dans un premier temps et en fonction des résultats des analyses palynologiques et des datations, de procéder à l'étude d'une carotte composite de manière fine afin d'étudier les transformations environnementales intervenant dans le Domaine National de Chambord durant, nous l'espérons, l'Holocène. En effet, si les sondages menés en face du château par d'autres équipes dans le cadre de la mise en place des jardins ont révélés d'impressionnantes épaisseurs de Remblai, il semble que nous soyons en amont du château face à un milieu « peu anthropisé », facile à analyser (le substrat est atteint aux alentours de 4m de profondeur) et riche en matériaux organiques (charbons de bois, feuilles, brindilles, etc.).

Les opérations géophysiques se poursuivront afin de caractériser les différents bras morts du Cosson.

Afin de travailler sur des périodes plus anciennes, et en partenariat avec des membres du BRGM intéressé par l'étude des terrasses du Cosson, nous envisageons la mise en place de fosses pédologiques avec prélèvement de matériel pour datation ESR sur les anciennes terrasses (Fw, Fx, Fy ; fig.13) afin de déterminer l'âge de ces dernières non pas par leur position topographique mais bien par datation absolue. Cette opération ferait du domaine de Chambord le second site à voir les anciennes terrasses du Cosson faire l'objet de datation.

Enfin, nous souhaitons approfondir nos travaux en aval, en direction de la Loire, afin de rejoindre le secteur de Blois Vienne traité dans le cadre du PCR Blois, piloté par D. Josset et V. Aubourg, qui a fait l'objet de nombreuses analyses géomorphologiques ayant permis une caractérisation fine du val Loire / Cosson.

4.3 Relevé de pieux dans le lit majeur du Cosson

4.3.1 Préambule

Dans le cadre de la baisse du niveau de l'eau du Cosson lors des fouilles archéologiques menée par l'INRAP sur le parterre nord-est du château de Chambord. Nous sommes intervenus rapidement dans le but de réaliser un enregistrement photographique et de géoréférencer un par un des séries de pieux qui ont émergé dans le lit du Cosson. Préalablement, lors de missions sur le terrain, deux ensembles de pieux avaient été repérés. La mission a permis de découvrir d'autres ensembles de pieux entre la passerelle des Triages et le pont de la Canardière, mais également, en fin de journée, dans le Grand Canal.

Choix de l'intervention

Nous nous sommes dans un premier temps chargé d'évaluer la pertinence d'une analyse dendrochronologique des pieux repérés. Les différents échanges que nous avons pu avoir avec des chercheurs de Tours, Besançon ou Nantes nous ont révélé que ce genre d'analyse n'apporterait que peu d'informations utiles car :

- Le nombre de pieux prélever (au moins 30) était bien trop important
- la faible épaisseur des vestiges risquait de fournir trop peu de cernes pour l'analyse ;

Il est à noter que si le bois peut bien se conserver dans l'eau, il est fragilisé dès sa sortie. Ainsi, les pieux émergés depuis plusieurs semaines se sont dégradent plus vite, ce qui implique la perte de certaines informations.

Sachant que l'histoire de la canalisation du Cosson peut être retracée via les archives, il a été décidé de privilégier en premier lieu l'enregistrement topographique des pieux et de ne pas prélever ce mobilier.

Méthodologie

La mission était accompagnée de Pierre Charpentier (Directeur adjoint de la chasse et de la forêt au DNC) et de Jean-Michel Turpin (photographe, préparant un reportage pour le Figaro Magazine).

Le matériel utilisé s'est limité à un GPS centimétrique à correction différentielle, un appareil photo numérique et à une barque fournie par le domaine.

Les pieux ont d'abord été relevés au GPS centimétrique avec une antenne à 1m puis photographiés un par un avec l'antenne en guise de mire. Quand les pieux étaient inaccessibles (broussailles), ils ont été comptés et photographiés autant que faire se peut.

Difficultés rencontrées

Les pieux se trouvant le long de la berge, certains étaient envahis par la broussaille et les ronces. Dans certains cas, passer outre était impossible sans débroussailler totalement la rive. Dans ces cas, les pieux ont été tout de même photographiés et comptés.

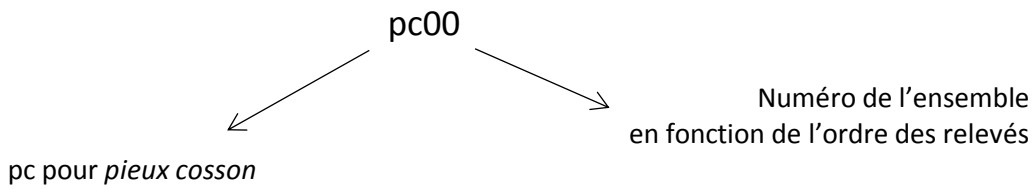
La grande proximité avec les arbres, les taillis dans lesquels il fallait faire passer l'antenne du GPS ont rendu difficile la géolocalisation précise de chaque pieu. Si dans certains cas, la précision est à 10 centimètres près, on note parfois un décalage d'un mètre, dû le plus souvent aux broussailles impénétrables qui envahissent les bords du Cosson. Ces obstacles permettent de mieux comprendre l'aspect du relevé final (annexes 6a et 6b).

Enfin, si l'idée d'explorer les rives du Cosson s'est révélée fructueuse, le grand nombre de pieux découverts nous a ralentis dans nos enregistrements. Nous n'avions accès au GPS centimétrique qu'une seule journée. Ainsi, certains pieux n'ont pas pu être géoréférencés.

4.3.2 Description des ensembles de pieux

4.3.2.1 Système de numérotation :

Les ensembles de pieux ont été numérotés, afin de faciliter leur identification dans le système d'information géographique de SOLiDAR. L'identifiant des ensemble de pieux est composé ainsi :



Quand il s'agit d'un amas de cailloux, l'entité est numérotée ac00.

Chaque pieu relevé au GPS porte également un identifiant. Le numéro du pieux s'ajoute à l'identifiant de l'ensemble de pieux. Exemple : pc0214 correspond au pieu numéro 14 de l'ensemble de pieux numéro 02.

4.3.2.2 Description

(Carte de répartition des points en Annexe 6a)

- pc01: 37 pieux, 36 ont pu être relevés. Ils mesurent entre 60 et 70 centimètres depuis le sol, et émerge de l'eau sur une cinquantaine de centimètres. Ils sont espacés entre d'une trentaine de de centimètres en moyenne. Ils ont de prime abord un aspect plutôt bien conservé. Cependant, pour la majorité, ils sont creux, ne conservent qu'un partie extérieure épaisse de quelques centimètres, ou bien des plantes s'y sont installées. Les diamètres vont de 2 centimètres pour certains, à 10 centimètres pour d'autres. (Relevé : annexe 6b, p.103 ; photo : annexe 6c p. 110) ;

- ac01 : un amas de pierres calcaires situé rive droite. A cet endroit, le niveau de l'eau est très bas, les pierres forment une couche au niveau du sol de la rivière ;

- ac02 : un amas de pierre calcaires situé rive gauche. Dans les deux cas, il est difficile de dire s'il s'agit d'une veine de calcaire ou d'un dépôt anthropique lié à l'aménagement de la rivière ;

- pc02 : la planche posée de chant, au niveau du sol de la rivière, perpendiculaire à la berge. Elle est calée par des pierres calcaires amassées contre la berge. Une série de petits pieux, tous arrachés, calent également la planche du côté amont. (Relevé : annexe 6b, p.104 ; photo : annexe 6c p. 110) ;

- pc03 : duo de deux pieux isolés, disposés dans le lit du Cosson, de chaque côté, à un mètre de la berge environ. Le pieu de la rive gauche est très partiel. L'extrémité supérieure montre un arrachement. La partie émergée ne fait pas plus de 15 centimètres. Le pieux de la rive droite est mieux conservé (sur un peu moins d'un mètre), mais toujours arraché en partie supérieure. (Relevé : annexe 6b, p.104 ; photo : annexe 6c p. 110) ;

- pc04 : deux pieux alignés et placés parallèles à la rive gauche. À côté, un bloc de ciment contenant de gros composants, qui pourrait correspondre à un dispositif de calage. Il pourrait aussi s'agir d'un bloc charrié par la rivière. Les deux pieux font face à une ancienne bonde intacte située sur la rive droite. (Relevé : annexe 6b, p.104 ; photo : annexe 6c p. 111) ;

- pc05 : ensemble de 41 pieux situés rive gauche, à l'emplacement d'une prise d'eau en béton, ouvrant sur un canal fermé, en dur, servant peut-être à relier le bras principal du Cosson avec un autre bras. La construction remplace sans doute un aménagement plus ancien. Certains ont été sciés pour faciliter l'arrivée d'eau en béton. (Relevé : annexe 6b, p.105 ; photo : annexe 6c p. 111) ;

- pc06 : ensemble de 83 pieux en rive gauche. Les pieux sont en mauvais état, pour ce qui concerne la partie émergée. Leurs diamètres sont très irréguliers. Même si les mesures n'ont pu être effectuées pieu par pieu, ils mesurent, pour la plupart, plus d'un mètre (1m30 à 1m50 pour certains). (Relevé : annexe 6b, p.106 ; photo : annexe 6c p. 112) ;

- pc07 : ensemble de 29 pieux en amont à gauche de la passerelle de la Canardière, alignés le long de la berge. Ils sont en très mauvais état et mesurent tous moins d'un mètre. (Relevé : annexe 6b, p.107 ; photo : annexe 6c p. 112) ;

- pc08 : ensemble de 25 pieux à droite en amont de la passerelle de la canardière. Ce sont de petits pieux (moins d'un mètre) en très mauvais état, disposés de manière assez irrégulière contre la berge, et non alignés. (Relevé : annexe 6b, p.107 ; photo : annexe 6c p. 112) ;
- pc09 : ensemble de 50 pieux à droite en aval de la passerelle, très dégradés, mesurant moins d'un mètre. Ils sont alignés et suivent la courbe de la berge. (Relevé : annexe 6b, p.108 ; photo : annexe 6c p. 113) ;
- pc10 : ensemble d'une soixantaine de pieux à gauche en aval de la passerelle. En très mauvais état, mais mieux conservés que ceux du côté droit. Ils sont alignés le long de la courbe de la berge. (Relevé : annexe 6b, p.108 ; photo : annexe 6c p. 113) ;
- pc11 : ensemble d'une quarantaine de pieux à gauche dans le grand canal. (Relevé : annexe 6b, p.109 ; photo : annexe 6c p. 113) ;
- pc12 : ensemble de pieux (environ 80) à droite dans le grand canal. Relevé : annexe 6b, p.109 ; photo : annexe 6c p. 113).

4.3.3 Résultats

Pour tous les pieux, les nœuds du bois et des départs de branche sont encore visibles. Ces pieux sont en fait des branches épaisses grossièrement nettoyées, aux calibres très aléatoires.

Deux catégories d'ensembles de pieux :

- Des ensembles de pieux, alignés ou non, dont le rôle est bien de maintenir la berge : pc01, pc05, pc06, pc07, pc08, pc09, pc10, pc11, pc12 ;
- Des ensembles de pieux isolés ou par deux, de planches, donc l'usage est difficile à déterminer, vu l'aspect partiel des structures observées : pc02, pc03, pc04. Ils sont peut-être associés à des éléments de calage en pierre, voire maçonnés. Ils sont situés à la hauteur de la Guillonnière.

Pendant la mission, plus de 450 pieux ont été observés, en aval de la passerelle des Triages. Il doit également exister d'autres ensembles de pieux en amont de la passerelle des Triages.

Ces pieux ont été disposés dans le Cosson pour le maintien de la berge dans les années 80. Leur observation a permis de constater leur niveau d'usure très différent en fonction de leur localisation. Par exemple, les ensembles de pieux situés au niveau de la Canardière sont particulièrement rongés.

4.3.4 Conclusions

Les leçons à retenir

Le contexte aquatique aurait nécessité une meilleure préparation, notamment un repérage plus précis sur le terrain pour la personne chargée de la mission. Les informations n'étaient pas suffisantes pour mener de manière systématique et régulière l'opération. Mais il fallait agir rapidement pour relever les pieux avant la remise en haut du Cosson.

Les conditions du relevé GPS n'étaient pas assez bonnes pour obtenir la localisation précise de chaque pieu. Si dans certains cas, la précision est à 10 centimètres près, on note parfois un décalage d'un mètre, dû le plus souvent aux broussailles impénétrables qui envahissent les bords du Cosson.

Ces obstacles permettent de mieux comprendre l'aspect de la cartographie finale. Les points ont néanmoins été retraités en correction différentielle pour mieux refléter leur alignement le long de la berge.

Perspectives

Nous attirons l'attention sur des écroulements de berges, sans doute causés par les animaux, notamment les sangliers, sur les berges : en glissant dans l'eau depuis la berge, ou se ménageant des souilles au niveau de l'eau, ils créent de gros éboulements. L'ensablement qui en résulte dans le lit de la rivière pourrait à terme bloquer l'écoulement de l'eau. L'usure des pieux pourrait également compromettre leur rôle de maintien des berges.

4.4 Prospections géophysiques en forêt de Russy

Lors de la rédaction du rapport de 2015, nous avions proposé de mettre en place une série de prospections géophysiques sur au moins un habitat afin d'avoir une image des structures en creux à mettre en relation avec les structures en élévation. Nous espérions ainsi une augmentation de nos connaissances sur quelques sites choisis. A cet effet, l'année 2016 a été l'occasion de mettre en place des acquisitions géophysiques sur deux structures catégorisées comme « habitat » (H68 et H113 en forêt de Russy) et sur une suite de talus (parcelle 112) (fig. 19).

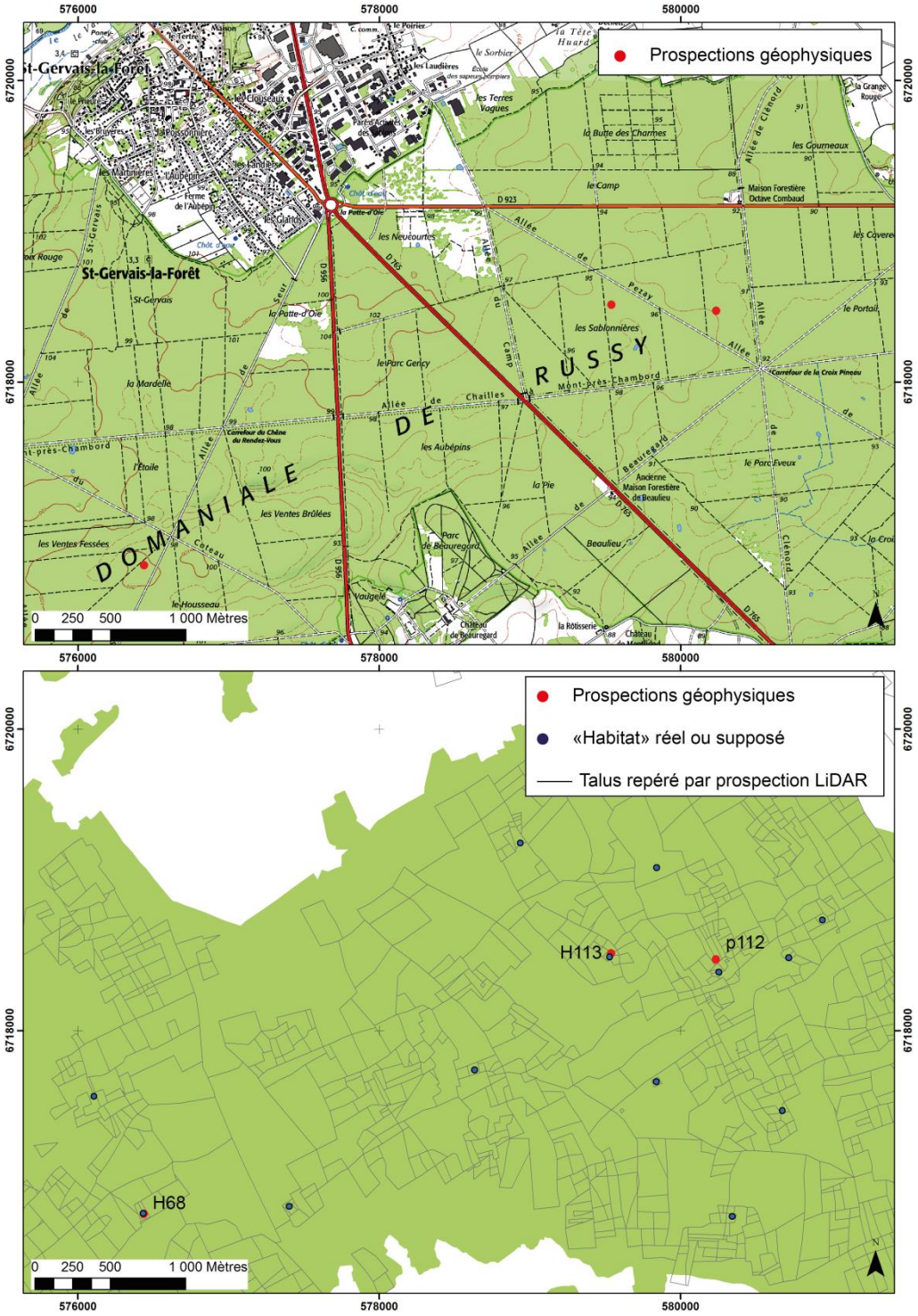


Figure 19. Localisation des prospections géophysiques menées en forêt de Russy (C. Laplaige, 2016 © IGN)

Une prospection magnétique a donc été mise en œuvre avec un dispositif utilisé depuis plusieurs années par certains membres de l'équipe. Le carroyage nécessaire à l'implantation des modules de prospection a été implanté au décamètre et symbolisé par des piquets. Les coordonnées exactes de ces derniers ont été relevées au GPS à correction différentielle, autorisant une précision planimétrique inframétrique.

4.4.1 Mode opératoire : la prospection magnétique

Du 14 au 18 mars 2016, 1.5 ha ont été prospectés à l'aide d'un double gradiomètre Bartington Grad-601 en 3 secteurs distincts (fig. 19). Le premier, à l'Est, divisé en 6 blocs de 20 x 20m (parcelle 112), le second, au centre, en 18 blocs de 20 x 20m (parcelles 113) et un troisième, à l'Ouest, subdivisé en 6 blocs de 20 x 20m (parcelle 68). Cette subdivision en petits modules est rendue obligatoire car le couvert végétal, parfois dense, empêche les acquisitions sur de grands profils.

L'appareil mesure le gradient de la composante verticale du champ magnétique terrestre. Cette dernière a été effectuée tous les 25 cm le long de profils espacés d'un mètre. Le gradiomètre Grad 601- 2 construit par la firme anglaise Bartington enregistre simultanément, grâce à deux paires de capteurs de type fluxgate, deux profils de mesures en un seul passage sur le terrain, ce qui réduit de moitié le temps d'acquisition des données. Les profils de mesures ont été acquis sur des grilles modulaires de 20 x 20m avec une résolution de 0.03 nanotesla par mètre (nT/m) dans la gamme 100 nT/m.

4.4.2 Principe

Les prospections magnétiques mesurent un ensemble de phénomènes dépendant du champ magnétique terrestre (CMT). Cette méthode est dite sans contrôle de source puisqu'elle utilise le champ magnétique existant à l'état naturel. Ce champ possède trois origines. Une origine interne, assimilable à un champ dipolaire aussi appelé champ de Gauss, avec actuellement une orientation décalée de 11,5° par rapport à l'axe de rotation de la Terre. Une origine externe, conséquence des courants électriques parcourant la haute atmosphère et des tempêtes magnétiques provoquées par les particules émises par le soleil. Enfin, ce qui va nous intéresser dans le cadre des prospections magnétiques appliquées à l'archéologie, les perturbations dues à la présence d'anomalies géologiques ou anthropiques. L'intensité de ces anomalies est de l'ordre de quelques dizaines de nanotesla (nT) alors que le champ magnétique terrestre est de l'ordre de 46700 nT aux latitudes de la France.

4.4.3 Traitement des données

Les données brutes de prospection magnétique nécessitent de nombreux traitements afin d'être plus aisément interprétables. Elles sont d'abord reéchantillonnées le long de chaque profil à partir du pas initial de mesure puis réinterpolées en maille carrée entre les profils grâce à une triangulation. Les valeurs aberrantes sont éliminées à partir d'un filtrage par la médiane de dimension 3 x 3 pixels avec un seuil de filtre égal à + ou - 7 nt/m par rapport à la médiane. Les différences entre profils, dues à l'orientation des capteurs ainsi qu'à leur bruit de fond, sont éliminées à partir d'un délignage par une constante, souvent entre +5 et -5 nT/m. Enfin, une fonction de défestonnage permet de limiter l'effet de distorsion apparu dans la forme des anomalies et induit par des lignes de marche effectuées alternativement en sens aller-retour. Tous ces traitements sont effectués grâce au logiciel *WUMAP.* Par la suite, afin de simplifier la lecture et faire fi des anomalies ponctuelles, une simulation du champ magnétique total à 50 cm ou un prolongement vers le haut sont mis en place (Laplaige, 2012)

4.4.4 Présentation générale des résultats

Les résultats des prospections sont présentés sur les figures suivantes (fig. 20, 21 et 22). Les anomalies positives du gradient magnétique (en noir) correspondent à des structures en creux, type fosse, silo (Scollar, 2009) alors que les anomalies négatives (en blanc) correspondent aux structures construites ou aux matériaux faiblement poreux. Les anomalies bipolaires (à la fois noir et blanc) matérialisent les structures de combustions (fours, foyers) mais aussi avec la présence de ferrailles

erratiques dont l'origine n'est pas nécessairement archéologique (cartouches, clous, etc.) (Ernenwein and Hargrave; Scollar, 1962).

D'une manière générale, le terrain peut être considéré comme « propre », c'est-à-dire que l'on observe assez peu d'anomalies bipolaires pouvant provenir de pollution moderne. Cette quasi absence de pollution nous permet de présenter des cartes du gradient de la composante verticale du CMT avec une dilatation du signal importante, révélant par la même les structures les plus ténues.

4.4.4.1 Parcelle 112

L'accès à ce secteur, riche en vestiges formés par des talus, a été l'occasion de mettre en place une coupe transversale de 3 talus le long d'un chemin d'exploitation. L'analyse des données microtopographiques présentés sur la figure 20 nous permet d'identifier une série de talus recoupés par 3 chemins d'exploitations et un peu moins de 10 sentiers.

L'analyse des données magnétique fournit quant à elle assez peu d'informations. On peut noter que certains sentiers provoquent de légères anomalies négatives et positives, conséquence probable de phénomènes de tassement ou de recouvrement. Le reste des anomalies détectées ne semble pas présenter de structuration particulière et n'est donc pas interprétable. On peut cependant noter l'absence de structures en creux associées aux talus.

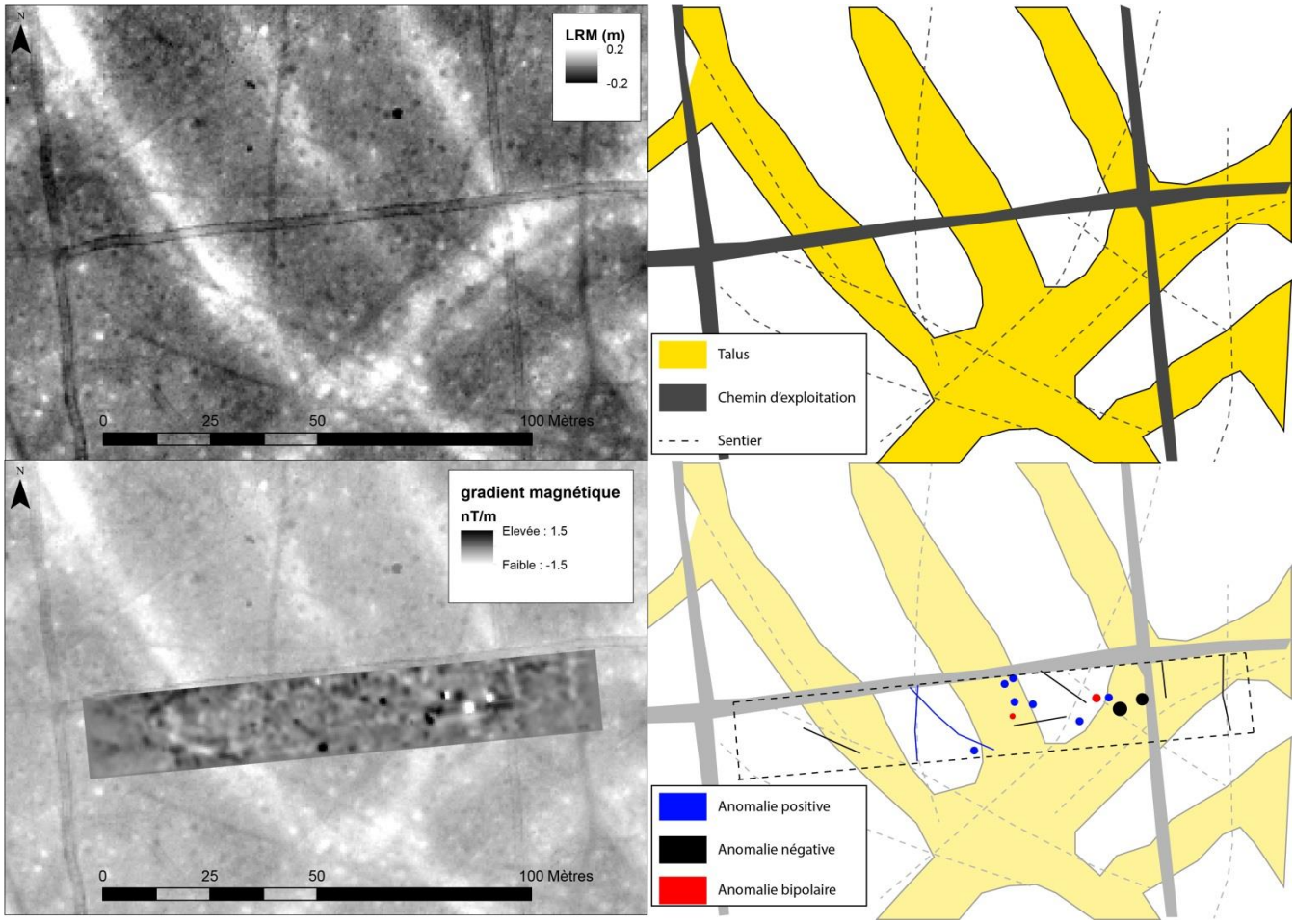


Figure 20. Vineuil (41). Parcelle Russy 112. Présentation des variations de la microtopographie, du gradient magnétique et schéma d'interprétation (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR)

4.4.4.2 Parcelle 68

Cet ensemble est situé à l'ouest de la forêt de Russy et a été découvert par Louis Magiorani. L'analyse des données microtopographiques présentés sur la figure 21 nous permet d'identifier un ensemble de talus formant, grossièrement, deux rectangles d'environ 60 x 50m et 60 x 25m. Une élévation de 25 x 10m est visible au centre du plus grand rectangle (1). Ces talus sont recoupés par, principalement, un chemin d'exploitation. La petite forme carrée de 6 mètres de côté correspond aux bords d'une dépression d'origine inconnue (effondrement karstique, puit ?).

L'analyse des données magnétique fournit, là encore, peu d'informations. On peut cependant noter que la dépression notée (1) correspond à une anomalie négative, pouvant suggérer la présence d'un amas de matériaux « en dur » à cet endroit. On peut aussi observer un alignement d'anomalies positives du gradient magnétique (2), pouvant suggérer un quelconque aménagement. Il est cependant difficile d'établir un lien clair entre cette structure et les variations microtopographiques visible, rendant toute tentative d'interprétation hasardeuse.

Enfin, on peut toujours noter l'absence de structures en creux associées aux talus.

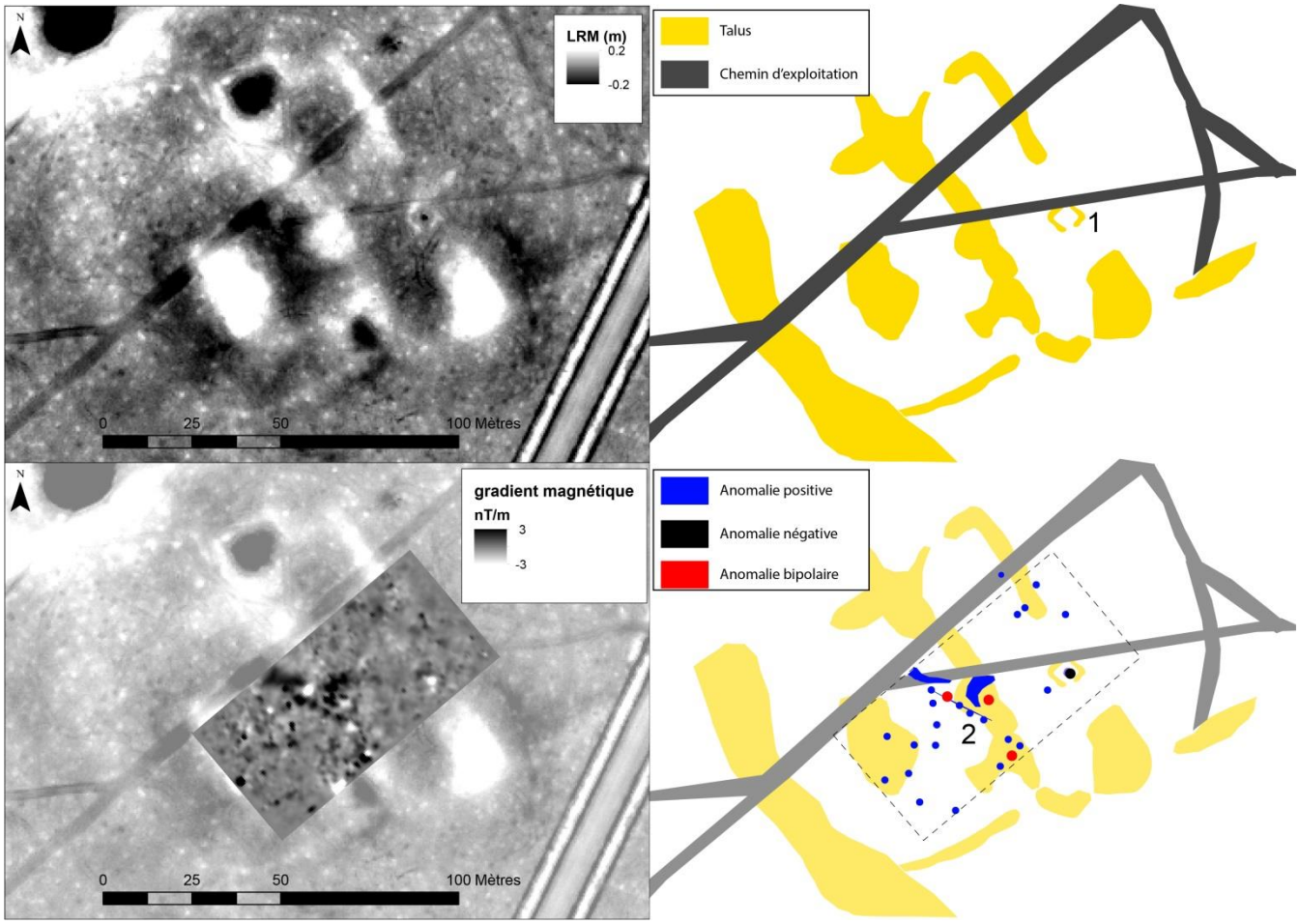


Figure 21. Celettes (41). Parcelle Russy 68. Présentation des variations de la microtopographie, du gradient magnétique et schéma d'interprétation (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR)

4.4.4.3 Parcelle 113

Cette parcelle est située sur la commune de Vineuil et à proximité des talus de la parcelle 112. Elle a fait l'objet de la prospection magnétique la plus étendue, d'une surface avoisinant les 0.8 ha.

L'analyse des données microtopographiques présentés sur la figure 22 nous permet d'identifier une série de talus formant un rectangle de 50 x 90m (1) dans lequel s'inscrit un autre rectangle de 35 x 45m (2). On peut d'ailleurs noter la présence d'une élévation ponctuelle mesurant 8 x 10m au sein de ce dernier (3). Enfin, un long talus comprenant des branches perpendiculaires est relié à ce système (4).

Ce système est recoupé par une série de talus et de fossés, eux même surmontés par les chemins d'exploitations actuels. Cette configuration à trois trames superposées est extrêmement classique dans notre zone d'étude.

L'analyse des données magnétique fournit, de nouveau, peu d'informations. On peut cependant noter que le talus du rectangle (2) semble assez bruité. Il est toutefois impossible d'en proposer une raison robuste et documentée (variation topographique, dépôt de matériel ?). Une série de linéaments diamagnétiques (5) est observable au NE de la prospection. Il est cependant difficile d'établir un lien clair entre cette structure et les variations microtopographiques visible, rendant toute tentative d'interprétation hasardeuse.

Enfin, on peut toujours noter l'absence de structures en creux associées aux talus.

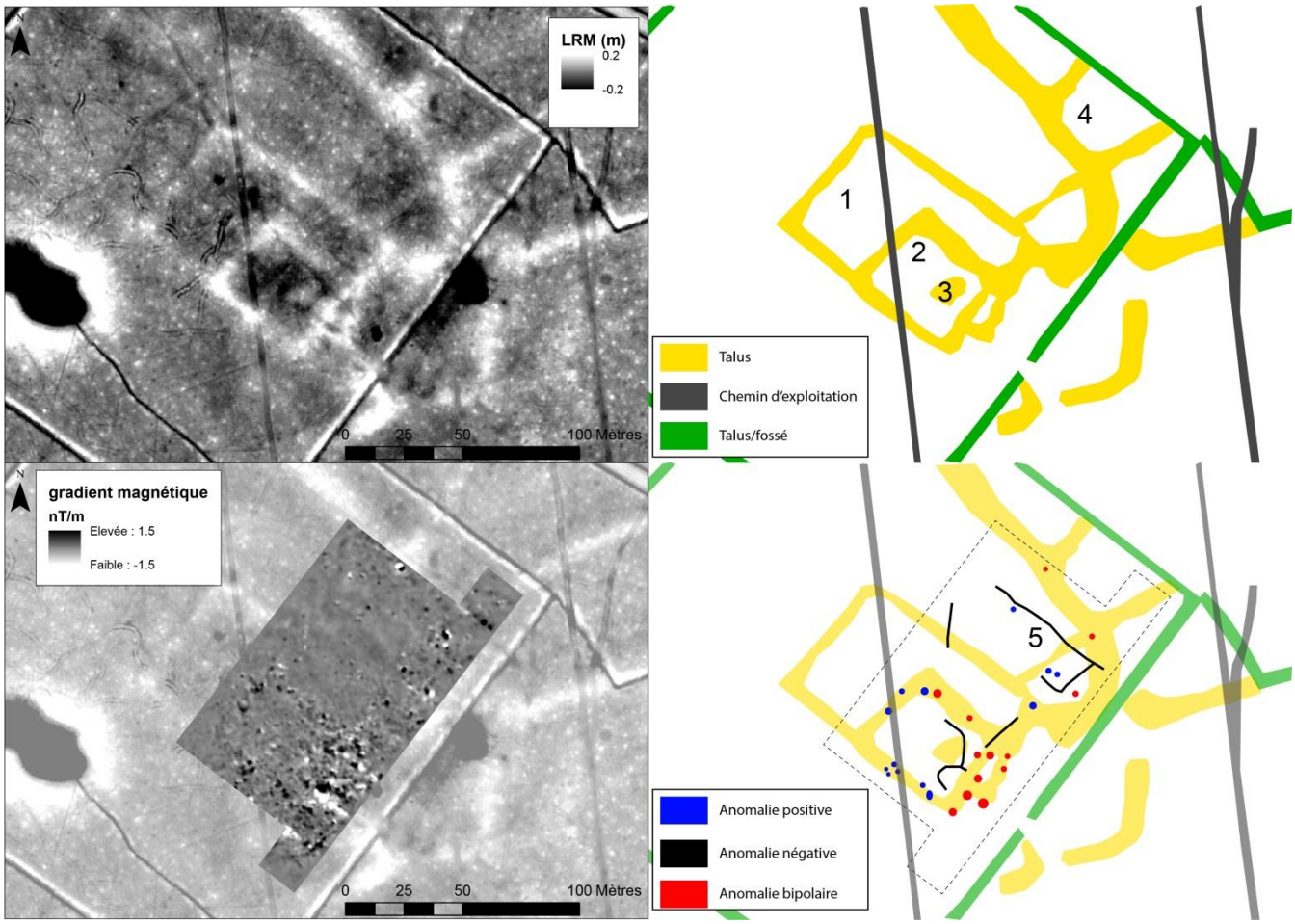


Figure 22. Vineuil (41). Parcelle Russy 113. Présentation des variations de la microtopographie, du gradient magnétique et schéma d'interprétation (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR)

4.4.5 Conclusion

Les campagnes d'acquisition géophysique menées durant une semaine ont fourni des résultats très limités. L'efficience de la prospection magnétique en milieu forestier ainsi que la qualité des données suggèrent que les faibles résultats ne proviennent d'une panne instrumentale ou d'une erreur de protocole. Il est bien plus probable que les bâtiments recherchés aient été en structure non pérenne, laissant peu de vestiges susceptibles de modifier le Champ magnétique terrestre. Une information nous est cependant fournie par toutes ces acquisitions, c'est le fait qu'il n'existe pas de fossé associé à la trame talus, suggérant ici une mise en place progressive de ces structures via, nous le supposons et espérons le démontrer en 2017, formation de crêtes de labour.

4.5 *Tertres, buttes, tumulus* et autres *anomalies ponctuelles positives* en forêts de Chambord, Boulogne et Russy : esquisse d'une approche géohistorique

Cette première approche, proposée par R. Angevin et V. Schemmama, dresse un état des lieux quant à l'étude de ces objets et sera complétée en 2017 par une analyse spatiale plus fine.

4.5.1 Un état de la question

De par leur ampleur – près de 25 000 ha –, les massifs forestiers de Blois, Russy, Chambord et Boulogne ont favorisé la préservation de riches témoignages d'occupation humaine, parmi lesquels nous retrouvons de nombreux *tertres*, *buttes* et *tumulus* qui font l'objet de la présente contribution. Ces anomalies du relief, parfois extrêmement marquées dans le paysage, ont très tôt suscité l'intérêt des érudits et des savants : dès la fin du XIX^{e} s., Julien BARRE DE SAINT-VENANT, inspecteur des Eaux et Forêts, explora le massif de Boulogne, reconnaissant 19 tertres dans sa partie orientale et fouillant deux grands tumulus dont l'exploration se révéla toutefois décevante : seuls quelques vestiges de cendres et d'os brûlés furent mis au jour. Une statuette en terre blanche gallo-romaine fut toutefois découverte sur l'un d'entre eux, témoignant à tout le moins d'une (ré)utilisation antique de ces structures (Saint-Venant, 1892) ; travaux mentionnés dans (Florance, 1926)). En 1919, Ernest-Camille FLORANCE, président de la Société d'Histoire naturelle et d'Anthropologie de Loir-et-Cher, effectua un recensement départemental de ces *tertres*, sur le fondement de plans et d'inventaires inédits de J. BARRE DE SAINT-VENANT (Florance, 1919). Son goût prononcé pour les antiquités celtiques le conduisit à dater de la *période gauloise* de nombreux vestiges en relief qu'il interpréta comme des *camps*, des *enceintes* ou encore des *tumulus*. Quatre monuments retinrent particulièrement son attention : il s'agissait de la « butte de Montbénard », de celle de La Ferté, à 300 m. à l'est, du tumulus du « Carrefour du roi de Pologne » et de celui de « Fontaine-Vieille », à la lisière de la forêt de Boulogne (Florance, 1926 : 598). Plus récemment, depuis 2002, L. MAGIORANI poursuivit et approfondit cette enquête, dans le cadre d'une démarche d'inventaire systématique du patrimoine archéologique des forêts de Boulogne, Chambord et Russy (Magiorani, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008).

En dépit de cet intérêt précoce, aucune analyse spatiale à grande échelle de ces structures n'avait été entreprise avant l'engagement en 2013 du programme collectif de recherche dans lequel s'intègre ce travail. Initialement, cette thématique ne constituait d'ailleurs qu'un questionnement connexe d'une démarche plus vaste qui souhaite étudier les formes diachroniques de l'occupation du sol dans ce secteur. Dans ce contexte, nous avons soumis le projet d'élaborer une première grille de lecture de ces vestiges, dans la perspective de leur examen systématique, préalable à une recherche universitaire plus nourrie. Cet objet d'étude singulier – qui ouvrait en réalité un vaste champ à l'analyse, tant il dépassait dans les faits le seul problème funéraire – nous semblait en effet

constituer un point d'observation intéressant pour saisir, dans la longue durée, les modalités et les rythmes de la mise en valeur de ce territoire, tardivement conquis par la forêt. Dans la suite de notre propos, nous essayerons donc de préciser le potentiel et les limites d'une telle approche, sur le fondement des données LIDAR obtenues mais aussi des résultats de travaux récents sur ce sujet.

4.5.2 Premières impressions, premiers problèmes

Les levés LIDAR réalisés au cours de l'hiver 2014-2015 ont permis de recenser 246 *tertres* ou *anomalies ponctuelles positives* : cinq ont été identifiés en forêt de Blois, six dans la plaine alluviale de la Loire, 35 en forêt de Russy, deux sur les terrains agricoles de Huisseau-sur-Cosson et Mont-Près-Chambord et 198 en forêts de Boulogne et Chambord (fig. 23). Au sein de ces deux massifs précisément, la prospection laser aéroportée a permis d'enrichir sensiblement le corpus de sites et indices de sites initialement établi par L. Magiorani dans le secteur, puisqu'une *soixantaine* de microreliefs seulement avait pu être inventoriés en forêt de Boulogne (58), auxquels s'ajoutaient 19 buttes et *tumulus* au sein du domaine de Chambord (Magiorani 2002-2008). Au regard de cette discordance, un premier constat méthodologique semble donc s'imposer : en dépit de prospections pédestres systématiques et particulièrement rigoureuses, il apparaît qu'une part significative des microreliefs ponctuels présents sous couvert forestier se révèle particulièrement rétive à la détection de surface, du fait des nombreuses perturbations induites par la dense couverture végétale[1], l'érosion des sols et les variations topographiques des terrains.

Les anomalies relevées renvoient, dans les faits, à des réalités archéologiques très différentes : certaines, parfois signalées dans la bibliographie régionale, correspondent sans ambiguïté à des tumulus de grande taille, au sein desquels peuvent subsister des « cratères » plus ou moins invasifs témoignant de fouilles anciennes ; d'autres, plus discrètes, traduisent des bombements circulaires à peine visibles dans le paysage, attestant d'aménagements ponctuels, de nature agricole ou forestière ; quelques microreliefs enfin trahissent la présence d'anomalies naturelles qui éclaire l'érosion différentielle du substrat local, et notamment des terrasses anciennes de la Loire et de ses tributaires (buttes-témoins, « montilles » du lit majeur, etc.).

Dans ce contexte, il est évident que tous les points répertoriés à l'occasion du traitement des données LIDAR ne peuvent être exclusivement interprétés comme des *tertres* funéraires, en l'absence de toute démarche de caractérisation plus fine visant à confirmer – ou infirmer – leur destination. Sous cet aspect, il est intéressant de rappeler qu'une telle interrogation s'était fait jour dès 2002 à l'occasion des premières campagnes de prospection systématique de L. Magiorani : un sondage-test d'un mètre carré avait ainsi été réalisé en mars 2004 au centre de l'un des plus volumineux de ces tertres, avec le concours du Service régional de l'archéologie du Centre. Le mobilier mis au jour au sein d'un niveau de sol riche en matières organiques (cendres, charbon de bois, etc.) avait alors été rapporté sans risque au XIX^{e} s., illustrant la vocation forestière de cet aménagement (charbonnière) et écartant de fait toute attribution protohistorique.

Partant, il est évident que tout essai d'analyse de la répartition spatiale de ces vestiges ne peut se fonder que sur une approche systémique combinant étroitement examen de leur morphologie,

[1]En hiver, la présence d'une épaisse couche de feuilles au sol induit un effet de texture qui estompe les reliefs et rend plus délicat leur repérage. En outre, certaines anomalies, correspondant à une variation de quelques centimètres de hauteur, ne sont perceptibles que dans certaines conditions de luminosité.

définition de leur fonction et clarification de leur chronologie. Ces réalités restent pourtant difficiles à appréhender à une échelle globale : il est impossible, en effet, de vérifier de manière systématique l'attribution de chacune de ces anomalies, alors même que les terrains concernés restent souvent difficiles d'accès. Des campagnes de sondage ciblées, réalisées sur certaines concentrations parfaitement circonscrites, permettraient sans doute de clarifier un certain nombre de situations locales, sans lever toutefois l'ensemble de ces ambiguïtés. Car la définition même de ces concentrations pose problème : devons-nous considérer, pour les définir, le seul paramètre de densité afin de regrouper, en dernière instance, l'ensemble des microreliefs présents dans un secteur précis ? Ou devons-nous intégrer d'autres critères de convergence, d'ordre structurel par exemple ? Sous ce regard, une classification hiérarchique des anomalies, en fonction de leur diamètre ou du volume de terre rapportée, se heurterait logiquement à d'évidentes contraintes taphonomiques difficiles, dans les faits, à évaluer et à calibrer (érosion des sols, emprunts ponctuels de matériaux, etc.).

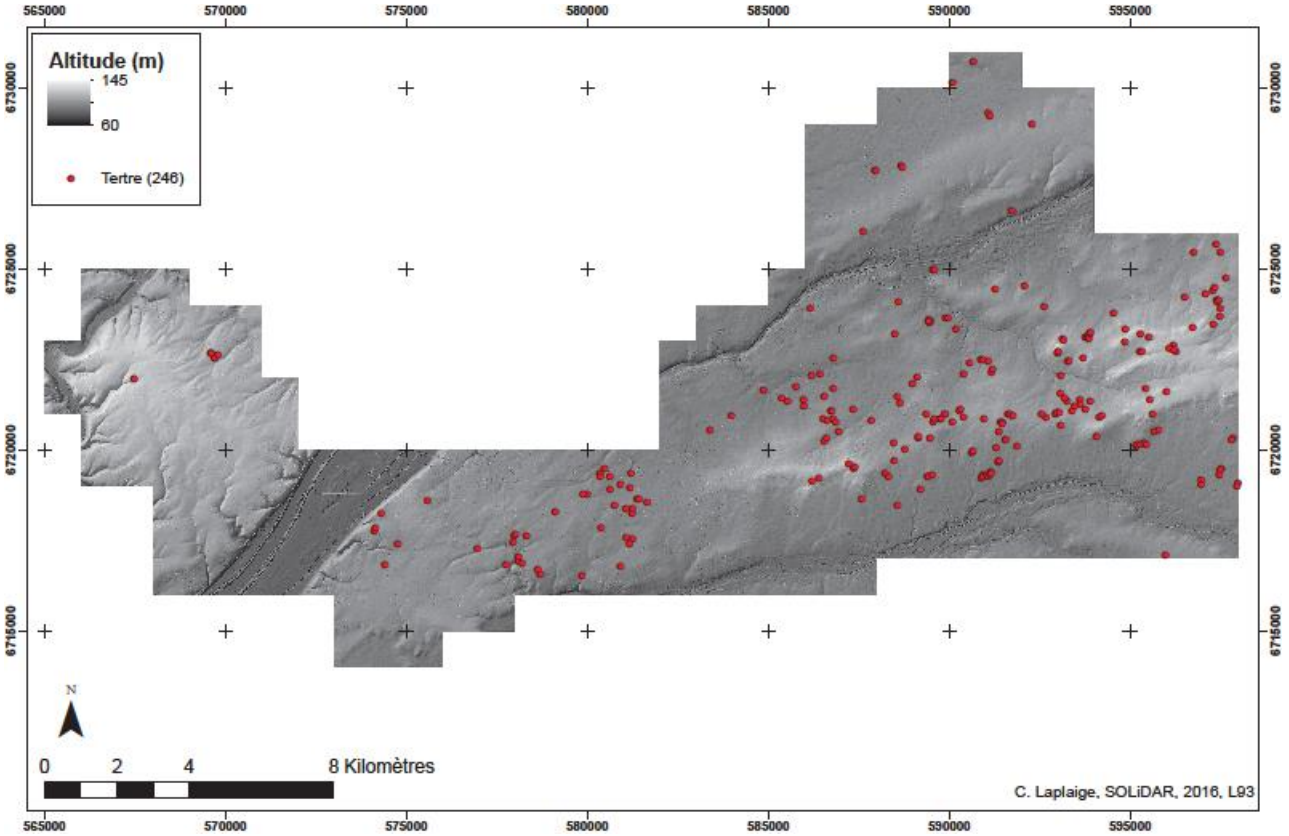


Figure 23. Localisation des anomalies ponctuelles positives dans la zone d'étude (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR)

4.5.3 Les fondements d'une sériation

Les travaux réalisés ces vingt dernières années dans le cadre de prospections laser aéroportées ont soulevé avec pertinence l'ensemble de ces interrogations. Dans les faits, les opérations les plus probantes se sont révélées celles combinant étroitement interventions au sol et analyse globale des acquisitions LIDAR, soit dans le cadre du réexamen critique de données anciennement acquises (fouille des tumulus de la forêt de Haguenau, Bas-Rhin par X. Nessel : (Abert et al., 2010; Schaeffer, 1926, 1930); nécropoles protohistoriques d'Aulnay-aux-Planches, Marne : (Brisson and Hatt, 1953)), soit à la faveur de programmes thématiques de vaste ampleur (tertres du Cézallier et de la Planèze de Saint-Flour, Cantal : (Delrieu and Milcent, 2006; Wassong, 2015)). Ces opérations ont livré des

cadres de classement très similaires, parvenant – plus ou moins efficacement – à se départir des limites taphonomiques, chronologiques et fonctionnelles que nous avons évoquées *supra*. Tous se rejoignent ainsi sur la définition de vastes complexes morpho-dimensionnels, fondés pour l'essentiel sur le diamètre au sol et la hauteur préservée des tertres. *In fine, leur* formulation débouche sur la proposition de grandes familles fonctionnelles (*tertres* funéraires avérés, *tertres* funéraire potentiels, microreliefs d'origine naturelle ou anthropique, sans fonction funéraire), à la suite de l'intégration des résultats – plus ou moins fiables – des explorations antérieures.

Cette adéquation postulée entre *forme* et *fonction* pose toutefois plus de problèmes qu'elle n'en résout : si une telle assertion peut statistiquement apparaître valide aux extrêmes – dans les faits, les anomalies les plus marquées dans le paysage se révèlent bien souvent et sans trop de risque les vestiges de *tumulus* protohistoriques de grande ampleur[2] –, elle ne rend que difficilement compte de la variété du spectre observé. Bien plus, elle induit d'évidentes confusions entre des individus de morphologie proche, en sous-tendant notamment une stricte normalisation des sépultures au sein des nécropoles tumulaires. De ce point de vue, l'analyse conduite par P.-Y. Milcent dans le cadre de sa thèse de doctorat sur les ensembles funéraires du Premier âge du Fer en France centrale a parfaitement mis en évidence la diversité des sépultures protohistoriques, tant du point de vue de l'architecture des tombes que de la nature du viatique funéraire mis au jour, notamment en Sologne (Milcent, 2004). Dès lors, il apparaît délicat de ne retenir, dans un essai de sériation strict, que les reliefs les plus marqués pour déterminer la présence d'ensembles tumulaires.

Ce dernier point se révèle d'autant plus critique que les nécropoles considérées affectent, bien souvent, une géographie assez lâche qui ne tient que partiellement compte de grands principes régulateurs. En dépit de ce constat, quelques tendances peuvent être énoncées quant à l'organisation et à l'évolution de ces ensembles. Les données disponibles, en Sologne ou en forêt d'Orléans par exemple, révèlent qu'un *tumulus* n'est que rarement isolé au sein d'un terroir, et ce quelle que soit sa taille, sa position ou sa datation. Dans ce contexte, l'agencement spatial des *tertres* au sein d'une nécropole peut prendre différentes formes : dans la plupart des cas, les monuments sont édifiés autour d'un point central correspondant le plus souvent à une tombe *fondatrice*, de plus grande ampleur que les sépultures satellites (Baccon, Bray-en-Val ou Lion-en-Sullias : Loiret). Dans un certain nombre d'occurrence, les *tertres* s'étirent toutefois, en « queue de comète », suivant un tracé rectiligne qui correspond bien souvent à un axe structurant dans le paysage (nécropole des « Tombelles » de Pierrefitte-sur-Sauldre, Loir-et-Cher, dont les sépultures s'égrènent le long de la terrasse alluviale dominant la Sauldre). Les zones funéraires sont alors implantées à distances régulières, sans réelle solution de continuité, en concentrations successives.

Dans la suite de notre propos et en miroir de ces rappels théoriques qui ne prétendent en aucun cas à l'exhaustivité, nous essayerons de dégager quelques tendances lourdes de l'organisation des *tertres* en forêts de Chambord, Boulogne et Russy, en omettant volontairement les attestations recensées en forêt de Blois ou dans le val de Loire, trop peu nombreuses pour être réellement signifiantes. Par la reconnaissance de certains schémas régulateurs, il sera alors possible de mettre en lumière

[2]Cette attribution ne peut toutefois être présentée comme systématique, comme le révèle le réexamen récent des travaux de L. De La Saussaye à Soings-en-Sologne (Loir-et-Cher). Ainsi, la *butte* du « Grand Montanjon », présentée à l'origine comme un tertre funéraire, s'est révélée, après retour sur le terrain, être le vestige parfaitement conservé d'une ancienne motte féodale (Angevin et Schemmama, *en cours*).

d'éventuelles formes de concentration de ces vestiges, en faisant fi d'une classification trop contraignante et en gardant à l'esprit leur importante variabilité.

4.5.4 Quelques clés d'analyse spatiale

A cet effet, nous avons ordonnés les 246 tertres répertoriés à l'occasion de cette opération en fonction de deux critères : le diamètre au sol tout d'abord ; l'élévation conservée ensuite. Pour le premier champ exploré, cinq classes ont été déterminées par seuils naturels. Les ensembles obtenus en fonction du diamètre au sol sont les suivants (fig. 24) :

- Classe 1 : tertres de diamètre inférieur à 7 m. (84 individus) ;
- Classe 2 : tertres de diamètre compris entre 7 et 12,3 m. (44 individus) ;
- Classe 3 : tertres de diamètre compris entre 12,5 et 19.5 m. (53 individus) ;
- Classe 4 : tertres de diamètre compris entre 19.8 et 28.5 m. (47 individus) ;
- Classe 5 : tertres de diamètre compris entre 30.5 et 45.5 m. (18 individus) ;

Si les catégories deux à quatre traduisent une dispersion peu ou prou homogène des anomalies répertoriées (mêmes effectifs pour des classes de diamètre sensiblement équivalentes), le dernier ensemble forme à l'évidence exception puisqu'il regroupe des individus de diamètre important, selon des morphologies qui peuvent toutefois varier de cinquante pourcent d'un extrême à l'autre. A cet égard, il nous faut signaler que l'individu présentant un diamètre de 45 m. apparaît comme extrêmement isolé au sein de ce corpus puisqu'il est le seul à affecter des dimensions au sol supérieures à 40 m. Une telle disparité se retrouve, avec plus d'acuité encore, en ce qui concerne l'élévation conservée de ces vestiges qui présentent une dispersion beaucoup moins aléatoire, en faveur des plus faibles hauteurs calculées – ce qui explique évidemment la croissance exponentielle de leur inventaire à l'occasion de cette campagne de levé LIDAR. Cet état de fait s'explique par une forte érosion des sols qui a considérablement atténué les reliefs d'origine. Dans ce cas précis, les anomalies ont été réparties hiérarchiquement de la manière suivante (fig. 25) :

- Classe 1 : *tertres* d'élévation inférieure à 0.3 m. (104 individus) ;
- Classe 2 : *tertres* d'élévation comprise entre 0.3 m. et 0.5 m. (86 individus) ;
- Classe 3 : *tertres* d'élévation comprise entre 0,6 m. et 0,8 m. (25 individus) ;
- Classe 4 : *tertres* d'élévation comprise entre 0,9 m. et 1.3 m. (24 individus) ;
- Classe 5 : *tertres* d'élévation comprise entre 1.4 m. et 2.5 m. (7 individus).

Sous ce regard, nous voyons bien que les *tertres* les plus marqués dans le paysage se révèlent très peu nombreux et qu'ils n'affectent jamais une morphologie très imposante, *a contrario* de nombreux tumulus recensés en Sologne ou dans le Loiret qui peuvent présenter, pour les plus massifs, une hauteur de 3 à 4 m. au-dessus des terrains environnants. Il est intéressant également de constater que les données fournies par le LiDAR s'écartent assez nettement de celles avancées au début du XX^{e} s. par E.-C. Florance qui évoquait la présence, en forêt de Boulogne, de *buttes* présentant une élévation de près de 4 m. En la matière, cette réalité – qui ne laisse inévitablement pas de surprendre, au regard de la différence observée – pourrait tenir soit à une importante érosion des sols, soit – plus sûrement – à une erreur de mesure, constat qui nous inviterait à relativiser quelques peu le corpus des données anciennement publiées. Quoi qu'il en soit, nous voyons bien que, dans leur très grande majorité, ces *tertres* ne peuvent efficacement être rapprochés de sépultures tumulaires, sur des critères strictement morphologiques en tout cas.

D'un point de vue géographique, plusieurs ensembles se dégagent toutefois de l'analyse des cartes de répartition. Au premier chef, il convient de signaler que les tertres de dimensions réduites se retrouvent en forte proportion à l'intérieur du domaine de Chambord, avec d'étonnants *effets de seuil* à la transition avec le massif de Boulogne au sud. Ils se retrouvent, dans des densités variables, en forêt de Russy, selon des gabarits plus massifs toutefois. Cet état de fait peut être rapproché de deux types d'activité : la première, agricole, renvoie aux pratiques d'épierrage des champs avant mise en culture ; la seconde, forestière, témoigne de l'intense exploitation des massifs, singulièrement à l'intérieur du domaine de Chambord après sa déduction de la forêt de Boulogne au XVI^{e} s. En second lieu, et si les tertres de grandes dimensions (diamètre) forment exception en forêt de Russy et sont totalement absents de la forêt de Blois, plusieurs concentrations se détachent en forêts de Boulogne et, dans une moindre mesure, de Chambord, faisant écho en cela aux découvertes anciennes (fig. 24 et 25). Au-delà, les *tertres* présentant la plus grande emprise au sol correspondent d'ailleurs, dans un tiers des cas, aux monuments les plus massifs, 65% d'entre eux ne conservant cependant qu'une faible élévation, ce qui témoigne de l'étalement – récent ? – de ces structures sous l'action des labours ou des circulations d'engins ; donnée qui permet de pondérer pour partie le résultat de l'analyse de leur dispersion en fonction de leur seul diamètre.

En miroir de ce constat, nous percevons donc qu'au moins six concentrations peuvent être circonscrites à l'intérieur des massifs de Chambord et Boulogne (fig. 24 et 25) :

1° La première, située dans le secteur du « Plémont » et de « L'Epinette », à l'est de Boulogne, regroupe neuf tertres de grandes dimensions implantés en chapelet sur la terrasse dominant un affluent en rive gauche du Cosson (commune de Dhuizon) ;

2° La deuxième, mise en évidence dans le secteur de « La Taille de Courbanton » et formée de neuf individus, forme l'extrémité orientale d'un vaste ensemble de quatre groupes de tertres qui s'étirent sur la terrasse formant la ligne de partage des eaux entre Beuvron et Cosson, parallèlement au ruisseau de Montfrault (commune de Neuvy) ;

3° La troisième correspond aux *buttes de Montbénard* découvertes en forêt de Boulogne à la fin du XIX^{e} s. par J. DE SAINT-VENANT (commune de Neuvy). Elle est constituée de cinq tumulus de grandes dimensions répartis de manière assez lâche suivant un axe rectiligne (fig. 26) ;

4° La quatrième, la plus vaste recensée avec 18 tertres dont 16 de grandes dimensions, forme une concentration elliptique, extrêmement dense en son centre, reconnue au nord de la précédente dans le secteur du « carrefour du roi de Pologne » et qui s'organise vraisemblablement autour du grand tumulus repéré par SAINT-VENANT et publié par FLORANCE en 1926 (commune de Neuvy ; fig. 26) ;

5° La cinquième, identifiée plus au nord, à proximité du château de Chambord et de la confluence entre le « ruisseau de Montfrault » et le Cosson, correspond à un ensemble de sept *tertres* disposés suivant un axe curviligne subparallèle au vallon auquel pourrait s'ajouter trois individus de grandes dimensions, implantées dans le couloir alluvial du Cosson, à 300 m. au nord et à l'ouest des précédents (commune de Chambord) ;

6° Enfin, une dernière concentration de neuf tertres, très dense, peut être mise en évidence à l'écart de l'axe défini par les précédentes dans la vallée du Beuvron, dans le secteur de « La Chauvinière », à la charnière des communes de Neuvy et Bracieux (fig. 26).

Il est intéressant de noter que ces concentrations dessinent, sans réelle solution de continuité, deux axes majeurs de dispersion : le premier, d'orientation N-0/S-E, relie les concentrations 2, 3, 4 et 5 et affecte un tracé parallèle au « ruisseau de Montfrault » jusqu'à sa confluence avec le Cosson qu'il rejoint à l'emplacement du château de Chambord et – donnée particulièrement intéressante – de l'ancien point de franchissement de la rivière, d'origine médiévale au moins ; le second, d'orientation N-E/S-O, apparaît subparallèle au Beuvron dans son cours aval et réunit les concentrations 1, 4 et 6. Sous cet aspect, ils forment des axes de communication naturelle entre les différents bassins versants de la Loire, du Cosson et du Beuvron – qui participent d'un même complexe géomorphologique – et évoluent pour une large part en position d'interfluve. S'ils ne sont pas répertoriés parmi les voies hypothétiques de l'antique cité des Carnutes, il conviendrait toutefois de s'interroger sur l'éventualité de leur existence comme chemins secondaires entre les agglomérations gallo-romaines de Blois et Neung-*Noviodunum* (?) – dont l'origine remonte à La Tène au moins (habitat aggloméré de plaine de « La Croupe » et *oppidum* de Neung) – pour le premier et, de manière moins convaincante, entre la voie reliant Orléans-*Cenabum* à Bourges-*Avaricum* et l'*oppidum* turon d'Amboise, via la vallée du Beuvron et Mosnes pour le second. Cette éventuelle articulation entre voies de passage et ensembles tumulaires – si cette dernière fonction et l'attribution chronologique qui la sous-tend, que nous formulons ici à titre d'hypothèse, venaient à être confirmées – nous apparaît comme une piste des plus fructueuses, tant elle fait écho à des situations déjà perçues dans la vallée du Rhin, au nord du domaine alpin ou dans le Massif central.

La convergence notée entre nécropoles protohistoriques et voies gallo-romaines dans ces régions ouvre en effet de passionnantes perspectives pour la recherche, tant du point de vue de la compréhension de l'organisation générale de ces ensembles, parfois dispersés sur plusieurs dizaines de kilomètres, que de leur ancrage chronologique, certains axes de communication ayant pu perdurer depuis le Premier âge du Fer – voire, dans certains cas, le Bronze moyen ou final – jusqu'au Bas-Empire au moins. C'est donc tout à la fois à la question de la pérennité des espaces funéraires mais aussi à celle des voies de circulation qu'une analyse plus précise des *tertres* répertoriés en forêts de Chambord, Boulogne et Russy devrait permettre répondre, dans le cadre d'une approche multiscalaire combinant *in fine* des réalités de très longue durée.

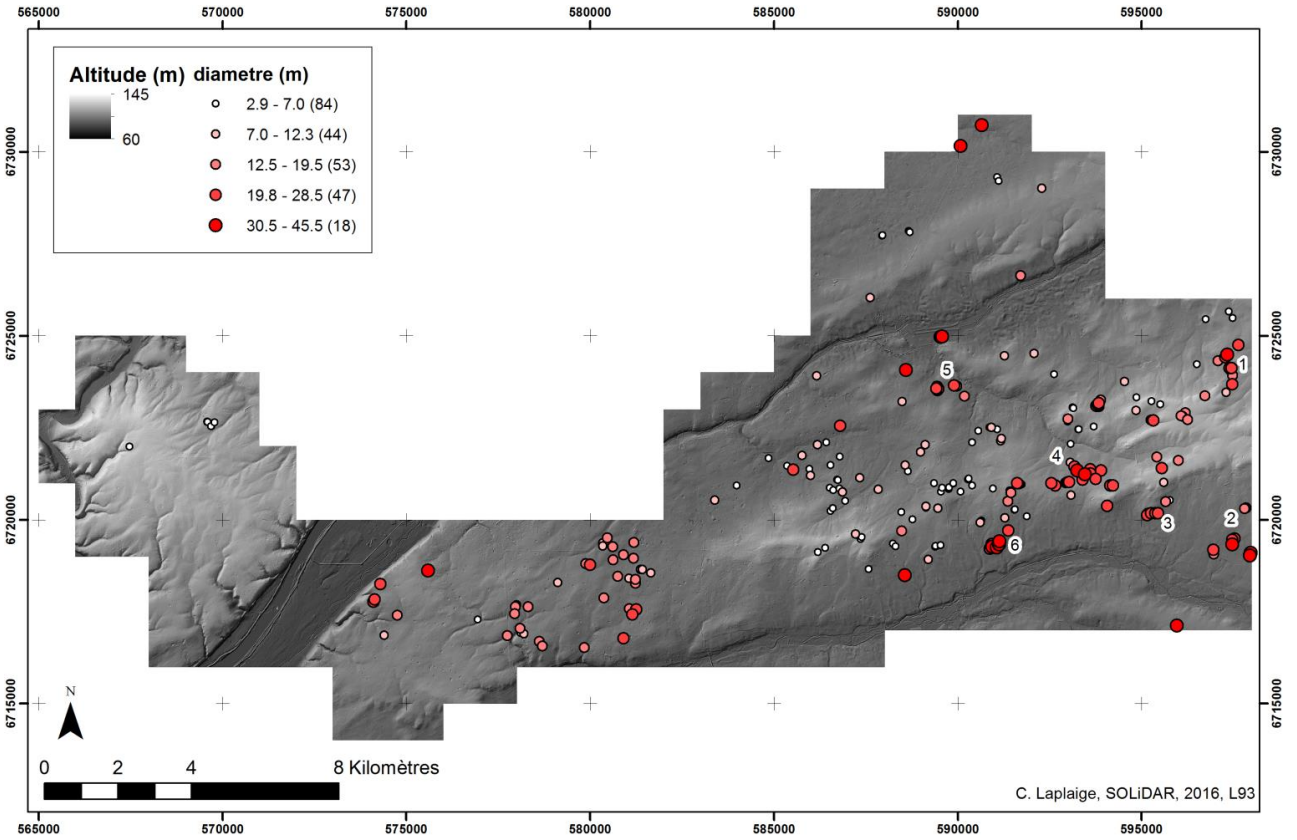


Figure 24. Localisation des tertres répartis en fonction de leur diamètre (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR)

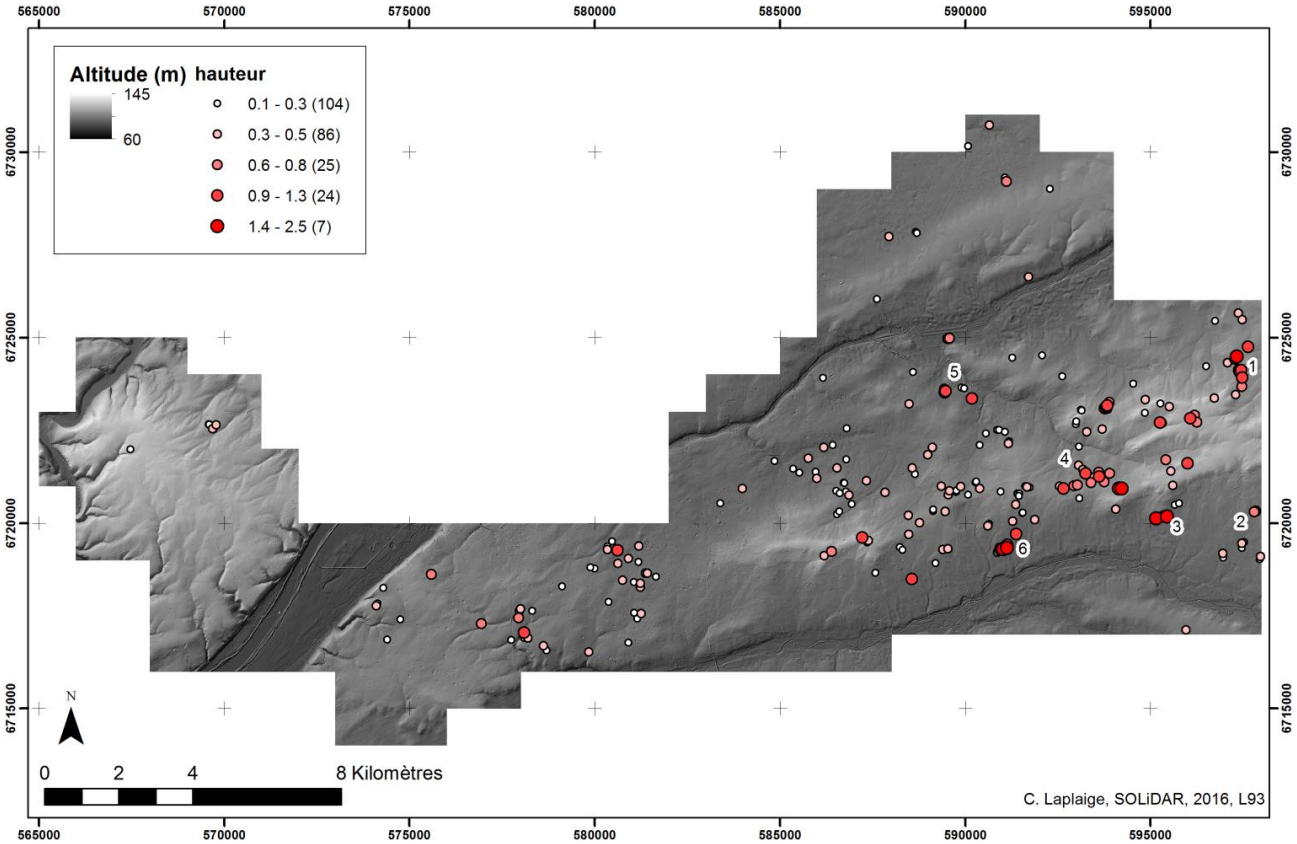


Figure 25. Localisation des tertres répartis en fonction de leur hauteur (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR)

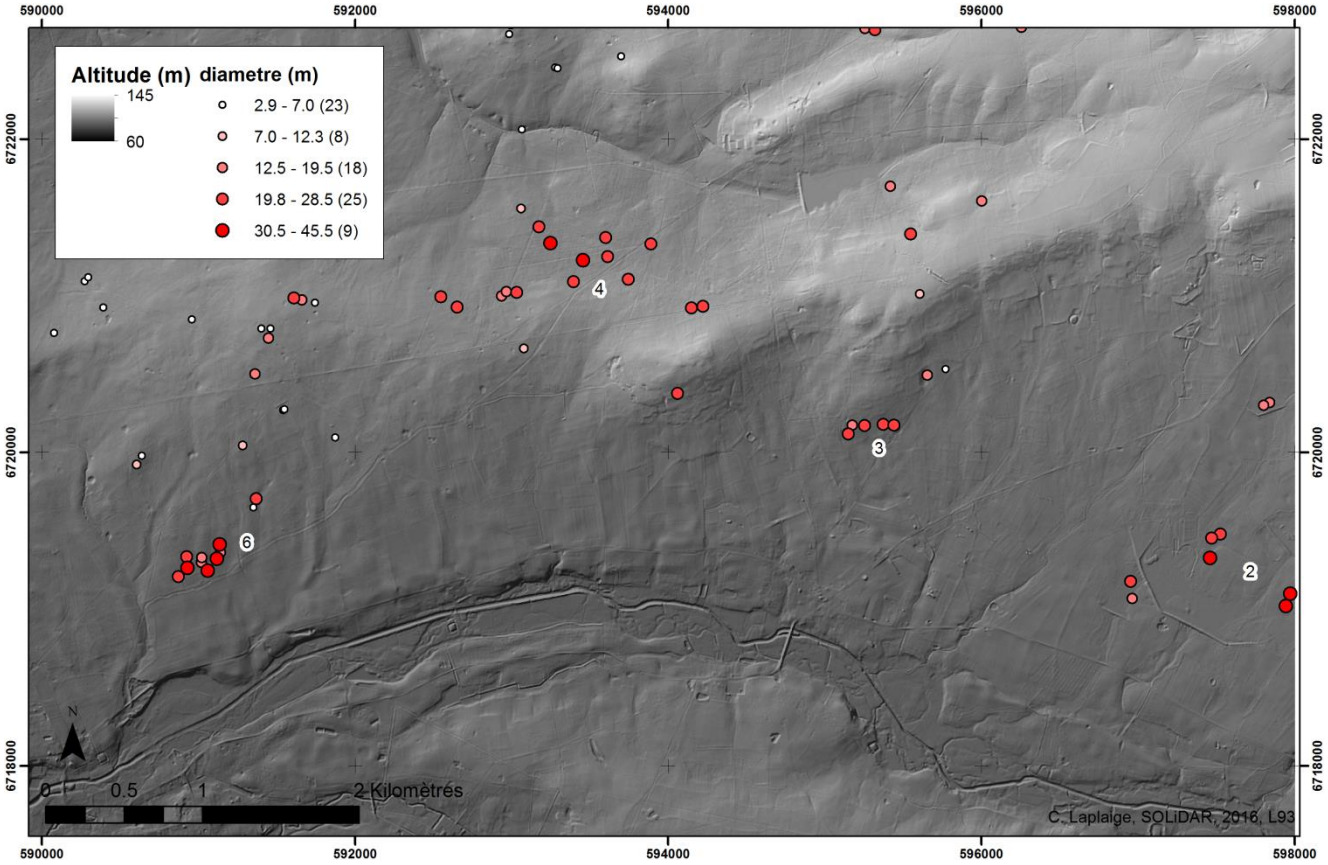


Figure 26. Vue de détail sur la commune de Neuvy. Localisation des tertres répartis en fonction de leur diamètre (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR)

4.6 Formes parcellaires anciennes

Comme indiqué dans la présentation des résultats, nous ne détaillerons pas les résultats des prospections pédestres menées durant les années 2015 et 2016, les analyses du mobilier devant se dérouler à partir de ce printemps. Nous souhaitons cependant synthétiser l'état de nos connaissances dans le but de proposer des opérations à mener pour l'année 2017.

Les premières analyses des données LiDAR ont montré qu'il existait, dans la zone d'étude, au moins trois trames parcellaire se superposant. La figure 27 est représentative de cette superposition que nous retrouvons dans la quasi-totalité des massifs de Blois, Russy, Boulogne et Chambord.

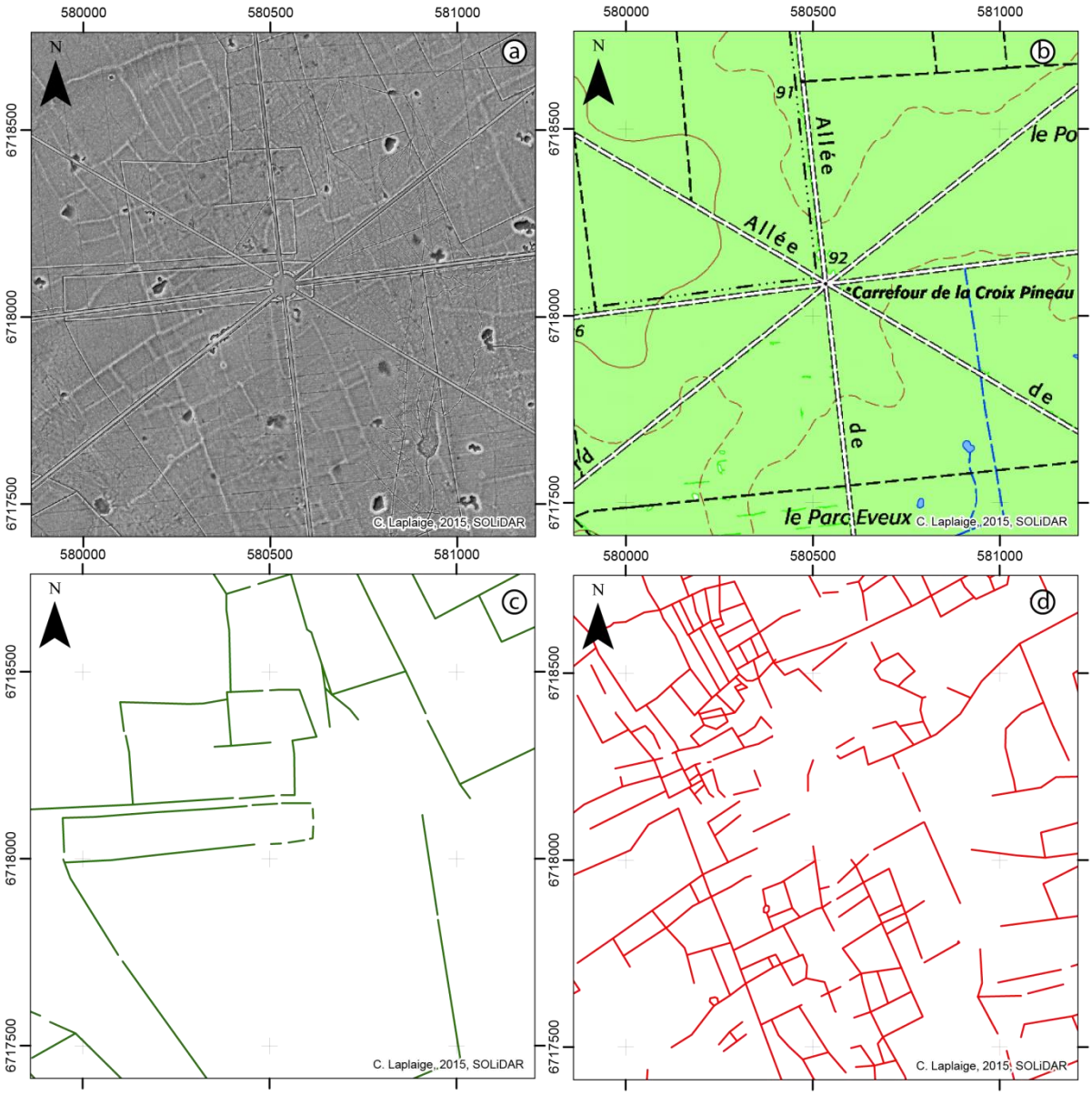


Figure 27 : Forêt de Russy (41), a/scène LiDAR centrée sur la "Croix Pineau", b/scan 25 (©IGN), c/ système talus/fossé, d/ système composé de talus (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR)

Sur le modèle dérivé des données LiDAR (fig. 27a), on peut observer au premier plan le système viaire de la trame parcellaire actuelle (fig. 27b). Cette trame recoupe un système composé de talus et de fossés (fig. 27c) qui elle-même recoupe un système composé uniquement de talus (fig. 27d). Le système talus-fossé est composé de grandes parcelles polygonales alors que le système talus est composé de petites parcelles rectangulaires.

Le recoupement évident entre ces trois trames parcellaires nous fournit un début de chronologie relative. Le système talus est le plus ancien, puis vient le système talus/fossé et pour finir la trame actuelle d'occupation. Enfin, la variabilité morphologique entre ces trois systèmes pourrait suggérer une utilisation différente de l'espace (Chouquer, 1985).

4.6.1 La trame talus/fossé

Cette trame constituée d'un talus-fossé a été identifiée durant une quinzaine d'années grâce aux prospections réalisées par L. Magiorani (Magiorani, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011). Elle s'étend de part et d'autre de la Loire et on peut en trouver des éléments dans tous les massifs concernés par le programme (fig. 28 et annexe 7e). Ces linéaments mesurent 414 km de long et s'étendent sur environ 25 km² en forêt de Blois, 28 km² dans Russy, 31 km² dans Boulogne et 16 km² dans Chambord, pour une extension totale de 100 km².

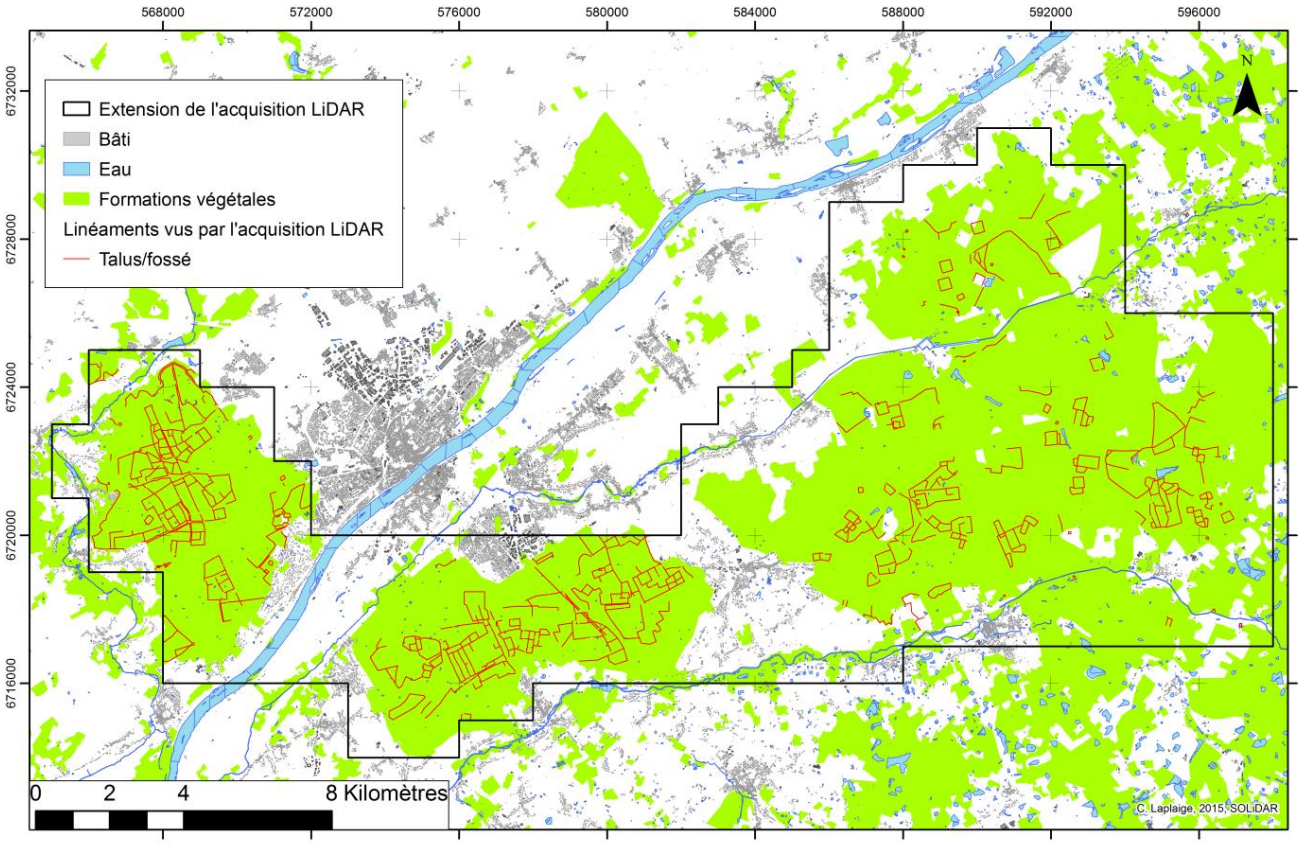


Figure 28 : Linéaments taluts/fossés repérés sur les données LiDAR (C. Laplaige, 2015 © Solidar)

Elle est constituée de modules rectangulaires, carrés, polygonaux, enchâssés ou non. En coupe, la structure talus-fossé mesure en moyenne de 6 à 8 m de large pour une profondeur inférieure au mètre (fig29 et 30).

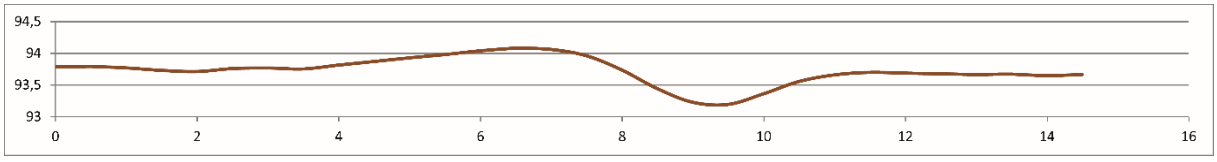


Figure 29 : Blois (41). Vue en coupe d'un talus/fossé (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR)

Figure 30 : Blois (41). Vue d'un talus/fossé (Cliché : A. Crozet, 2015 © SOLiDAR)

Cette forme de limite parcellaire est recoupée par la trame viaire contemporaine (fig. 27), mais peut encore se retrouver dans les limites forestières actuelles (fig. 31). Sur cette figure on peut observer qu'un talus-fossé délimite actuellement le sud de la forêt de Blois (a). Vers l'Est, cette trace présente deux états : l'un correspond à la limite actuelle de la forêt et recoupe (c) le second qui est par ailleurs lui-même recoupé par la trame viaire du parc du Château de l'Isle-Verte (b). Le linéament le plus ancien se suit ensuite vers le Nord-Ouest (d).

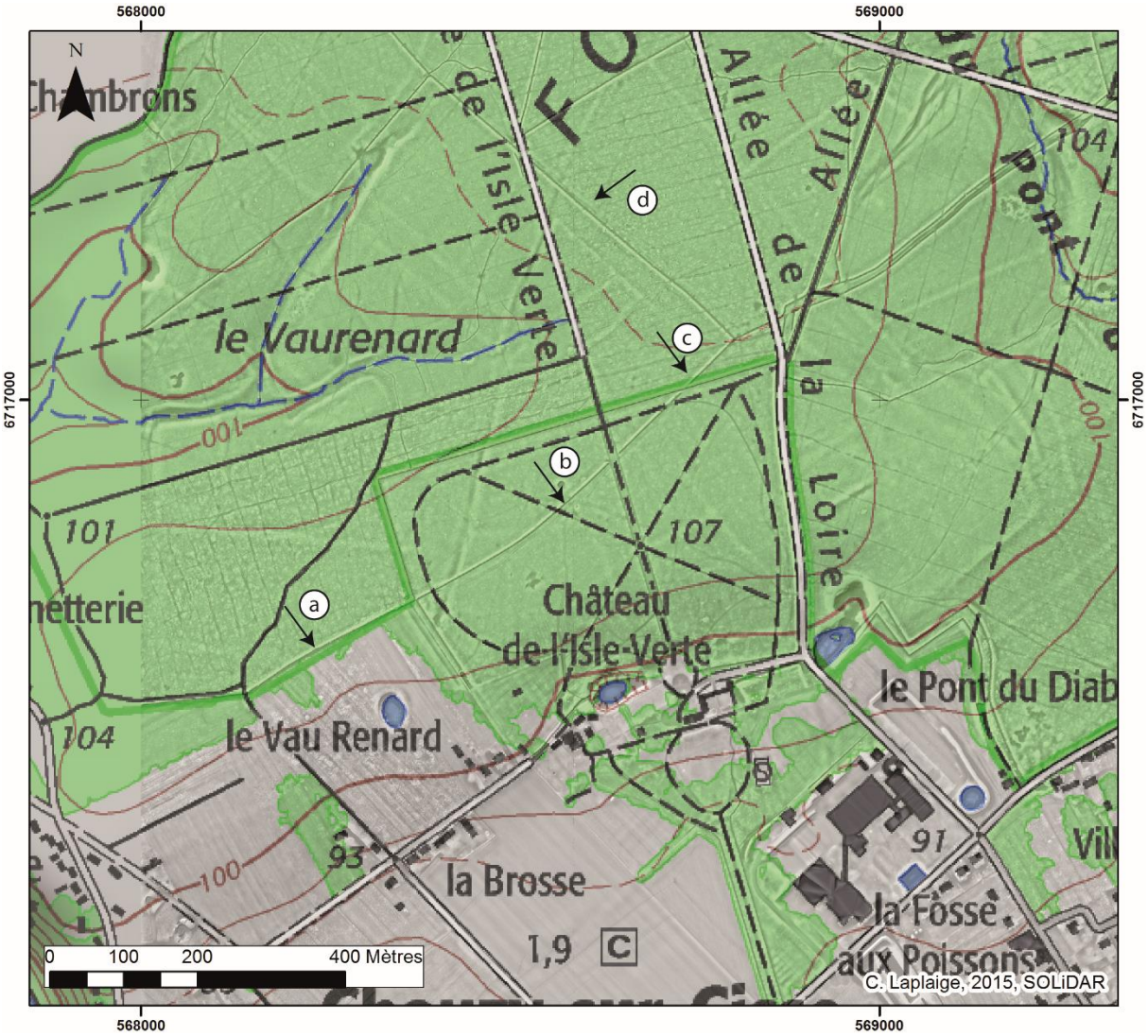


Figure 31 : Blois (41). Scan 25 drappé sur les données dérivées du LiDAR (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR, IGN)

La tradition attribue ces systèmes de talus-fossés aux limites de fiefs médiévaux (Magiorani, 2011; Martin-Demézil, 1963, 1964). Il est vrai que durant l'époque médiévale, surtout à partir du XIIIème, la délimitation des domaines forestiers par des haies et des fossés (en plus des bornes) semble devenu courant (Carpentier et al., 2012; Chouquer and Favory, 1995; JACQUET, 2003). Ces systèmes de haies pouvaient également servir à délimiter des secteurs à différentes vocations au sein des massifs forestiers (par exemple : parcs, breuils, zones de coupe) (JACQUET, 2003; Serres, 2001).

Toutefois, les différents travaux menés sur ces massifs forestiers ne permettent pas d'établir de liens directs entre des limites de fiefs et ces talus-fossés (Magiorani, 2011; Martin-Demézil, 1963, 1964) sur l'intégralité de la zone d'étude.

Cette trame parcellaire ne sera pas étudiée plus profondément dans le cadre du programme. En effet, nous avons décidé d'axer notre travail sur la trame composée de talus.

4.6.2 La trame composée de talus

4.6.2.1 Présentation et description morphologique

Cette trame inédite n'avait jamais été reconnue en prospection. En effet, les anomalies du microrelief la trahissant sont bien trop ténues pour être observées à l'œil nu. La figure 32 présente une coupe d'un ensemble de talus dilatée cinq fois et révèle que ces derniers font, pour les plus marqués, environ 15 centimètres de haut pour une quinzaine de mètres de large.

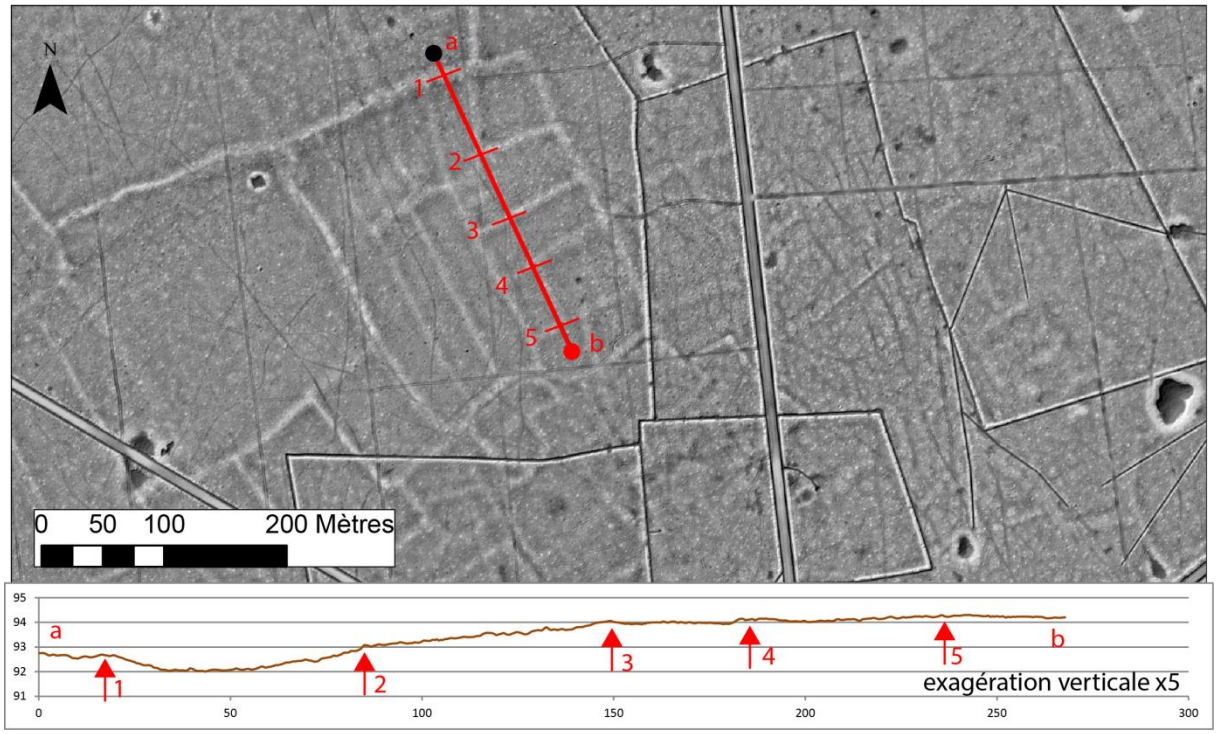


Figure 32 : Vineuil (41). Vue et coupe (exagération verticale x5) d'un système composé de talus (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR)

Cette trame se développe sur les 4 massifs forestiers sur environ 90 km² (respectivement Blois : 22 km², Russy 33 km², Boulogne 22 km² et Chambord 9km²). La longueur cumulée des linéaments est de 800 km. La répartition de cette trame est observable sur la figure 33 et l'annexe 7f. Nous associons, pour le moment, les chemins creux (fig. 34) à cette trame composée de talus car ils semblent liés dans la majorité des cas. Cette longueur cumulée et cette extension sont semblables à celles restituées en forêt de Haye (54) (600 km de linéaments pour une extension de 85 km²) (Georges-Leroy, 2014).

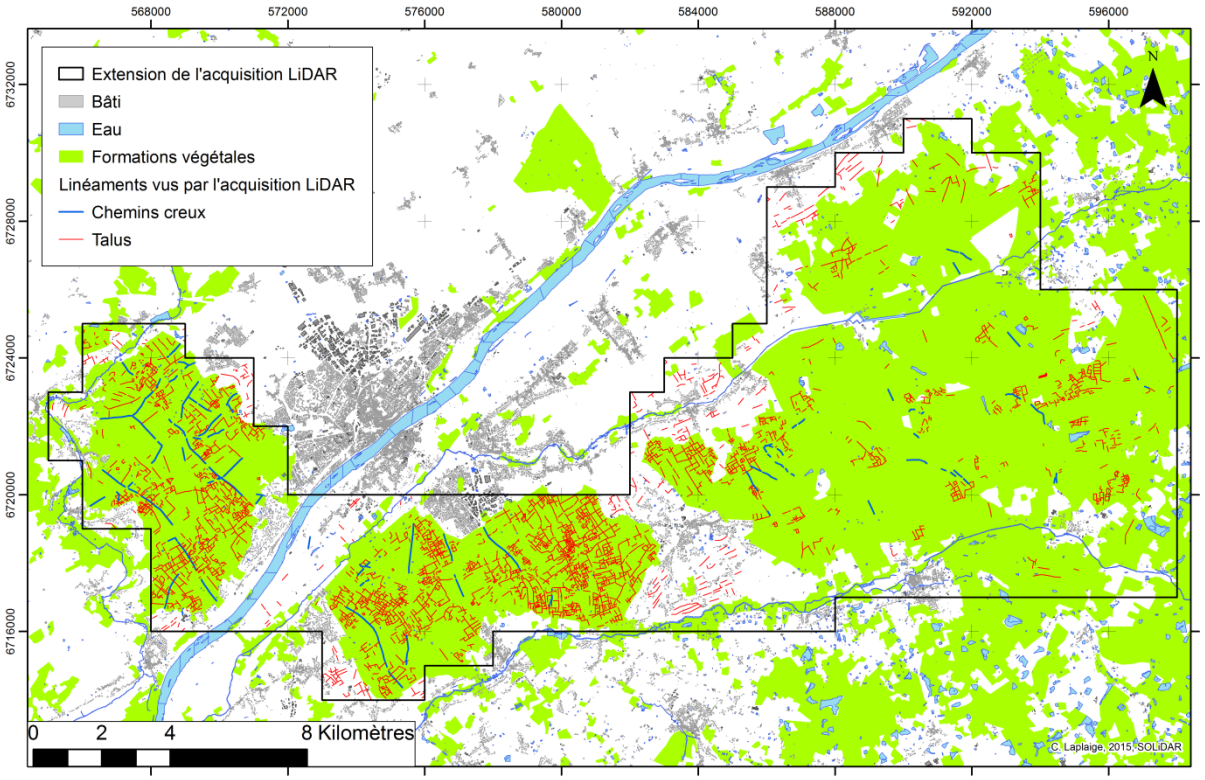


Figure 33 : Linéaments composé de taluss et chemins creux détectés dans la zone d'acquisition LiDAR (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR)

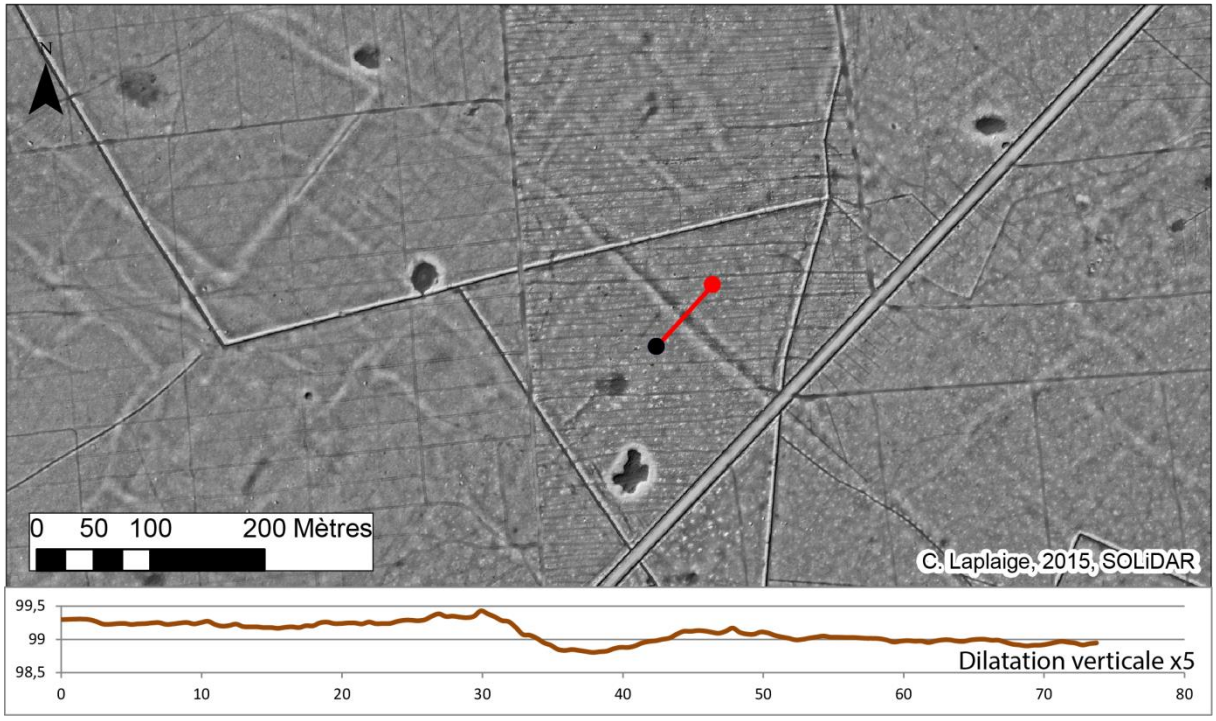


Figure 34 : Blois (41). Vue en plan et en coupe (exagération verticale x5) d'un chemin creux (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR)

4.6.2.2 Analyse de la morphologie du système

Ce système semble, à première vue, assez homogène, orienté perpendiculairement à l'axe de la Loire (qui est à peu près orienté à 45°, c'est-à-dire Nord-Est/Sud-Ouest) avec des parcelles ayant une surface majoritairement de l'ordre de l'hectare. Toutefois, ce système n'est pas continu : la plaine

alluviale de la Loire semble vide de vestiges (on peut noter de rares talus ou levés, mais sans la structuration caractéristique que l'on retrouve en forêt). La ville de Mont-près-Chambord, à la jonction entre le massif de Russy et le massif de Boulogne créée une discontinuité dans cette trame parcellaire. Enfin, le tiers Est de la zone d'étude est beaucoup moins riche en vestiges composé par des talus. On peut cependant remarquer certains secteurs où l'on retrouve une plus forte concentration de ces vestiges, principalement à l'extrême Est de la zone d'étude.

Une analyse plus fine de la répartition des talus au sein de chaque massif forestier révèle, dans un premier temps, une dizaine de « noyaux » où la densité de talus est supérieure à 10 (fig. 35). On peut aussi observer des zones de vide au sein de mêmes massifs forestiers (1 à 7 fig. 35). Il est nécessaire de s'interroger sur l'hétérogénéité de cette répartition : conservation différentielle des vestiges, contraintes géomorphologiques, sociales, variation de la nature de l'occupation du sol ?

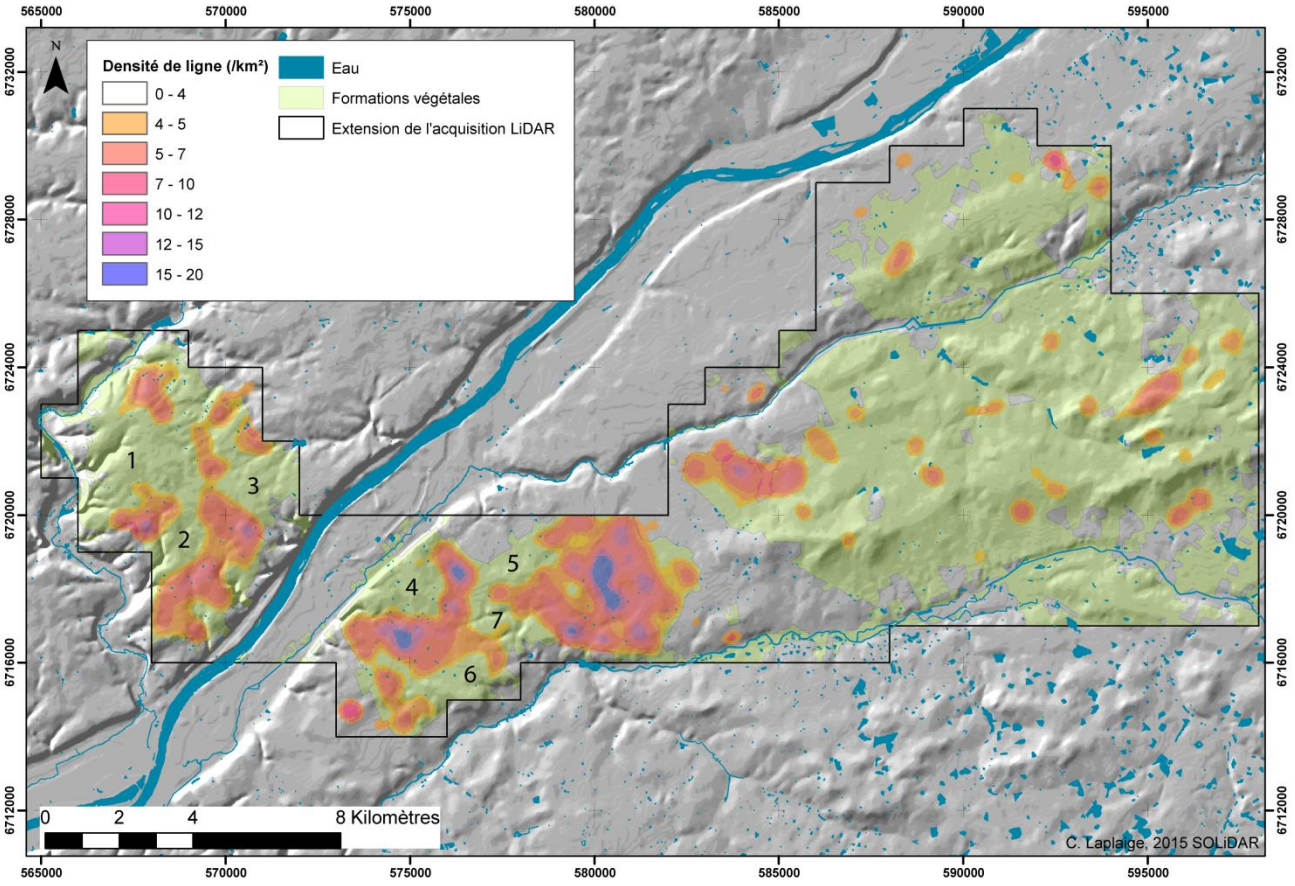


Figure 35 : Densité de noyau des linéaments composé par des talus, la densité est mesurée sur un rayon de 500 m puis normalisée au km² (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR)

4.6.2.3 Fermeture des entités premier essai de restitution

Au cours de cette année, nous nous sommes attachés à transformer les lignes formées par les talus en entités surfaciques. En d'autres termes, nous avons essayé de « fermer » les rectangles formés par les talus et les chemins creux (fig. 36 et annexe 7g). Les objets ainsi formés ont une surface comprise entre 0 et 61 ha pour une moyenne aux alentours de l'hectare. Cette donnée est dorénavant utilisée préférentiellement dans le cadre de nos travaux, que ce soit pour l'analyse fine des constituants ou la mise en parallèle avec d'autres trames parcellaires connues dans la région (parcellaire de Mer Beaugency par ex.)

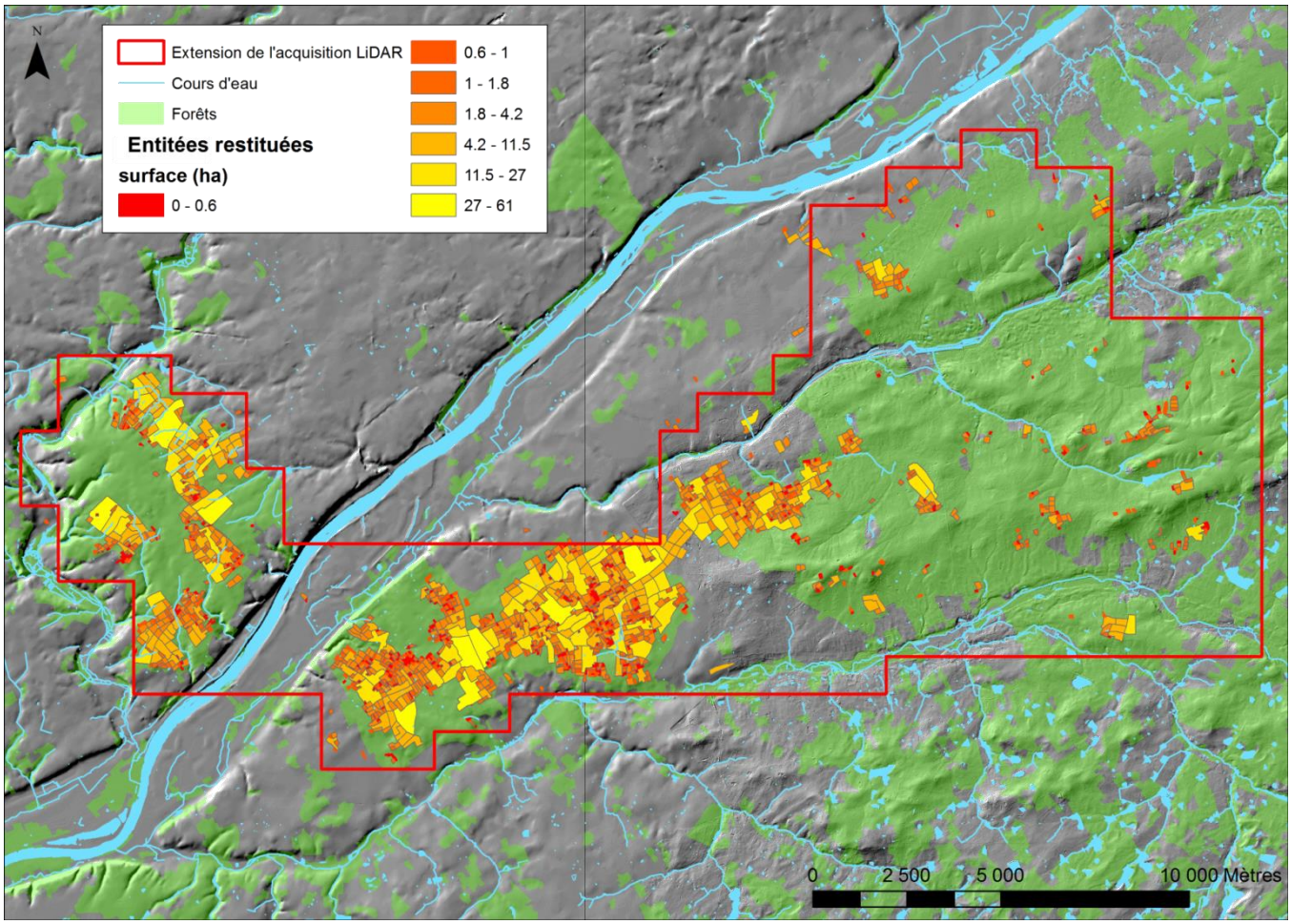


Figure 36. Entités crées à partir des linéaments composé par des talus et des chemins creux après prolongement (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR)

4.6.2.4 Prise en compte de certains paramètres environnementaux

Lorsque l'on caractérise les pentes moyennes sur lesquels s'installe cette trame composée de talus, on observe que ces dernières ne dépassent pas les 18° (contre un maximum de 52° dans les massifs forestiers) avec une moyenne de 1.2° (contre 1.45° dans les massifs forestiers). On ne peut donc pas en conclure que la pente ait un effet majeur sur l'implantation de ces vestiges.

Il pourrait sembler plus pertinent de s'intéresser à la nature du substrat géologique sur lequel s'implantent les structures. La figure 37 met en relation les superficies des affleurements géologiques et la nature des couches géologiques sur lesquelles s'implantent les talus. Nous avons volontairement conservé uniquement les espaces actuellement sous forêt afin d'avoir un espace d'analyse homogène. Les valeurs représentées ont été normalisées afin d'être comparées.

Ce diagramme suggère que les talus sont implanter majoritairement sur certaines couches géologiques, on peut ainsi citer les calcaires de Pithiviers (m1Pi), aux mélanges de Limon des plateaux avec des dépôts miocènes (CLP m/m2-3), les calcaires de Beauce (m1a, très probablement semblables aux calcaires de Pithiviers, mais apparaissant sur une autre feuille), aux limons des plateaux (LP) et aux marnes et sables du Blaisois (m1bB, là aussi, correspondant très probablement aux marnes de l'orléanais (m2O)). Cette surreprésentation des talus sur ces couches pourrait s'expliquer par le caractère favorable à l'agriculture de ces dernières (cf. partie 2)

A l'inverse, les alluvions modernes (Fy et Fz) ne comportent que peu de talus par rapport à leurs surfaces, ce qui peut s'expliquer par le fait que ces terrains se trouvent principalement autour de Chambord, dans un secteur marécageux. Les vieilles terrasses (Fx et Fv) ainsi que les sables et argiles de Sologne (m3P1So) comportent elles aussi peu de talus.

Les sols s'implantant sur ces couches géologiques étant largement hydromorphes et décrites comme podzoliques et/ou gorgées d'eau, on serait tenté d'expliquer le faible nombre de talus sur ces sols par le caractère répulsif de ces derniers pour l'agriculture. Toutefois, des travaux archéologiques récents ainsi que plusieurs sources historiques nuancent et contredisent la vision hostile et répulsive de ces terrains (Favory, 2015). Il est donc nécessaire de tester à l'avenir d'autres contraintes environnementales (proximité de l'eau de surface, profondeur de la nappe par ex.) afin de pouvoir tenir un discours plus assuré.

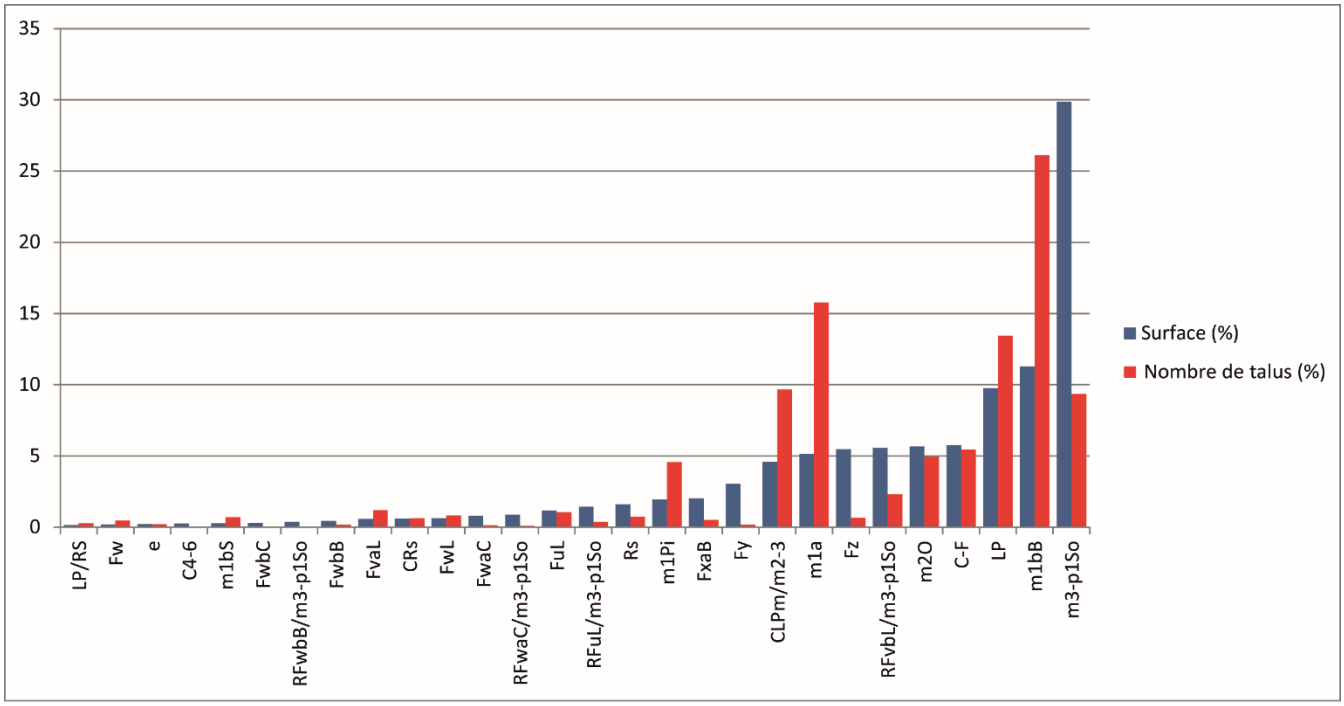


Figure 37 : Répartition des linéaments composé par des talus en fonctio n de la nature du substrat géologique (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR)

4.6.2.5 Pérennité de la trame composée de talus

On peut s'interroger sur la pérennité de ce système parcellaire et sur son influence sur le paysage actuel. Si, dans les massifs forestiers, on observe un recoupement des talus par le système talus/fossé, fournissant une chronologie relative de fin d'utilisation, qu'en est-il en zone ouverte ?

Il est couramment admis que des parcellaires anciens peuvent avoir perduré jusqu'à l'époque moderne car ils sont des éléments structurant fortement le paysage (Brigand, 2010; Chouquer, 1985; Thivet et al., 2009). L'analyse particulière d'un secteur au nord de la forêt de Boulogne, sur la commune de Huisseau-sur-cosson permet de s'interroger sur la continuité de la trame composée de talus en zone ouverte (fig. 38). Sur cette figure, on peut noter que le système talus se retrouve au sein mais aussi à l'extérieur du massif de Boulogne. Les vestiges de ces talus provoquent encore des anomalies phytographiques et l'on peut observer, en intégrant le cadastre napoléonien à l'image, que ces talus correspondent à de la trame viaire et des limites de carrés de culture.

Le lien entre le parcellaire découvert en forêt et la trame parcellaire napoléonienne en zone ouverte est pour le moment limité à un seul secteur. Il convient d'étendre nos analyses à tous les secteurs en périphérie des massifs forestiers. Cependant, cet exemple permet de posé l'hypothèse de la pérennité de ce système parcellaire jusqu'au 19^{e} siècle alors qu'il est fossilisé par la mise en place des massifs forestiers. Il restera à tenter d'en déterminer l'origine.

Un travail a été engagé à ce sujet dans le cadre d'un sujet de Master d'archéologie de l'université de Tours.

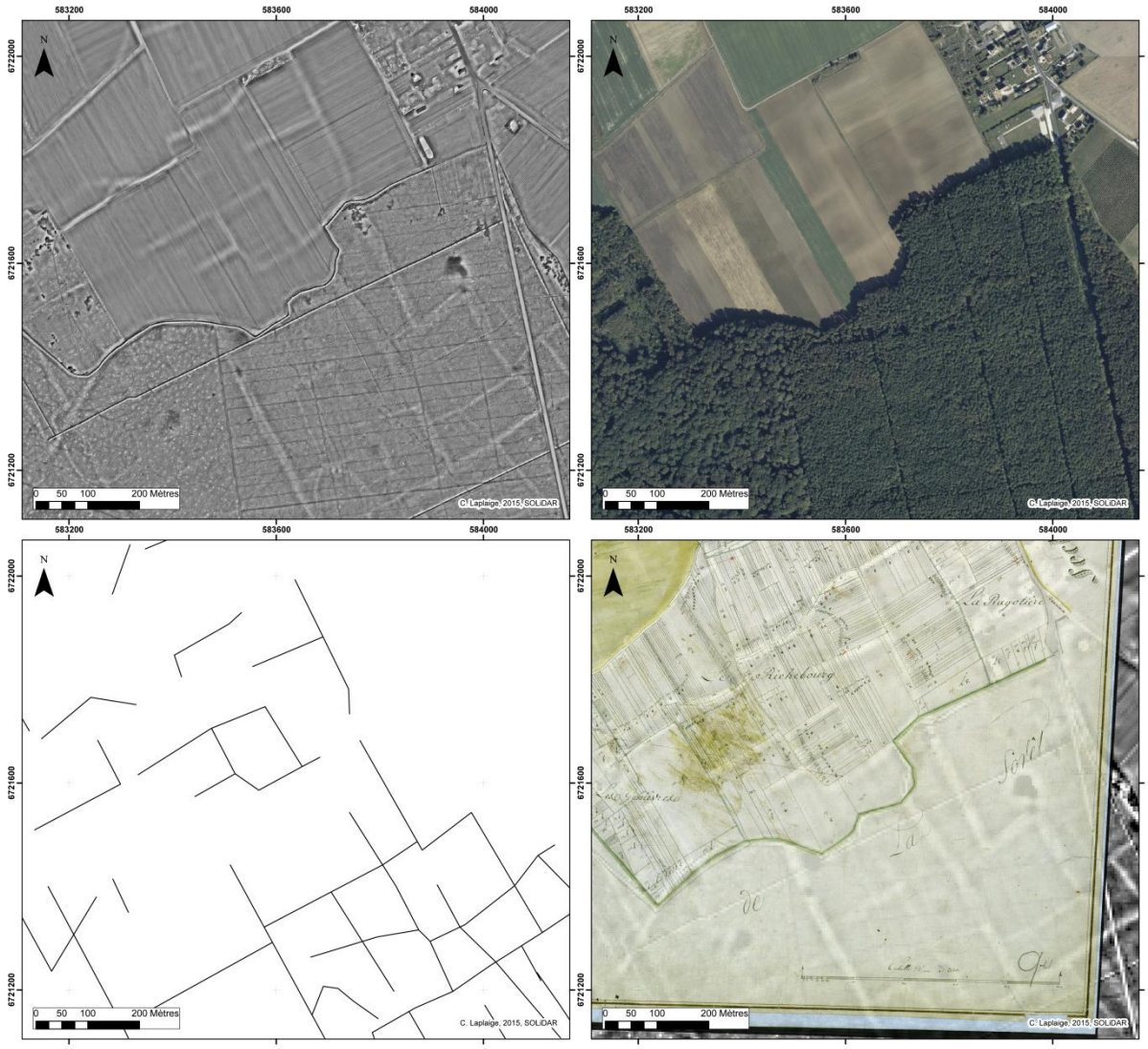


Figure 38 : Huisseau sur Cosson (41), le « Richebourg ». Scène LiDAR révélant des talus sous le couvert boisé et en zone ouverte, orthophotographie où les talus correspondent à des anomalies phytographiques, schéma d'interprétation, plan cadastral napoléonien drappé sur les données LiDAR (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR)

4.7 Conclusion

Les travaux, de nature très variée, menés depuis deux ans ont révélé toute la potentialité du LiDAR quant à sa capacité à travailler de manière transdisciplinaire et à renouveler nos problématiques de recherche. De plus, cette année 2016 a été l'occasion d'élargir les thèmes de recherche inclus dans le programme, par l'ajout, par exemple, de travaux sur les ferriers ou sur le paléo environnement.

Les résultats acquis dans ce dernier thème, même s'ils sont toujours en cours d'analyse, sont très encourageants. Nous pouvons envisager l'analyse fine des carottes de Chambord et ainsi, en fonction des résultats des analyses palynologiques, commencer à proposer une restitution de la végétation et de la morphologie fluviale du Cosson. Une restitution de la dynamique de la végétation dans les 3 autres massifs est aussi prévue pour cette année.

Dans le cadre de discussion avec des membres du Muséum et du BRGM, nous envisageons d'étendre nos travaux sur le Cosson bien antérieurement à l'Holocène, faisant de Chambord le second site du Cosson à faire l'objet de tels travaux.

Cette réflexion sur la dynamique du Cosson dans le temps long nous conduit dès cette année à travailler sur ces conditions environnementales dans un cadre géographique plus large. Nous étendrons donc nos travaux au cours majeur de la Loire en amont et en aval de la ville de Blois. Ou nous pourrons profiter des collaborations développés dans le cadre de la Zone Atelier Loire.

Les prospections magnétiques menées sur les bâtiments probables associés aux talus se sont révélées, il faut l'admettre, assez décevantes. Elles ont toutefois montré qu'il n'existait pas de fossé associé à la trame composée de talus, suggérant alors une mise en place progressive de ces structures via, nous le supposons et espérons le démontrer en 2017, formation de crêtes de labour. Afin de les étudier de manière morphologique (hauteur, longueur, symétrie, dissymétrie, etc.), un travail de Master a été lancé sur ce sujet en 2016 sur le petit secteur du « Richebourg » à Huisseau sur Cosson. Dans ce cadre, une demande PAS ainsi qu'une autorisation de sondage ont été requises. L'objectif sera d'effectuer des coupes dans ces talus de manière à en observer la structure et tenter d'obtenir des éléments de datation. Si les conditions sont réunies des datations OSL seront réalisées à la base de ses formations afin de tenter d'en déterminer la date de mise en place.

Nous avons décidé durant l'année 2016 de nous intéresser plus à la trame la plus ancienne, c'est à dire composée de talus, qu'à celle composée de talus et de fossés. Des travaux de caractérisation mais aussi de comparaison de la morphologie générale du système avec des exemples plus ou moins proches (Mer, Bercé, Berry, Beauce, Hollande) ont été entrepris.

Il reste cependant la question de la datation de ce système. Si l'on peut espérer des datations OSL sur certaines traces dans le cadre de sondages mentionnés précédemment, il est communément admis que la meilleure façon de dater un parcellaire est de dater les habitats qui y sont connectés (Georges-Leroy, 2014; Goguey et al., 2010). Afin d'obtenir plus d'éléments de datation et de caractérisation, nous nous proposons de de mettre en place une prospection à l'aide de détecteurs de métaux. Il sera utilisé sur des potentiels sites d'habitats ou aucun mobilier céramique caractéristique n'a pu être découvert ainsi que sur deux éléments de trame viaire (chemins creux) repérés en rive gauche et droite de la Loire. Il a été prévu d'analyser l'intégralité du mobilier récolté depuis 2015 dès ce printemps.

Enfin, les premiers travaux entamés sur les tertres des massifs forestiers concernés par le programme nous ont permis de nous interroger sur la manière de traiter un tel lot de données. Nous essaierons de procéder durant cette année à des analyses et des tentatives de discrimination fonctionnelle fine.

5 Conclusion et perspectives

Les résultats du programme SOLiDAR présentés cette année ont permis de présenter les axes de recherches sur la fabrique du paysage depuis les premières occupations sédentaires dans cette zone géographique à cheval sur le pays blésois et la Sologne mis en place.

L'analyse de la qualité des données LiDAR a permis de les validées conformément à nos attentes. Leur grande qualité répond aux attentes du programme et les données produites en 2017 nous offrent de nouvelles possibilités de traitement et d'analyse

La base documentaire a continué à être complétée par, principalement, des données BNF. Nous espérons, en 2017, ajouter l'atlas de Trudaine et le dépouillement des orthophotographies. Par ailleurs, l'acquisition récente du RGE sur la région centre nous permet de réfléchir à des comparaisons à maille très fine.

Les premières lectures des données LiDAR ont révélé au moins deux trames parcellaires antérieures à l'actuelles, s'étendant sur une centaine de kilomètres carrés. Pour leur analyse le travail e collaboration avec le laboratoire d'Informatique de l'université de Tours se poursuit. L'objectif est de mettre en place une méthode vectorisation et de caractérisation automatique des différents types de linéaments présents dans les images dérivées des données LiDAR. Les méthodes de classification automatique d'anomalies à partir de données LiDAR connaissent un fort développement mais ne concerne quasi exclusivement que des structures ponctuelles (Schneider et al., 2015; Trier and Pilø, 2012; Trier et al., 2015). Ce travail est donc précurseur dans le domaine de la reconnaissance automatisée de vestiges archéologiques linéaires à partir de données microtopographiques.

Le système composé par des talus a fait et continue à faire l'objet d'une attention particulière. Une caractérisation fine des formes de ces objets est en cours dans le cadre d'un travail de Master. Une demande de sondage et de jour PAS a été faite afin de recouper quelques-unes de ces structures de manière à en observer la structure et tenter d'obtenir des éléments de datation.

Afin de dater ce système, les habitats connectés à la trame parcellaire continueront d'être prospectés et analysés sur les données LiDAR. Une demande de prospection avec détecteur de métaux a aussi été envoyée. Cette approche par la détection d'objets métalliques aura valeur de test et n'est pas envisageable de manière extensive.

Enfin, nous allons commencer à travailler sur les ferriers repérés par L. Magiorani en forêt de Boulogne et nous continuons à étudier les tertres des massifs forestiers concernés par le programme

Bibliographie

Abert, F., Bevilacqua, D., Delrieu, F., and Rieth, P. (2010). Les tertres funéraires du Schirrheinerweg et du Kurzgeländ de la forêt de Haguenau. Rev. D'Alsace 7–32.

Brigand, R. (2010). CENTURIATIONS ROMAINES ET DYNAMIQUE DES PARCELLAIRES. UNE APPROCHE DIACHRONIQUE DES FORMES RURALES ET URBAINES DE LA PLAINE CENTRALE DE VENISE (ITALIE). phdthesis. Université de Franche-Comté ; Università degli Studi di Padova.

Brisson, A., and Hatt, J.-J. (1953). Les nécropoles hallstattiennes d'Aulnay-aux-Planches (Marne). Rev. Archéologique Est Cent. Est *4*, 193–233.

Carpentier, V., Marcigny, C., Collectif, Baudouin, P., and Clairfontaine, F.F. de (2012). Des hommes aux champs : Pour une archéologie des espaces ruraux du Néolithique au Moyen Age (Rennes: PU Rennes).

Challis, K., Carey, C., Kincey, M., and Howard, A.J. (2011). Airborne lidar intensity and geoarchaeological prospection in river valley floors. Archaeol. Prospect. *18*, 1–13.

Chase, A.F., Chase, D.Z., Weishampel, J.F., Drake, J.B., Shrestha, R.L., Slatton, K.C., Awe, J.J., and Carter, W.E. (2011). Airborne LiDAR, archaeology, and the ancient Maya landscape at Caracol, Belize. J. Archaeol. Sci. *38*, 387–398.

Chouquer, G. (1985). L'étude des paysages (Paris: Editions Errance).

Chouquer, G., and Favory, F. (1995). Aux origines antiques et médiévales des parcellaires. Hist. Sociétés Rural. 4 2e Semest. 11–46.

Cowley, D.C., and Opitz, R.S. (2012). Interpreting Archaeological Topography: Lasers, 3D Data, Observation, Visualisation and Applications (Oxford, UK ; Oakville, CT: Oxbow Books).

Cruz-Mermy, D. et al. (2007). Carte géologique de la France à 1/50000, Feuille Bracieux (429).

Deforce, K., Boeren, I., Adriaenssens, S., Bastiaens, J., De Keersmaeker, L., Haneca, K., Tys, D., and Vandekerkhove, K. (2013). Selective woodland exploitation for charcoal production. A detailed analysis of charcoal kiln remains (ca. 1300–1900 AD) from Zoersel (northern Belgium). J. Archaeol. Sci. *40*, 681–689.

Delrieu, F., and Milcent, P.-Y. (2006). Tertres et tumulus de la région d'Allanche (Cantal), communes d'Allanche, Vernols et Chalinargues. Rev. Haute-Auvergne *68*, 383–425.

Doneus, M., Briese, C., Fera, M., and Janner, M. (2008). Archaeological prospection of forested areas using full-waveform airborne laser scanning. J. Archaeol. Sci. *35*, 882–893.

Dupouey, J.-L., Dambrine, E., Dardignac, C., and Georges-Leroy, M. (2007). La mémoire des forêts. Actes du colloque "Forêt, archéologie et environnement" 14-16 décembre 2004 (Nancy: ONF/INRA/DRAC Loraine).

Ernenwein, E., and Hargrave, M. rchaeological Geophysics for DoD Field Use: a Guide for New and Novice Users.

Favory, F. (2015). Contrainte hydrique et mise en valeur du terroir durant l'Antiquité et le Moyen Age. In De La Reconstitution Des Paysages À L'histoire Des Sociétés. 10 000 Ans D'archives Sédimentaires En Zones Humides, (Barral, Philippe; Magny, Michel; Thivet, Matthieu), p. 288.

Florance, E.-C. (1919). Classement chronologique des Camps, Buttes, et Enceintes du Loir-et-Cher. Bull. Société Préhistorique Fr. *16*, 207–217.

Florance, E.-C. (1926). L'archéologie préhistorique, protohistorique & gallo-romaine en Loir-et-Cher, Quatrième partie. Âge du Fer ou époque gauloise, Premier volume (Blois: Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle et d'Anthropologie du Loir-et-Cher).

Fruchart, C. (2014). Analyse spatiale et temporelle des paysages de la forêt de Chailluz (Besançon, Doubs) de l'Antiquité à nos jours. phdthesis. Université de Franche-Comté.

Fruchart, C., Laplaige, C., Opitz, R., and Nuninger, L. (2011). The LIEPPEC Project: using lidar for the study of long term landscape change. Antiquity *85*, http://antiquity.ac.uk/projgall/opitz327/.

Georges-Leroy, M. (2014). Le laser révèle un parcellaire antique, associé à de l'habitat, dans le massif forestier de haye. Pays Lorrain *95*, 43–50.

Georges-Leroy, M., Bock, J., Dambrine, E., and Dupouey, J.-L. (2009). Le massif forestier, objet pertinent pour la recherche archéologique. L'exemple du massif forestier de Haye (Meurthe-et-Moselle). Rev. Géographique Est *49*.

Goguey, D., Pautrat, Y., Guillaumet, J.-P., Thevenot, J.-P., and Popovitch, L. (2010). Dix ans d'archéologie forestière dans le Châtillonnais (Côte-d'Or) : enclos, habitats, parcellaires. Rev. Archéologique Est.

Hesse, R. (2010). LiDAR-derived Local Relief Models – a new tool for archaeological prospection. Archaeol. Prospect. *17*, 67–72.

JACQUET, G. (2003). LA FORÊT EN VAL DE LOIRE AUX PÉRIODES PRÉINDUSTRIELLES : HISTOIRE, MORPHOLOGIE, ARCHÉOLOGIE, DENTROLOGIE. L'EXEMPLE DE L'INDRE- ET- LOIRE (XE-XVIE SIÈCLES). THESE MEMOIRE. Université de TOURS.

Joanne, A. (2012). Géographie du département de Loir-et-Cher (Hachette Livre BNF).

Kooistra, M.J., and Maas, G.J. (2008). The widespread occurrence of Celtic field systems in the central part of the Netherlands. J. Archaeol. Sci. *35*, 2318–2328.

Kraus, K., and Pfeifer, N. (1998). Determination of terrain models in wooded areas with airborne laser scanner data. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. *53*, 193–203.

Laplaige, C. (2012). Comparaison de signaux (géophysique, LiDAR) utilisés dans l'étude des dynamiques anthropiques et naturelles. Theses. Université de Franche-Comté.

Magiorani, L. (1999). DFS 1999 (SRA Centre Val-deLoire).

Magiorani, L. (2000). DFS 2000 (SRA Centre Val-deLoire).

Magiorani, L. (2001). DFS 2001 (SRA Centre Val-deLoire).

Magiorani, L. (2002). DFS 2002 (SRA Centre Val-deLoire).

Magiorani, L. (2003). DFS 2003 (SRA Centre Val-deLoire).

Magiorani, L. (2004). DFS 2004 (SRA Centre Val-deLoire).

Magiorani, L. (2005). DFS 2005 (SRA Centre Val-deLoire).

Magiorani, L. (2006). DFS 2006 (SRA Centre Val-deLoire).

Magiorani, L. (2007). DFS 2007 (SRA Centre Val-deLoire).

Magiorani, L. (2008). DFS 2008 (SRA Centre Val-deLoire).

Magiorani, L. (2009). DFS 2009 (SRA Centre Val-deLoire).

Magiorani, L. (2010). DFS 2010 (SRA Centre Val-deLoire).

Magiorani, L. (2011). DFS 2011, Prospections en forêt de Russy (SRA Centre Val-deLoire).

Martin-Demézil, J. (1963). Les forêts du comté de Blois jusqu'à la fin du 15ème siècle. Mém. Société Sci. Lett. Loir--Cher *34*.

Martin-Demézil, J. (1964). Les forêts du comté de Blois jusqu'à la fin du 15ème siècle. Mém. Société Sci. Lett. Loir--Cher *35*.

Milcent, P.-Y. (2004). Le premier âge du fer en France centrale (Paris, France: Société préhistorique française).

Muracciole, A. (2016). Dynamique du Cosson depuis le Pléistocène dans le Domaine National de Chambord (Tours: Université de Tours).

Nuninger, L., Oštir, K., Kokalj, Z., Georges-Leroy, M., and Opitz, R. (2011). La télédétection. In Information Spatiale et Archéologie, B.F. Rodier Xavier (dir.) Barge Olivier, Saligny Laure, Nuninger Laure, ed. (Errance), pp. 108–116.

Risbøl, O., Bollandsås, O.M., Nesbakken, A., Ørka, H.O., Næsset, E., and Gobakken, T. (2013). Interpreting cultural remains in airborne laser scanning generated digital terrain models: effects of size and shape on detection success rates. J. Archaeol. Sci. *40*, 4688–4700.

Saint-Venant, J. (1892). Le grand fossé du Montbénard en forêt de Boulogne, commune de Neuvy, Loir-et-Cher. Le LCH 4–10.

Schaeffer, C. (1926). Les tertres funéraires préhistoriques dans la forêt de Haguenau. 1- Les tumulus de l'âge du Bronze (Haguenau: Imprimerie de la Ville).

Schaeffer, C. (1930). Les tertres funéraires préhistoriques dans la forêt de Haguenau. 1- Les tumulus de l'âge du Fer (, Haguenau: Imprimerie de la Ville).

Schneider, A., Takla, M., Nicolay, A., Raab, A., and Raab, T. (2015). A Template-matching Approach Combining Morphometric Variables for Automated Mapping of Charcoal Kiln Sites. Archaeol. Prospect. *22*, 45–62.

Scollar, I. (1962). Electromagnetic Prospecting Methods in Archaeology. Archaeometry *5*, 146–153.

Scollar, I. (2009). Archaeological Prospecting and Remote Sensing (Cambridge University Press).

Serres, O. de (2001). Le théâtre d'agriculture et mesnage des champs (Arles: Actes Sud).

Sittler, B. (2004). REVEALING HISTORICAL LANDSCAPES BY USING AIRBORNE LASER SCANNING A 3-D MODELL OF RIDGE AND FURROW IN FORESTS NEAR RASTATT (GERMANY)-. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.

Sittler, B., and Hauger, K. (2007). Les apports du laser aéroporté à la documentation de parcellaires anciens fossilisés par la forêt : l'exemple des champs bombés de Rastatt en Pays de Bade. In La Mémoire Des Forêts. Actes Du Colloque « Forêt, Archéologie et Environnement » 14 - 16 Décembre 2004, J.-L. Dupouey, E. Dambrine, C. Dardignac, and M. Georges-Leroy, eds. (Nancy: ONF/INRA/DRAC Loraine), pp. 155–161.

Štular, B., Kokalj, Ž., Oštir, K., and Nuninger, L. (2012). Visualization of lidar-derived relief models for detection of archaeological features. J. Archaeol. Sci. *39*, 3354–3360.

Thivet, M., Bossuet, G., and Mougin, P. (2009). Mise en évidence de l'impact de l'occupation antique dans la morphogénèse d'un paysage de fond de vallée. Le cas du site d'Epomanduodurum (Mandeure-Mathay, Doubs). Rev. Archéologique Est *58*, 417–437.

Trier, Ø.D., and Pilø, L.H. (2012). Automatic Detection of Pit Structures in Airborne Laser Scanning Data. Archaeol. Prospect. *19*, 103–121.

Trier, Ø.D., Zortea, M., and Tonning, C. (2015). Automatic detection of mound structures in airborne laser scanning data. J. Archaeol. Sci. Rep. *2*, 69–79.

Wassong, R. (2015). Tumulus et milieux humides. Rites, ostentation et lieux de passage : les tertres de l'âge du Fer dans le fossé rhénan. In Les Gaulois Au Fil de L'eau, (Montpellier: Olmer F et Roure R), pp. 1153–1166.

Annexes

Annexe 1 : autorisations de prospection

OFFICE NATIONAL DES FORETS
Agence Centre Val de Loire
100 Bd de la Salle - BP 22
45760 BOIGNY – SUR - BIONNE

AUTORISATION DE PROSPECTION ARCHÉOLOGIQUE

L'Etat et l'Office National des Forêts accordent par le présent contrat administratif une autorisation de prospection archéologique pour les vérifications des sols dans le cadre du programme SOLiDAR pour les forêts domaniales de Boulogne, Russy et Blois à Messieurs Clément LAPLAIGE et Xavier RODIER de l'Université François Rabelais de Tours pour une utilisation ci-dessous énoncée.

Cette utilisation devant rester subordonnée à la gestion forestière, le présent acte ne saurait créer au profit du titulaire de l'autorisation un droit réel immobilier opposable à l'Etat ou à l'Office National des Forêts pendant et au-delà de la durée prévue par le présent acte.

L'Etat et l'Office National des Forêts déclarent solennellement que toutes les clauses affirmant la primauté de la gestion forestière sur toute autre considération ou utilisation de l'immeuble sont des clauses déterminantes de leur consentement sans lesquelles ils n'auraient jamais contracté.

Article 1 : Objet de l'autorisation

L'Office National des Forêts accorde à Messieurs Clément LAPLAIGE et Xavier RODIER de l'Université François Rabelais de Tours, UMR 7324 - CITERES, MSH Villes et Territoires - BP 60449, 37204 TOURS cedex 03 - l'autorisation de prospection archéologique pour les vérifications des sols – programme SOLiDAR. L'emplacement exact est déterminé en accord avec le service forestier local des forêts domaniales de Boulogne, Russy et Blois.

Article 2 : Durée de l'autorisation

Cette autorisation est accordée à titre de simple tolérance, précaire et révocable à tout moment sans indemnité du 1er janvier 2015 au 31 décembre 2018.

Article 3 : Conditions de l'autorisation

Les prospetions consisteront en une vérification au sol et un relevé des anomalies microtopographiques repérées grâce à la technologie LiDAR. Ponctuellement, afin de fournir des éléments de datation et de caractérisation des sites découverts, l'utilisation de détecteur de métaux sera envisagée. Enfin, dans le but de préciser la nature des vestiges en sous-sol (paléo-formes fluviales, structures archéologiques), des prospections géophysiques multi-méthodes seront conduites (magnétiques, électromagnétiques, électriques, radar).
La présente autorisation est soumise à l'autorisation administrative de la DRAC conformément aux articles L.531-1 et R.531-1 à R.531-3 du Code du Patrimoine. Les titulaires de la présente autorisation veilleront à recueillir auprès de la DRAC ce document et à l'adresser à l'ONF.

Une copie du rapport de prospections archéologiques sera adressée à l'agence Centre Val de Loire de l'Office National des Forêts à l'issue de la présente autorisation.

Les données cartographiques (qualité des sols et sylvicoles) des sites prospectés seront communiquées à l'agence Centre Val de Loire de l'Office National des Forêts sous forme de fichier informatique utilisable par un Système d'Information Géographique (SIG).

Une autorisation de circulation sur les routes forestières interdites à la circulation sera fournie aux fins de permettre aux titulaires de la présente un libre accès à la voirie forestière. Ces autorisations seront identifiées avec le numéro d'immatriculation du véhicule utilisé et seront nominatives.

Ce document devra être placé devant le pare-brise du véhicule autorisé lors de son stationnement.

Le non respect d'une de ces clauses est une cause de révocation immédiate de la présente autorisation.

4 - Périodes d'interdiction

Pour des raisons de sécurité, les prospections archéologiques sont formellement interdites :
- les jours de chasse
- les jours d'exploitation forestière sur les parcelles
- après la survenue d'évènements climatiques classés en vigilance orange et rouge (coup de vent, tempête, ...).

Afin de s'assurer de l'accessibilité des forêts concernées, les bénéficiaires de l'autorisation contacteront le responsable local de l'ONF concernant les activités suivantes :

➢ exploitation forestière et environnemental :

- Forêt domaniale de Boulogne :
  - ✓ Monsieur BOTTEAU Sébastien (tél. : 02 54 70 70 53 - tél. mobile : 06 19 96 58 96 - e-mail : sebastien.botteau@onf.fr).
- Forêt domaniale de Russy :
  - ✓ Madame FERTÉ Aurélie (tél. : 02 54 46 49 25 - tél. mobile : 06 18 36 66 92 – e-mail : ferte.aurelie@onf.fr).
- Forêt domaniale de Blois :
  - ✓ Monsieur BOUCHOUX Bernard (tél. : 02 54 43 80 75 - tél. mobile : 06 23 65 03 76 – e-mail : bernard.bouchoux@onf.fr).

➢ Chasse

- Forêt domaniale de Boulogne
  - ✓ Monsieur BOTTEAU Sébastien (tél. : 02 54 70 70 53 - tél. mobile : 06 19 96 58 96 - e-mail : sebastien.botteau@onf.fr).
- Forêt domaniale de Russy :
  - ✓ Monsieur TÉTU Pierre (tél. : 02 54 32 01 35 - tél. mobile : 06 20 34 08 70 – e-mail : pierre.tetu@onf.fr).
- Forêt domaniale de Blois :
  - ✓ Monsieur HERMOUET Julien (tél. : 02 54 43 84 31 - tél. mobile : 06 12 05 78 79 - e-mail : julien.hermouet@onf.fr)

➢ Correspondant du suivi du projet pour les 3 forêts :

✓ Monsieur MAFFRE Yvon - (tél. : 02 54 87 53 11 - tél. mobile : 06 12 05 78 84 - e-mail : yvon.maffre@onf.fr).

Article 5 : Respect du site forestier

La conservation des peuplements forestiers et leur renouvellement constituant un des objectifs essentiels de la gestion forestière durable dont l'ONF est le garant, les titulaires de l'autorisation s'interdisent impérativement toute intervention dans les peuplements forestiers ayant pour effet de supprimer, endommager, détruire même à une échelle modeste les peuplements et les jeunes plants (parcelles en régénération).

Article 6 : Responsabilités

6.1 - Les titulaires de l'autorisation

Les titulaires de l'autorisation reconnaissent être civilement et solidairement responsables de tous dommages causés à l'Etat, à l'ONF ou aux tiers, des accidents, actes dommageables à quelque titre que ce soit, découlant de l'exercice de la présente autorisation.

Les titulaires de l'autorisation seront civilement responsables vis-à-vis de l'ONF ou des tiers. En cas de recours amiable ou contentieux exercé contre l'Etat ou l'ONF par des prestataires, fournisseurs des titulaires de l'autorisation ou par des tiers à raison de l'exercice de l'autorisation, les titulaires de l'autorisation s'engagent à prendre fait et cause pour l'Etat ou l'ONF et à les garantir solidairement des condamnations qui pourraient être prononcées contre eux.

6.2 - L'ONF

L'ONF reste gardien des peuplements forestiers, végétaux, ouvrages et infrastructures dédiés à la gestion forestière et à la protection de la forêt, ainsi que des rochers et pierres qui participent naturellement de la propriété forestière.

En cas de préjudices causés aux titulaires de l'autorisation, à leurs biens et à leurs ayants droit à raison de chute d'arbre, de branche, pierre ou rocher etc., faisant naturellement partie de la propriété forestière domaniale, il est admis de convention expresse que, par dérogation au 1er alinéa de l'article 1384 du code civil, l'ONF ne peut voir sa responsabilité engagée qu'en cas de faute manifeste.

6.3 - Assurance responsabilité civile

Les titulaires de l'autorisation sont impérativement tenus de souscrire une assurance responsabilité civile qui couvre, pendant toute sa durée, l'ensemble des risques liés à l'exercice de la présente autorisation, notamment les risques d'incendie de forêt.

Article 7 : Clauses environnementales

L'ONF est certifié ISO 14001 et s'engage à ce titre à être en conformité avec les exigences environnementales fixées par les lois et règlements en vigueur et à mettre en œuvre une politique environnementale destinée à maîtriser les impacts significatifs de ses activités sur l'environnement.

Par ailleurs, dans le cadre de la gestion durable des massifs forestiers qui lui sont confiés, l'ONF respecte les cahiers des charges PEFC (*Pan European Forest Certification*).

Les exigences correspondantes sont pour l'essentiel retranscrites dans le règlement national des travaux et services forestiers (RNTSF) approuvé par le conseil d'administration de l'ONF (résolution n° 2010-12 du 21 juillet 2010) et arrêté par son Directeur général (décision du 23 juillet 2010 publiée au JORF du 8 septembre 2010 - Avis n° 83 p 16392). Ce règlement est mis à jour en fonction des évolutions du contexte réglementaire ou des de la politique environnementale de l'ONF.

Le RNTSF est téléchargeable sur le site internet www.onf.fr.

En conséquence, les titulaires de l'autorisation s'engagent à :

-prendre connaissance du RNTSF et à en respecter les dispositions, plus particulièrement le point 2 *Préservation des milieux naturels et du patrimoine* (§ 2-1 à 2-7-3).

-informer leurs salariés, préposés, prestataires, ayants-droit ... des prescriptions du RNTSF et des prescriptions particulières éventuelles à respecter dans leurs interventions en forêt au titre de la présente autorisation.

Article 8 : Conditions financières

La présente autorisation est accordée à titre gratuit.

La présente autorisation est établie en deux exemplaires originaux destinés à chacun des signataires qui en ont eu lecture.

Fait à Boigny sur Bionne, le 25 novembre 2014

La Directrice d'Agence Centre Val de Loire

Madame Dominique de VILLEBONNE

Les titulaires de l'autorisation (*)

lu et approuvé

Messieurs Clément LAPLAIGE et Xavier RODIER
de l'Université François Rabelais de Tours

(*) faire précéder la signature de la mention "lu et approuvé"

UNIVERSITÉ
FRANÇOIS - RABELAIS
TOURS

CONVENTION DE PARTICIPATION AU PROJET LIDAR

ENTRE :

Domaine national de Chambord
Etablissement public à caractère industriel et commercial
Dont le siège est situé Château de Chambord – 41250 CHAMBORD
N° SIRET 483 258 596 00012
Code APE : 9103Z
Représenté par M. Jean d'Haussonville, directeur général,
Ci-après désigné par le « DNC »

D'une part,

ET :

L'UNIVERSITE FRANÇOIS RABELAIS,
Etablissement Public à caractère Scientifique, Culturel et Professionnel,
Dont le siège social est 3, rue des Tanneurs, BP 4103, 37041 Tours Cedex 1,
Représentée par son Président, Loïc VAILLANT,
Ci-après désignée par l'« Université »,

Le CNRS
Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique,
Dont le siège est situé 3 Rue Michel-Ange, 75794 PARIS CEDEX 16,
Représenté par son Directeur Général, Monsieur Alain FUCHS, lequel a délégué sa signature pour la présente convention à Monsieur Patrice SOULLIE, Délégué régional de la Délégation Centre Poitou-Charentes, située 3E, avenue de la Recherche Scientifique 45071 Orléans Cedex 2,
Ci-après désigné le « CNRS »

L'Université François Rabelais et le CNRS agissant tant en leur nom qu'au nom et pour le compte du laboratoire Cités TERritoires Environnement et Sociétés, UMR 7324 dirigé par Patrice Melé, ci-après désigné par « CITERES »,

De deuxième part,

L'Université et le CNRS sont ci-après désignés « les Etablissements ».

Les Etablissements et le DNC sont ci-après désignés individuellement par la « Partie » ou collectivement par les « Parties ».

ETANT PREALABLEMENT EXPOSE :

Dans le cadre du projet SOLIDAR, ci-après désigné par le « Projet » financé en grande partie par la Région Centre, CITERES prévoit une étude des sols sur les forêts de Chambord, Boulogne, Russy et Blois.

Le Domaine National de Chambord est partenaire du Projet. Outre la mise à disposition d'un certain nombre de données historiques et cartographiques, il propose un accès contrôlé au domaine pour le bon déroulement du Projet et participe financièrement au budget du Projet.

Par le présent contrat, les Parties entendent fixer les modalités de cette participation.

IL A ETE CONVENU CE QUI SUIT :

ARTICLE 1 - OBJET DE LA CONVENTION

CITERES conduit le projet SOLIDAR auquel le DNC participe financièrement et logistiquement (autorisation d'un accès contrôlé au domaine).

Le présent contrat a pour objet d'établir et de définir les modalités de cette participation.

ARTICLE 2 – DUREE du CONTRAT

Le présent contrat prend effet au 1er janvier 2015 et pour une durée de 3 (trois) ans.
Il pourra être renouvelé par voie d'avenant qui précisera notamment son objet, sa durée ainsi que les modalités de son financement.
Cependant, les dispositions des articles 6, 7, 8 et 9 resteront en vigueur nonobstant l'échéance ou la résiliation anticipée du contrat, pour la durée qui leur est propre.

ARTICLE 3 – REALISATION DE L'ETUDE

3.1 Responsables scientifiques

Les responsables scientifiques pour le suivi du Projet sont :
Pour CITERES : Xavier Rodier, responsable du Projet
Pour DNC : Luc Forlivesi, conservateur général, Directeur du patrimoine et des publics

3.2 Réalisation des travaux

La réalisation du Projet est confiée à CITERES.

Pour réaliser le Projet, le DNC permettra un accès contrôlé au domaine. Les modalités en seront fixées en accord avec le responsable scientifique du DNC qui consultera en interne les directions selon leurs compétences. Les jours d'accès seront précisés en fonction du calendrier des événements dont la préparation et le déroulement sont prévus sur le site du DNC . Il en sera de même pour les survols de la zone du DNC lors de l'acquisition des données.

3.3 Locaux et frais afférents

Le Projet sera réalisé dans les locaux de CITERES et du DNC.
Les responsables du Projet seront amenés à se déplacer sur ces deux sites pour la réalisation des travaux.

Si les locaux mis à disposition nécessitant des aménagements, la Partie qui a sollicité les aménagements en effectuera préalablement la demande formelle auprès de la Partie qui met les locaux à disposition et en assurera les frais. A l'expiration du Contrat, les changements ou améliorations apportés aux locaux resteront la propriété de la Partie qui a mis les locaux à disposition.

Les frais de fonctionnement général des matériels et les frais d'infrastructure courants mis à disposition de chacune des Parties sont à la charge de la Partie qui les utilise.

ARTICLE 4 – DEROULEMENT ET SUIVI DE L'ETUDE

Des réunions destinées à permettre au DNC et aux Etablissements d'être informés de l'avancée de l'Etude et des travaux effectués auront lieu, à compter du début de l'Etude, tous les trois (3) mois d'un commun accord dans les locaux soit du DNC, soit de CITERES. Néanmoins, des réunions intercalaires pourront être organisées à la demande de l'une ou de l'autre des Parties.

Par ailleurs, les Parties s'informeront mutuellement sans retard de toute difficulté rencontrée dans la réalisation de l'Etude.
D'un commun accord, les Parties pourront convenir de modifier et/ou réorienter certains travaux pour la réalisation de l'Etude.

ARTICLE 5 - MODALITES FINANCIERES

En contrepartie des engagements pris par les Etablissements, le DNC s'engage à verser à l'Université la somme forfaitaire suivante : 30 000 € (trente mille euros) qui seront versés en trois fois au 13 mars de chaque année (2015, 2016 et 2017).

Le versement de cette somme, sera effectué sur le compte du Trésor Public, ouvert au nom de l'Université à l'ordre de Mme l'Agent Comptable de l'Université François-Rabelais et couvrira l'ensemble de la participation du DNC au présent projet pendant la durée du présent contrat.

TITULAIRE DU COMPTE Université François Rabelais Madame l'Agent Comptable – 60, rue du plat d'étain – BP 12050 – 37020 TOURS Cedex 1				
Domiciliation	Code Banque	Code Guichet	N° de compte	Clé
TP Tours	10071	37000	00001000075	77
IBAN	FR76 1007 1370 0000 0010 0007 577		BIC	TRPUFRP1

La participation du DNC au financement de l'Etude n'est aucunement exclusive d'autres financements que CITERES pourrait obtenir de tiers dans le cadre de subventions, de bourses d'étude, ou autres.

ARTICLE 6 - CONFIDENTIALITE

6.1 On entend par « Informations Confidentielles », toutes les informations et toutes les données, sous quelque forme et de quelque nature qu'elles soient, incluant notamment tout document écrit ou imprimé, tout échantillon, modèle, toute connaissance brevetable ou non, se rapportant aux activités des Parties, divulguées par l'une à une autre au titre du présent contrat.

6.2 Chaque Partie s'engage à ne pas publier ou à ne pas divulguer, de quelque façon que ce soit les Informations Confidentielles appartenant aux autres Parties et dont elle pourrait avoir connaissance à l'occasion de l'exécution du présent contrat, sauf précision contraire de la Partie émettrice, et ce, tant que les Informations Confidentielles ne seront pas tombées dans le domaine public.

6.3 Les Parties s'engagent à ce que les Informations Confidentielles qui leurs sont transmises :
- soient protégées et gardées strictement confidentielles et soient traitées avec le même degré de précaution et de protection qu'elles accordent à leurs propres Informations Confidentielles;
- ne soient divulguées de manière interne qu'aux seuls membres de leur personnel ayant besoin de les connaître en vue de la réalisation des programme de recherche ;
- ne soient pas utilisées dans d'autres objectifs que ceux définis par le présent contrat ;
- ne soient ni copiées, ni reproduites, ni dupliquées sans autorisation écrite et spécifique de la Partie qui les a transmises.

6.4 Les Parties n'auront aucune obligation et ne seront soumises à aucune restriction eu égard à toutes les Informations Confidentielles dont elles peuvent apporter la preuve :
- qu'elles sont entrées dans le domaine public préalablement à leur divulgation ou après celle-ci par un tiers de bonne foi ;
- qu'elles sont déjà connues de celles-ci, cette connaissance préalable pouvant être démontrée par l'existence de documents appropriés dans leurs dossiers ;
- qu'elles ont été reçues d'un tiers autorisé à les divulguer, de manière licite, sans restriction ni violation du présent contrat ;
- que l'utilisation ou la divulgation ont été autorisées par écrit par la Partie de qui elles émanent ;
- que la divulgation est requise par toute loi ou décision de justice.

6.5 Toutes les Informations Confidentielles et leurs reproductions, transmises par une Partie resteront la propriété de cette et devront lui être restituées immédiatement sur simple demande.

ARTICLE 7 : PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

7.1 Toute publication ou communication d'informations, relatives aux résultats de l'Etude, par l'une des Parties, devra recevoir, pendant la durée du présent contrat et les douze (12) mois qui suivent son expiration, l'accord écrit de l'autre Partie qui fera connaître sa décision dans un délai maximum d'un mois à compter de la demande. Passé ce délai et faute de réponse, l'accord sera réputé acquis.

En conséquence, tout projet de publication ou communication sera soumis à l'avis de l'autre Partie qui pourra modifier ou supprimer certaines informations dont la divulgation serait de nature à porter préjudice à l'exploitation industrielle et commerciale, dans de bonnes conditions, des résultats de l'Etude.
Cependant, de telles modifications ou suppressions ne devront pas porter atteinte à la valeur scientifique de la publication.
De plus, l'autre Partie pourra retarder la publication ou la communication d'une période maximale de dix-huit (18) mois à compter de la demande si des informations contenues dans la publication ou communication, doivent faire l'objet d'une protection au titre de la propriété industrielle.

7.2 Toutefois les dispositions du présent article ne pourront faire obstacle :

- ni à l'obligation qui incombe aux personnels de recherche de chacune des Parties de produire un rapport d'activité à l'organisme dont ils relèvent, cette communication ne constituant pas une divulgation au sens des lois sur la propriété industrielle ;
- ni à la soutenance d'un rapport ou d'une thèse par un étudiant ou un doctorant ayant participé à un programme de recherche mis en œuvre dans le cadre du présent contrat.

7.3 Les éventuelles publications ou communications devront mentionner le concours apporté par chacune des Parties à la réalisation du programme de recherche, notamment par l'apposition du logo des Parties.

ARTICLE 8 - RESPONSABILITE

8.1 Dommage au personnel

Le personnel de chacune des Parties qui effectuera des travaux au titre du présent contrat conserve son statut quel que soit son lieu de travail effectif. Ce personnel devra néanmoins se conformer au règlement intérieur de la Partie qui l'accueille durant son temps de présence dans les locaux de celle-ci.
Chacune des Parties continuera d'assumer à l'égard du personnel qu'elle rémunère toutes les obligations sociales et fiscales et d'exercer envers lui toutes les prérogatives administratives de gestion.
Chaque Partie prend en charge la couverture de son personnel conformément à la législation applicable dans le domaine de la Sécurité Sociale, du régime des accidents du travail et des maladies professionnelles et dans le cadre de son statut propre, et procède aux formalités légales qui lui incombent.

8.2 Dommage aux biens

Chacune des Parties conserve à sa charge sans recours contre les autres Parties, sauf en cas de faute lourde ou intentionnelle, la réparation des dommages subis par ses biens propres du fait ou à l'occasion de l'exécution du présent contrat.

8.3 Dommage aux tiers

Chacune des Parties est responsable suivant les règles de droit commun des dommages de toute nature causés aux tiers.

ARTICLE 9 : RESILIATION

9.1 Une Partie pourra se prévaloir de plein droit de la résiliation du présent contrat en cas d'inexécution par une autre Partie de l'une quelconque des obligations contractuelles à sa charge, sans préjudice de tout autre droit ou action.

Une telle résiliation ne deviendra effective que trois mois après mise en demeure de la Partie plaignante envers la Partie défaillante, exposant par lettre recommandée avec demande d'avis de réception, les motifs de la plainte, à moins que dans ce délai, la Partie défaillante n'ait remédié à l'inexécution reprochée ou n'ait apporté la preuve d'un empêchement consécutif à un cas de force majeure.

L'exercice de cette faculté de résiliation ne dispensera pas la Partie défaillante de remplir les obligations contractées par elle jusqu'à la date d'effet de la résiliation ; la Partie plaignante conservera en outre le droit à réparation de tous dommages résultant pour elle de cette résiliation anticipée du présent contrat pour inexécution.

9.2 Le présent contrat sera résilié de plein droit en cas de cession totale ou partielle ainsi qu'en cas de redressement ou de liquidation judiciaire d'une Partie ; il sera également résilié de plein droit en cas de cessation d'activité ou de dissolution d'une Partie, sous réserve des dispositions légales en vigueur.

ARTICLE 10 - DISPOSITIONS DIVERSES

10.1 Cession

Le présent contrat étant conclu *intuitu personae*, aucune des Parties ne pourra céder de quelque façon que ce soit les droits et obligations qui en sont issus sans le consentement préalable des autres Parties.

10.2 Invalidité d'une clause

Si une ou plusieurs stipulations du présent contrat étaient tenues pour non valides ou déclarées telles en application d'un traité, d'une loi ou d'un règlement, ou encore à la suite d'une décision d'une juridiction compétente, les autres stipulations garderont toute leur force et leur portée.
Les Parties procèderont alors sans délai aux modifications nécessaires en respectant, dans la mesure du possible, l'accord de volonté existant au moment de la signature du contrat.

10.3 Modifications

Aucune addition ou modification des termes du présent contrat n'aura d'effet entre les Parties, à moins d'avoir fait l'objet d'un avenant signé par leurs représentants dûment habilités.

10.4 Tolérance

Toute tolérance consentie par l'une des Parties au regard de l'exécution par une autre Partie d'une quelconque de ses obligations découlant du contrat ne saurait être considérée, quelle que soit sa durée, comme une renonciation à ses droits et comme dispensant cette autre Partie d'accomplir à l'avenir la ou les obligations concernées dans les termes et conditions du présent contrat.

ARTICLE 11 : LOI APPLICABLE - LITIGES

Le présent contrat est soumis à la loi française.

Les Parties s'efforceront de résoudre à l'amiable les contestations qui pourraient surgir de l'interprétation ou de l'exécution du présent contrat. En cas de désaccord persistant, le litige sera porté devant les tribunaux français compétents.

A ....., Le .....

Fait en trois exemplaires (un par Partie),

Pour l'Université François Rabelais **Loïc VAILLANT, Président**	**Pour le Domaine National de Chambord** **Jean d'Haussonville, Directeur général**
Pour le CNRS **Patrice SOULLIE, Délégué Régional**	

UNIVERSITÉ FRANÇOIS - RABELAIS TOURS

ANNEXE 1 – PROGRAMME SCIENTIFIQUE

Présentation:

Les forêts domaniales de Chambord, Boulogne, Russy et Blois forment un massif de près de 25 000 ha au sein duquel le domaine de Chambord a été créé entre 1522 et 1650. Des prospections archéologiques de surface menées en lien avec la DRAC (Service Régional de l'Archéologie) depuis 10 ans, ont livré des traces d'occupation depuis le néolithique (http://www.archeoforet.org/).

Objectifs

S'inscrivant dans le programme de recherches Chambord-Châteaux au sein de la structure *Intelligence des patrimoines*, les partenaires réunis unissent leurs compétences et leurs moyens pour mettre en œuvre une campagne de télédétection aérienne LiDAR (Light Detection and Ranging). Le LiDAR fournit des données altimétriques de haute résolution pour l'analyse du couvert végétal ainsi que pour la détection des microreliefs sous couvert forestier révélant des structures archéologiques ou naturelles invisibles à l'œil. Le croisement des données LiDAR avec les sources archéologiques (prospections), écrites (textes et plans) et écologiques, permettra d'engager une étude diachronique du territoire considéré. Ce projet constitue une première en Région Centre. Ses objectifs sont l'apport de connaissances sur :

- l'histoire des paysages et des peuplements
- l'impact de l'utilisation ancienne des sols sur l'état et le fonctionnement des écosystèmes forestiers actuels.

Le projet SOLiDAR a pour ambition d'établir les protocoles de traitements adaptés pour la compréhension des dynamiques environnementales et culturelles afin de permettre l'étude diachronique de l'occupation du sol en croisant les données de télédétection et les sources archéologiques, écrites, géomorphologique et écologique.

Résultats attendus :

Les résultats attendus sont la découverte de structures susceptibles de révéler les dynamiques des activités agricoles (parcellaires, enclos, chemins…), forestières (cynégétique, charbonnage…) et du peuplement (habitats, tertres) ainsi que l'identification de témoins paléoenvironnementaux. L'analyse diachronique de ces structures permettra de mieux comprendre les transformations du paysage dans la longue durée par l'apport de connaissances sur l'histoire des paysages et des peuplements, l'impact de l'utilisation ancienne des sols sur l'état et le fonctionnement des écosystèmes forestiers actuels, les interactions entre l'hydrosystème et l'implantation du domaine de Chambord.

Annexe 2 : liste des données récolées dans le cadre du programme SOLiDAR

Titre	Fournisseur	Date	Nature	Format	Description	Travaux effectués dans le cadre du programme SOLiDAR
Données géographiques						
BD Parcellaire	IGN	2015	Planimétrique	Raster & vecteur	Parcellaire actuel du Loir-et-Cher	
BD Forêt	IGN	2015	Planimétrique	Vecteur	formation végétale du Loir-et- Cher	
BD NYME	IGN	2015	Planimétrique	vecteur		
BD TOPO	IGN	2015	Planimétrique	vecteur	réseau routier, voies ferrées, transport et énergie, hydrographie, bâti, végétation, orographie, administratif (communes), zones d'activités, toponymes	
Corine Land Cover	SOeS et l'Agence Européenne de l'Environnement	2006	Planimétrique	vecteur	Nature de la couverture du sol du Loir-et-Cher	
BD_alti	IGN	2015	Planimétrique	raster	MNT à 25 m	
Scan 25	IGN		Planimétrique	raster		
Orthophoto_historique	IGN	1967-1996	Planimétrique	raster	Orthophotographies historiques	géoréférencement
Orthophoto	IGN	2013	Planimétrique	raster		
Données géologiques						
Cartes géologiques 1/50000 n° 428 (Blois), 429 (Bracieux), 459 (Montrichard), 460 (Romorantin)	BRGM	1977-2007	Planimétrique	raster	Carte du substrat géologique affleurant au 1/50000	géoréférencement, harmonisation, vectorisation
Base de données du sous-sol	BRGM	2015	Base de données	Base de données	Données de sondages effectuées par le BRGM	vectorisation
Données forestières						
Carte du parcellaire des 3 forêts (Blois, Boulogne, Russy)	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Parcellaire des 3 forêts (Blois, Boulogne, Russy)	transformation de la projection en L93
stations dans Russy	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Stations forestières dans Russy	transformation de la projection en L93
stations dans Boulogne	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Stations forestières dans Boulogne	transformation de la projection en L93
Cartes du peuplement Blois	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Peuplement dans la forêt de Blois	transformation de la projection en L93
Cartes du peuplement	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Peuplement dans la forêt de Russy	transformation de la projection en L93

Russy						
cantons	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Cantons	transformation de la projection en L93
richesses culturelles Blois	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Richesses culturelles dans la forêt de Blois	transformation de la projection en L93
Carte de la sensibilité paysagère Blois	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Sensibilité paysagère dans la forêt de Blois	transformation de la projection en L93
concessions d'eau potable à Blois	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Concessions d'eau potable dans la forêt de Blois	transformation de la projection en L93
concessions d'eaux usées à Blois	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Concessions d'eaux usées dans la forêt de Blois	transformation de la projection en L93
concessions de gaz à Blois	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Concessions de gaz dans la forêt de Blois	transformation de la projection en L93
concessions de lignes électriques à Blois	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Concessions de lignes électriques dans la forêt de Blois	transformation de la projection en L93
concessions de lignes téléphoniques à Blois	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Concessions de lignes téléphoniques dans la forêt de Blois	transformation de la projection en L93
concessions de monuments à Blois	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Concessions de monuments dans la forêt de Blois	transformation de la projection en L93
concessions de portillons à Blois	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Concessions de portillons dans la forêt de Blois	transformation de la projection en L93
concessions de ruchers à Blois	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Concessions de ruchers dans la forêt de Blois	transformation de la projection en L93
concessions de transformateurs à Blois	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Concessions de transformateurs dans la forêt de Blois	transformation de la projection en L93
dessertes Blois	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Dessertes dans la forêt de Blois	transformation de la projection en L93
dessertes Boulogne	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Dessertes dans la forêt de Boulogne	transformation de la projection en L93
dessertes Russy	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Dessertes dans la forêt de Russy	transformation de la projection en L93
sentiers Russy	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Sentiers dans la forêt de Russy	transformation de la projection en L93
Carte géologique Blois	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Carte géologique de la forêt de Blois	transformation de la projection en L93
Carte géologique Russy	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Carte géologique de la forêt de Russy	transformation de la projection en L93
limites forestières Blois	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Limites forestières dans la forêt de Blois	transformation de la projection en L93
limites forestières Russy	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Limites forestières dans la forêt de Russy	transformation de la projection en L93
mares Boulogne	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Mares dans la forêt de Boulogne	transformation de la projection en L93
unités de gestion Boulogne	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Unités de gestion dans la forêt de Boulogne	transformation de la projection en L93
unités de gestion Blois	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Unités de gestion dans la forêt de Blois	transformation de la projection en L93

ZNIEFF Boulogne	ONF	2015	Planimétrique	vecteur	Zones d'Interêt Ecologique, Faunistique et Floristique dans la forêt de Boulogne	transformation de la projection en L93
Plan forestier de Chambord	DNC	2015	Planimétrique	vecteur	Classement en Natura 2000, toponyme, nature de la parcelle et nature du peuplement végétal	
Données archéologiques						
ea_geoloc_41_lidar	SRA C-VdL	2015	Planimétrique	vecteur	Sites archéologiques dont la position n'est pas connue	
ea_pt_41_lidar	SRA C-VdL	2015	Planimétrique	vecteur	Sites archéologiques extraits de Patriarche au format ponctuel	
ea_pol_41_lidar	SRA C-VdL	2015	Planimétrique	vecteur	Sites archéologiques extraits de Patriarche au format polygone	
Déclarations de découverte archéologique	L. Magiorani	1999 - 2013	texte	fiches de DDA		
Cartes des découvertes	L. Magiorani	2014	Planimétrique	raster	Plans des découvertes au 1/10000	géoréférencement
Tableaux récapitulatifs des sites	L. Magiorani	2014	Base de données	Base de données	Intégralité des sites découverts sous format .xls	vectorisation, harmonisation et mise en place des correspondances avec Patriarche
Données archivistiques						
Cadastre napoléonien	AD41	1809-1827	Planimétrique	raster	regroupe toutes les feuilles de toutes les communes concernées par le programme	géoréférencement
Carte de Cassini	IGN	18èmes	Planimétrique	raster	feuille n°29	géoréférencement
Carte d'état-major	IGN	1840	Planimétrique	raster	Couleur, 1/80000, feuilles 108NE et 108 NO (Blois)	géoréférencement
1_Fi_01467	AD41	1755	Planimétrique	raster	Plan cadastral de la commune de Chambon-sur-Cisse	géoréférencement
1_Fi_00382	AD41	n.d.	Planimétrique	raster	Plan cadastral de la commune de Chouzy-sur-Cisse	géoréférencement
1_Fi_00599	AD41	1774	Planimétrique	raster	Plan cadastral d'une pièce de bois de la commune de Chouzy-sur-Cisse (le Veaurenar, les Haguères et le Veaujagot)	Non géoréférençable
1_Fi_01469	AD41	1757	Planimétrique	raster	Plan cadastral du Léage	géoréférencement
1_Fi_00068	AD41	n.d.	Planimétrique	raster	Plan cadastral d'une partie de la commune de Cour Cheverny	Non géoréférençable
1_Fi_00163	AD41	n.d.	Planimétrique	raster	Plan cadastral de la forêt de Blois	géoréférencement
1_Fi_00199	AD41	1901	Planimétrique	raster	Plan topographique de la forêt de Blois	géoréférencement
1_Fi_01585	AD41	1671	Planimétrique	raster	Plan (17ème siècle) du prieuré de Boulogne en	géoréférencement

					forêt de Boulogne	
1_FI_00076	AD41	n.d.	Planimétrique	raster	Plan cadastral d'une partie de la commune de Huisseau-sur-Cosson	géoréférencement
1_Fi_00084	AD41	n.d.	Planimétrique	raster	Plan cadastral d'une partie de la commune d'Orchaise	Non géoréférençable
1_Fi_00387	AD41	n.d.	Planimétrique	raster	Plan du château de Chambord et de ses aménagements	géoréférencement
1_Fi_00388	AD41	n.d.	Planimétrique	raster	Plan du château de Chambord et de ses aménagements	géoréférencement
1_Fi_00028_00001	AD41	1785	Planimétrique	raster	Plan circulaire de la « Parroisse de Seur. Diocèse de Blois. 1785. »	Non géoréférençable
1_Fi_00028_00002	AD41	1790	Planimétrique	raster	« Plan topographique de la Parroisse de Seur, du canton de Celettes, du district et du département du Loir-et-Cher 1790 »	géoréférencement
1_Fi_00233	AD41	n.d.	Planimétrique	raster	Plan du grand chemin de Seur à Blois	géoréférencement
AD41, 58 Fi 1	AD41 via Ipat	n.d.	Planimétrique	raster	[Plan du château et du village de Chambord]	
AD41, 58Fi 2	AD41 via Ipat	n.d.	Planimétrique	raster	Plan du parc de Chambord	
AD41, 58 Fi 4	AD41 via Ipat	1891	Planimétrique	raster	[Aménagement des bois de Chambord divisés en 20 séries comprises sous les numéros 1 à 20]	
AD41, 58 Fi 5	AD41 via Ipat	1913	Planimétrique	raster	Plan géométral du parc de Chambord, dressé en 1913 par A. Florent, ancien Arpenteur Géomètre, sous la direction de Mr le Comte de Traversay, gouverneur du Domaine	
AD41, 58 Fi 6	AD41 via Ipat	1913	Planimétrique	raster	Plan géométral du parc de Chambord, dressé en 1913 par A. Florent, ancien Arpenteur Géomètre, sous la direction de Mr le Comte de Traversay, gouverneur du Domaine	
AD41, 58Fi 7	AD41 via Ipat	1852	Planimétrique	raster	Domaine de Chambord : plaine entre la route de St Dié et celle de Muides	
AD41, 58Fi 8	AD41 via Ipat	n.d.	Planimétrique	raster	[Plan général du Domaine de Chambord : forêts de Blois, Boulogne et Russy]	
AD41, 58Fi 9	AD41 via Ipat	n.d.	Planimétrique	raster	[Plan du domaine de Chambord]	
AD41, 58 Fi 10	AD41 via Ipat	n.d.	Planimétrique	raster	[Plan du château et du village de Chambord]	
AD41, 58 Fi 12	AD41 via Ipat	n.d.	Planimétrique	raster	[Domaine de Chambord. Plan du cours du Cosson (1ère feuille)]	

AD41, 58 Fi 14	AD41 via Ipat	n.d.	Planimétrique	raster	[Plan de jardins français du Château de Chambord avec indication des essences à planter place Charles X]	
AD41, 58 Fi 15	AD41 via Ipat	n.d.	Planimétrique	raster	[Grande faisanderie - plan d'un parc d'agrément (jardin anglais) dans le Domaine de Chambord]	
AD41, 58 Fi 16	AD41 via Ipat	n.d.	Planimétrique	raster	[Plan de jardin anglais pour le jardin du presbytère du Domaine de Chambord]	
AD41, 58Fi 21	AD41 via Ipat	1869	Planimétrique	raster	Plans des ronds du parc de Chambord : rond de St Dié	
AD41, 58Fi 22	AD41 via Ipat	n.d.	Planimétrique	raster	Rond de la Belle Pierre	
AD41, 58 Fi 23	AD41 via Ipat	1866	Planimétrique	raster	[Plan de la plantation au droit de l'hôtel Saint Michel, Domaine de Chambord]	
AD41, 58 Fi 24	AD41 via Ipat	n.d.	Planimétrique	raster	[Plan d'aménagement de la Place Charles X du Domaine de Chambord, avec plan de plantations et indication des essences à utiliser]	
AD41, 58 Fi 60	AD41 via Ipat	Vers 1820	Planimétrique	raster	[Plan général du Domaine de Chambord : commune et château plus détaillé]	géoréférencement
AD41, 58 Fi 518	AD41 via Ipat	Fin XVIIIe	Planimétrique	raster	Plan de la forêt de Boulogne, minute d'arpentage, ech en toises	
NII Loir-et-Cher 2	Archives Nationales via L. Magiorani	fin XVIIIe	Planimétrique	raster	Plan dit "Polignac	géoréférencement
Plan 1600	L. Magiorani	XVIIe	Planimétrique	raster	Peinture murale, due à Louis Poisson, au rez-de-chaussée (galerie de cerfs) de l'aile dite de la galerie de Diane, au château de Fontainebleau	géoréférencement
btv1b7711017f_Herbault_XVIIIeme	Gallica	XVIIe	Planimétrique	raster	Carte des terres d'Herbault	géoréférencement
btv1b7711020x_cellette_beauregard_XVIIIeme	Gallica	XVIII	Planimétrique	raster	Carte des terres de Celettes	géoréférencement
btv1b8441350d_chambord_Desmadryl_1835	Gallica	1835	Planimétrique	raster	Plan du parc avec les fermes	géoréférencement
btv1b8443576z_plan_russy_XVIIIeme	Gallica	XVIIIe	Planimétrique	raster	Plan de la forêt de Russy avec délimitation administrative	géoréférencement
btv1b8492739f_chambord_1675	Gallica	1675	Planimétrique	raster	Plan du domaine avec chemin et couverture	géoréférencement

btv1b8592005g_Chambord_XVIIIeme	Gallica	XVIIIe	Planimétrique	raster	Plan circulaire de Chambord	géoréférencement
btv1b8592006w_foret_de_boulogne_XVIIIeme	Gallica	XVIIIe	Planimétrique	raster	Plan de la forêt de Boulogne avec délimitation administrative	géoréférencement
btv1b8592012m_chambon_XVIIIeme	Gallica	XVIIIe	Planimétrique	raster	Carte des terres de Chambon	géoréférencement
btv1b53062016v_Loir_et_cher_1818	Gallica	1818	Planimétrique	raster	Plan du Loir et Cher, trame viaire, toponyme, couvert	géoréférencement
btv1b53064649d_chambord_1693	Gallica	1693	Planimétrique	raster	Abords du château et constructions	géoréférencement
btv1b530650133j_forets_environs_de_blois_1926	Gallica	1926	Planimétrique	raster	Trame viaire, toponyme et couvert sur les 4 massifs	géoréférencement
btv1b59729892_pays_blaisois_1663	Gallica	1663	Planimétrique	raster	Plan avec hydro, toponyme, couvert	
btv1b85920079_plan_russy_XVIIIeme	Gallica	XVIIIe	Planimétrique	raster	Plan de la forêt de Russy avec délimitation administrative	géoréférencement
btv1b85920131_foret_de_blois_XVIIIeme	Gallica	XVIIIe	Planimétrique	raster	Plan de la forêt de Blois avec délimitation administrative	géoréférencement
btv1b530092076_cellettes_1732	Gallica	1732	Planimétrique	raster	Plan circulaire de Celettes	géoréférencement
btv1b531003944_plan_Blois_1833	Gallica	1833	Planimétrique	raster	Plan de la commune	géoréférencement
btv1b550047089_pays_blaisois_1591	Gallica	1591	Planimétrique	raster	Plan avec hydro, toponyme, couvert	géoréférencement
btv1b55005148 1_capitainerie_Blois	Gallica	nd	Planimétrique	raster	Plan avec trame viaire, hydro, toponyme, couvert	géoréférencement

Annexe 3 : liste des opérations menées en 2015 et 2016

FID	type	mobilier	année	X__L93_	Y_L93_
57	prospection_pedestre	oui	2015	576428.047	6716783.12
58	prospection_pedestre	oui	2015	578926.376	6719231.48
59	prospection_pedestre	oui	2015	577401.26	6716819.84
60	prospection_pedestre	oui	2015	579506.908	6718487.65
61	prospection_pedestre	oui	2015	586066.986	6722174.4
62	prospection_pedestre	oui	2015	585570.86	6721031.88
0	EM31	sans_objet	2016	591749.392	6726368.84
1	panneau_elec	sans_objet	2016	591875.163	6726426.5
2	panneau_elec	sans_objet	2016	591993.918	6726465.85
3	panneau_elec	sans_objet	2016	591512.271	6726292.01
4	panneau_elec	sans_objet	2016	591534.172	6726177.18
5	forage	sans_objet	2016	591488.794	6726314.31
6	forage	sans_objet	2016	591509.673	6726305.67
7	forage	sans_objet	2016	591513.685	6726291.14
8	forage	sans_objet	2016	591522.228	6726263.86
9	forage	sans_objet	2016	591519.913	6726278.09
10	forage	sans_objet	2016	591548.329	6726171.47
11	forage	sans_objet	2016	591870.219	6726453.34
12	forage	sans_objet	2016	591889.102	6726409.38
13	forage	sans_objet	2016	591883.253	6726392.02
14	prospection_pedestre	non	2016	570896.201	6719268.8
15	prospection_pedestre	non	2016	570798.433	6719134.67
16	prospection_pedestre	non	2016	570744.165	6719039.36
17	prospection_pedestre	non	2016	570617.676	6719355.66
18	prospection_pedestre	non	2016	570601.429	6719251.81
19	prospection_pedestre	non	2016	570773.292	6719568.62
20	prospection_pedestre	non	2016	569820.399	6718675.18
21	prospection_pedestre	non	2016	569642.742	6718703.91
22	prospection_pedestre	non	2016	569505.798	6718580.14
23	prospection_pedestre	non	2016	567646.915	6719676.67
24	prospection_pedestre	non	2016	569679.773	6722528.73
25	prospection_pedestre	oui	2016	569590.052	6722659.34
26	prospection_pedestre	non	2016	569821.335	6722634.58
27	prospection_pedestre	non	2016	580634.353	6719235.97
28	prospection_pedestre	non	2016	580467.794	6719500.49
29	prospection_pedestre	non	2016	581413.477	6718643.83
30	prospection_pedestre	non	2016	581422.666	6718601.16
31	prospection_pedestre	non	2016	581188.096	6718480.89
32	prospection_pedestre	non	2016	581233.807	6718375.52
33	prospection_pedestre	oui	2016	581231.643	6718264.08
34	prospection_mag	sans_objet	2016	580235.765	6718471.91
35	prospection_mag	sans_objet	2016	579540.034	6718512.54
36	prospection_mag	sans_objet	2016	576436.858	6716782.9
37	ferrier	oui	2016	596159.023	6720452.7

38	ferrier	oui	2016	585857.385	6718526.91
39	ferrier	oui	2016	585984.498	6718870.84
40	ferrier	oui	2016	586040.078	6718883.1
41	ferrier	oui	2016	586191.331	6718582.94
42	ferrier	oui	2016	586388.084	6718629.89
43	ferrier	oui	2016	586552.081	6718684.81
44	ferrier	oui	2016	587464.746	6718617.44
45	ferrier	oui	2016	587555.295	6718585.09
46	ferrier	oui	2016	587144.032	6718795.98
47	ferrier	oui	2016	587170.182	6718893.45
48	ferrier	oui	2016	586743.04	6718685.19
49	ferrier	oui	2016	587396.869	6718927.12
50	ferrier	oui	2016	589355.312	6719323.58
51	ferrier	oui	2016	589184.309	6718911.64
52	ferrier	oui	2016	587134.226	6720124.32
53	ferrier	oui	2016	588335.935	6720010.75
54	ferrier	oui	2016	588051.185	6720522.58
55	ferrier	oui	2016	588888.068	6720960.94
56	ferrier	oui	2016	589151.064	6720836.32
63	prospection_pedestre	non	2016	574312.626	6716918.83
64	prospection_pedestre	oui	2016	580091.424	6719030.38
65	prospection_pedestre	non	2016	578609.802	6718481.4
66	prospection_pedestre	oui	2016	578003.161	6717591.59
67	prospection_pedestre	oui	2016	579783.004	6717614.41
68	prospection_pedestre	non	2016	580915.293	6716777.23
69	prospection_pedestre	non	2016	580781.638	6718975.23
70	prospection_pedestre	oui	2016	575138.203	6716814.37
71	prospection_pedestre	non	2016	580203.242	6718636.08
72	prospection_pedestre	non	2016	580418.581	6717873.12
73	prospection_pedestre	oui	2016	580381.799	6716822.48
74	prospection_pedestre	non	2016	596086.461	6722813.2
75	prospection_pedestre	non	2016	596187.726	6722901.59
76	prospection_pedestre	non	2016	596253.439	6722711.38
77	prospection_pedestre	non	2016	595199.841	6722200.01
78	prospection_pedestre	non	2016	595161.792	6720120.09
79	prospection_pedestre	non	2016	595198.432	6720180.35
80	prospection_pedestre	oui	2016	587099.498	6718771.37
81	prospection_pedestre	oui	2016	583093.158	6721181.67
82	prospection_pedestre	non	2016	593323.256	6721184.8
83	prospection_pedestre	oui	2016	595003.316	6723109.73
84	prospection_pedestre	non	2016	595825.107	6722092.82
85	prospection_pedestre	oui	2016	595924.751	6721901.96
86	prospection_pedestre	oui	2016	596210.901	6721570.3
87	prospection_pedestre	oui	2016	596071.924	6721631.13
88	prospection_pedestre	oui	2016	595994.796	6721527.05
89	prospection_pedestre	non	2016	596280.431	6721780.49

90	prospection_pedestre	non	2016	595504.125	6721364.36
91	prospection_pedestre	oui	2016	592119.983	6720643.47
92	prospection_pedestre	non	2016	591583.179	6720837.62
93	prospection_pedestre	non	2016	591580.168	6720586.33
94	prospection_pedestre	non	2016	592203.442	6720807.31
95	prospection_pedestre	non	2016	591018.645	6720031.96
96	prospection_pedestre	non	2016	591113.857	6720148.36
97	prospection_pedestre	non	2016	591286.122	6720043
98	prospection_pedestre	oui	2016	589077.621	6723191.35

Annexe 4 : protocole de traitement des données électriques

Inversion settings
Initial damping factor (0.01 to 1.00)
0.1600
Minimum damping factor (0.001 to 0.75)
0.0150
Line search option (0=Never, 1=Sometimes, 2=Always)
2
Convergence limit for relative change in RMS error in percent (0.1 to 20)
5.0000
Minimum change in RMS error for line search in percent (0.5 to 100)
0.5000
Number of iterations (1 to 30)
5
Vertical to horizontal flatness filter ratio (0.25 to 4.0)
0.5000
Model for increase in thickness of layers(0=default 10, 1=default 25, 2=user defined)
2
Number of nodes between adjacent electrodes (2 or 4)
4
Flatness filter type, Include smoothing of model resistivity (0=model changes only,1=directly on model)
1
Reduce number of topographical datum points? (0=No,1=Yes. Recommend leave at 0)
0
Carry out topography modeling? (0=No,1=Yes)
1
Type of topography trend removal (0=Average,1=Least-squares,2=End to end)
1
Type of Jacobian matrix calculation (0=Quasi-Newton, 1=Gauss-Newton, 2=Mixed)
1
Increase of damping factor with depth (1.0 to 2.0)
1.0500
Type of topographical modeling (0=None, 1=No longer supported so do not use, 2=uniform distorted FEM, 3=underwater, 4=damped FEM, 5=FEM with inverse Swartz-Christoffel)
4
Robust data constrain? (0=No, 1=Yes)
1
Cutoff factor for data constrain (0.0001 to 0.1))
0.1000
Robust model constrain? (0=No, 1=Yes)
1
Cutoff factor for model constrain (0.0001 to 1.0)
0.0100
Allow number of model parameters to exceed datum points? (0=No, 1=Yes)
1
Use extended model? (0=No, 1=Yes)
0
Reduce effect of side blocks? (0=No, 1=Slight, 2=Severe, 3=Very Severe)
2
Type of mesh (0=Normal,1=Fine,2=Finest)
0
Optimize damping factor? (0=No, 1=Yes)
0
Time-lapse inversion constrain (0=None,1=Least-squares,2=Smooth,3=Robust)
0
Type of time-lapse inversion method (0=Simultaneous,1=Sequential)
0
Thickness of first layer (0.25 to 1.0)
0.5000
Factor to increase thickness layer with depth (1.0 to 1.25)

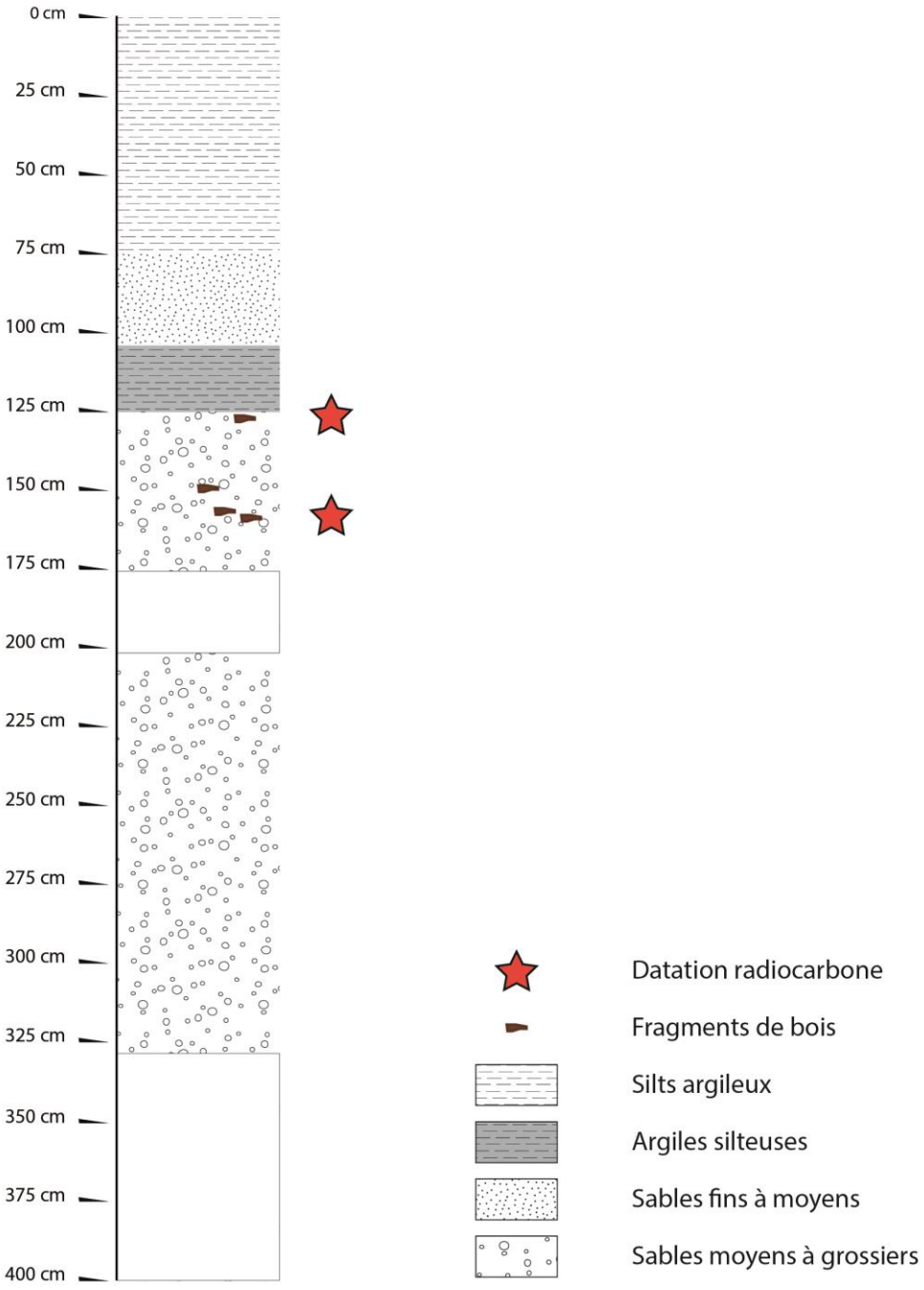
1.1000
USE FINITE ELEMENT METHOD (YES=1,NO=0)
1
WIDTH OF BLOCKS (1=NORMAL WIDTH, 2=DOUBLE, 3=TRIPLE, 4=QUADRAPLE, 5=QUINTIPLE)
1
MAKE SURE BLOCKS HAVE THE SAME WIDTH (YES=1,NO=0)
1
RMS CONVERGENCE LIMIT (IN PERCENT)
1.000
USE LOGARITHM OF APPARENT RESISTIVITY (0=USE LOG OF APPARENT RESISTIVITY, 1=USE RESISTANCE VALUES, 2=USE APPARENT RESISTIVITY)
0
TYPE OF IP INVERSION METHOD (0=CONCURRENT,1=SEQUENTIAL)
0
PROCEED AUTOMATICALLY FOR SEQUENTIAL METHOD (1=YES,0=NO)
0
IP DAMPING FACTOR (0.01 to 1.0)
0.100
USE AUTOMATIC IP DAMPING FACTOR (YES=1,NO=0)
0
CUTOFF FACTOR FOR BOREHOLE DATA (0.0005 to 0.02)
0.00300
TYPE OF CROSS-BOREHOLE MODEL (0=normal,1=halfsize)
0
LIMIT RESISTIVITY VALUES(0=No,1=Yes)
1
Upper limit factor (10-50)
3.000
Lower limit factor (0.02 to 0.1)
0.333
Type of reference resistivity (0=average,1=first iteration)
0
Model refinement (1.0=Normal,0.5=Half-width cells)
1.00
Combined Combined Marquardt and Occam inversion (0=Not used,1=used)
0
Type of optimization method (0=Gauss-Newton,2=Incomplete GN)
0
Convergence limit for Incomplete Gauss-Newton method (0.005 to 0.05)
0.010
Use data compression with Incomplete Gauss-Newton (0=No,1=Yes)
0
Use reference model in inversion (0=No,1=Yes)
0
Damping factor for reference model (0.0 to 0.3)
0.01000
Use fast method to calculate Jacobian matrix. (0=No,1=Yes)
1
Use higher damping for first layer? (0=No,1=Yes)
0
Extra damping factor for first layer (1.0 to 100.0)
2.50000
Type of finite-element method (0=Triangular,1=Trapezoidal elements)
1
Factor to increase model depth range (1.0 to 5.0)
1.000
Reduce model variations near borehole (0=No, 1=Yes)
0
Factor to control the degree variations near the boreholes are reduced (2 to 100)
5.0
Factor to control variation of borehole damping factor with distance (0.5 to 5.0)
1.0
Floating electrodes survey inversion method (0=use fixed water layer, 1=Incorporate water layer into the model)

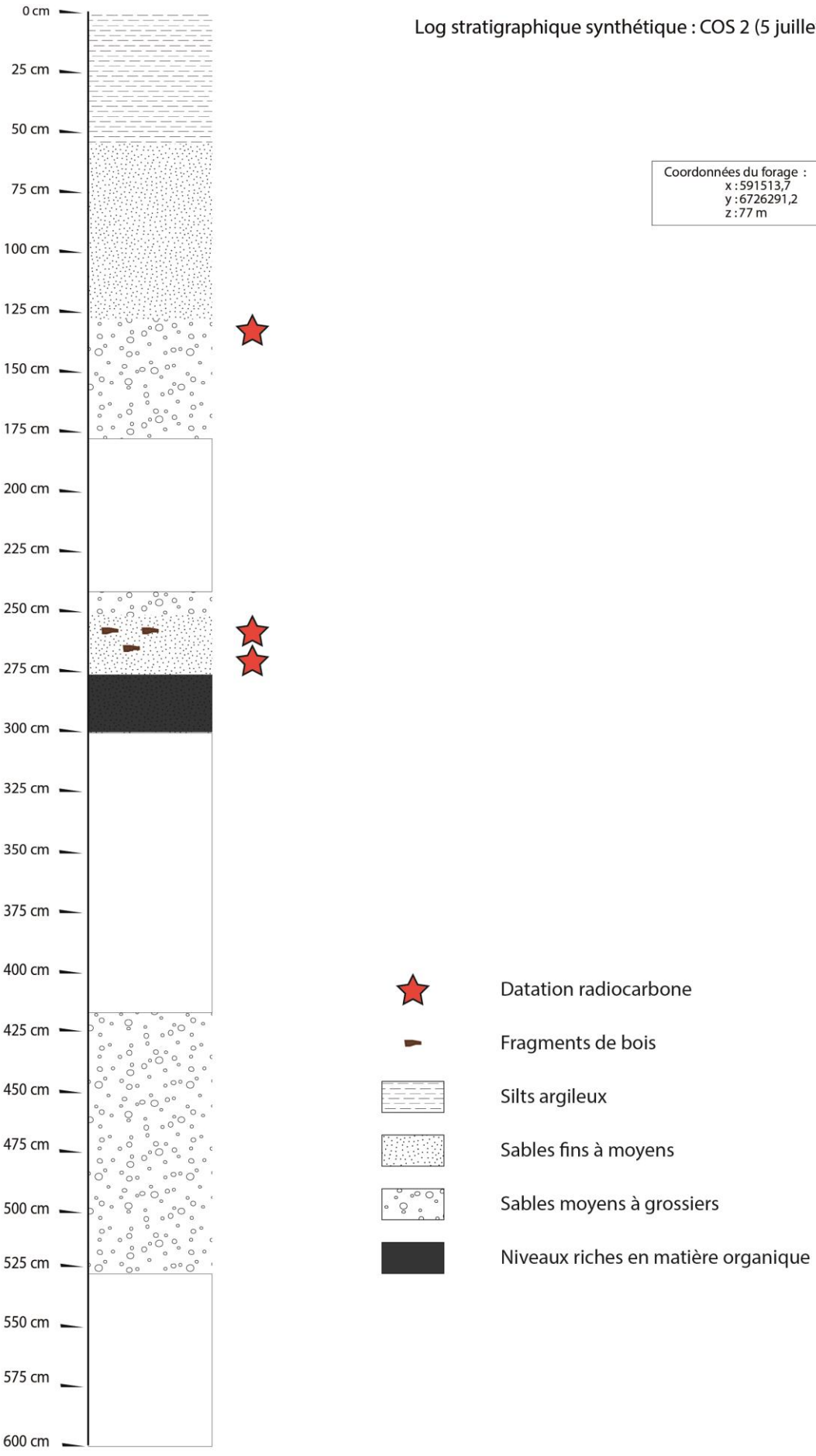
0
Resistivity variation within water layer (0=allow resistivity to vary freely,1=minimize variation)
1
Use sparse inversion method for very long survey lines (0=No, 1=Yes)
0
Optimize Jacobian matrix calculation (0=No, 1=Yes)
0
Automatically switch electrodes for negative geometric factor (0=No, 1=Yes)
1
Force resistance value to be consistant with the geometric factor (0=No, 1=Yes)
0
Shift the electrodes to round up positions of electrodes (0=No, 1=Yes)
0
Use difference of measurements in time-lapse inversion (0=No,1=Yes)
0
Use active constraint balancing (0=No,1=Yes)
0
Type of active constraints (0=Normal,1=Reverse)
0
Lower damping factor limit for active constraints
0.4000
Upper damping factor limit for active constraints
2.5000
Water resistivity variation damping factor
5.0000

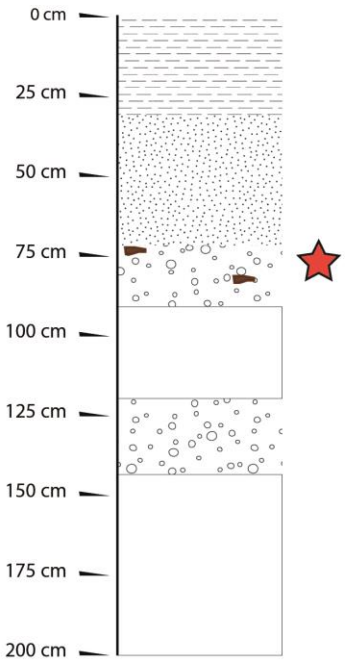
Annexe 5 : Stratigraphie des sondages effectués dans le lit majeur du Cosson

Log stratigraphique synthétique : COS 1 (5 juillet 2016)

Coordonnées du forage :
x : 591521,9
y : 6726263,7
z : 77 m




Log stratigraphique synthétique : COS 2 (5 juillet 2016)
Coordonnées du forage :
x : 591513,7
y : 6726291,2
z : 77 m
0 cm
25 cm
50 cm
75 cm
100 cm
125 cm
150 cm
175 cm
200 cm
225 cm
250 cm
275 cm
300 cm
325 cm
350 cm
375 cm
400 cm
425 cm
450 cm
475 cm
500 cm
525 cm
550 cm
575 cm
600 cm
Datation radiocarbone
Fragments de bois
Silts argileux
Sables fins à moyens
Sables moyens à grossiers
Niveaux riches en matière organique



Log stratigraphique synthétique : COS 3 (5 juillet 2016)

Coordonnées du forage :
x : 591489
y : 6726314,2
z : 77 m

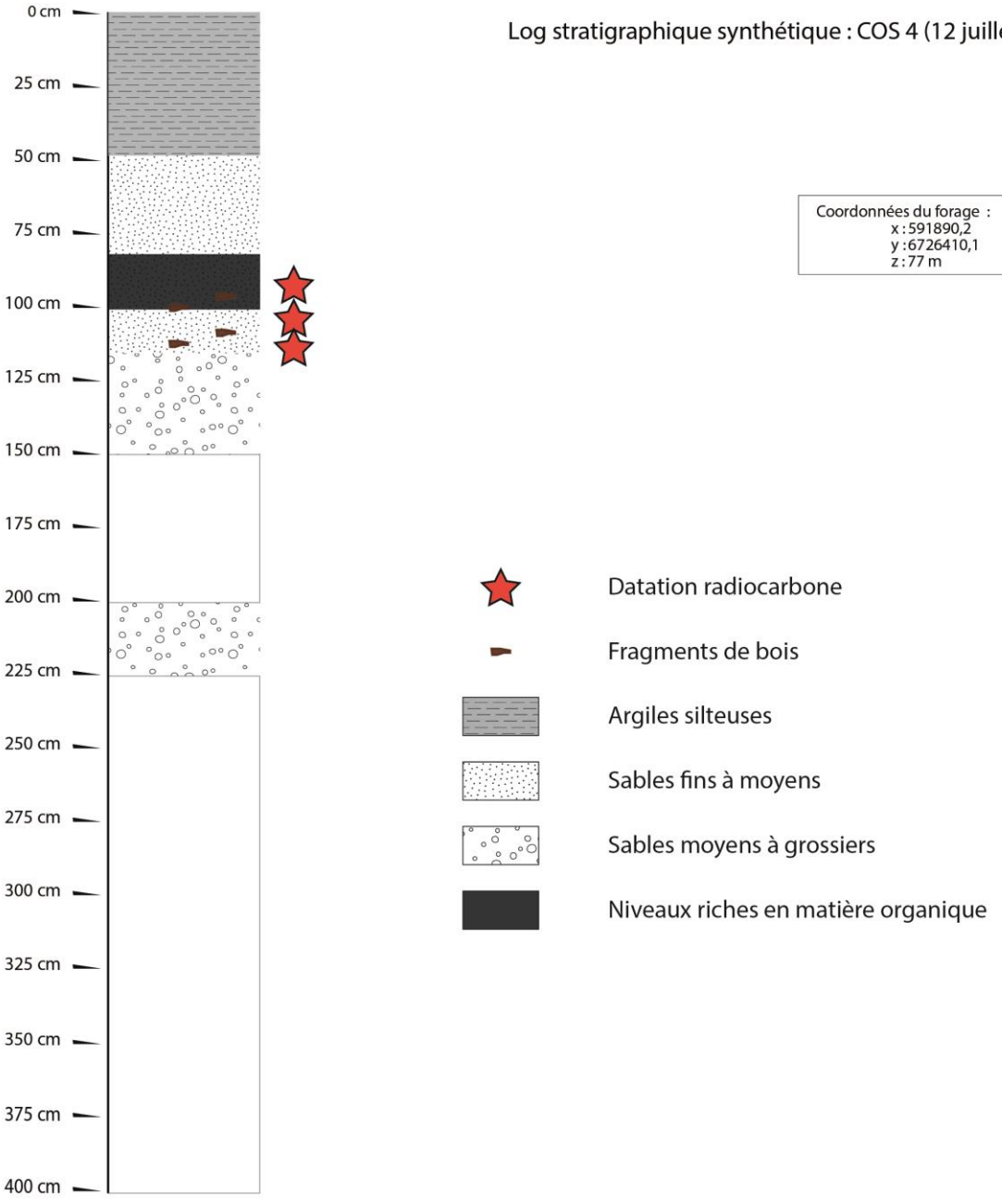
Datation radiocarbone

Fragments de bois

Silts argileux

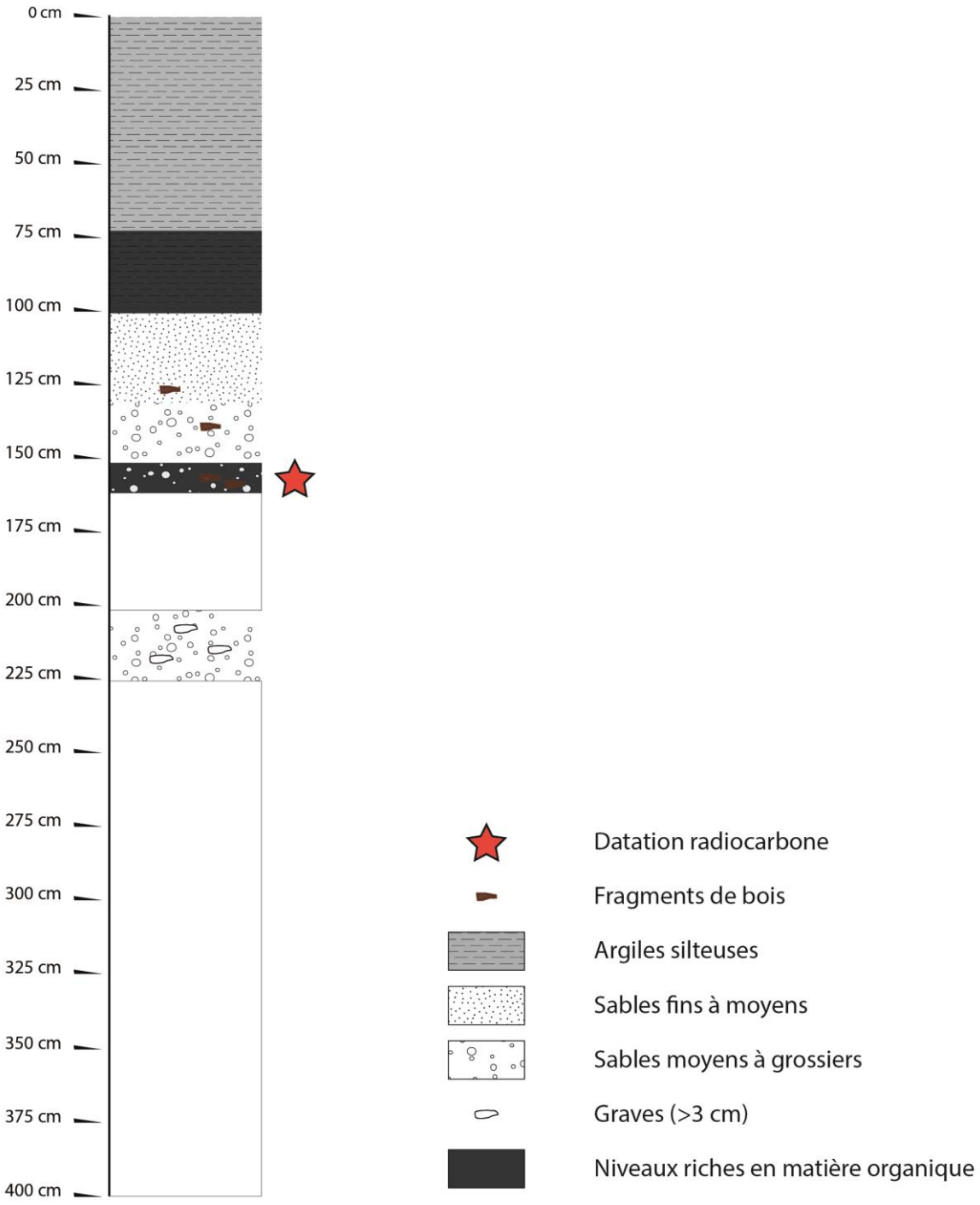
Sables fins à moyens

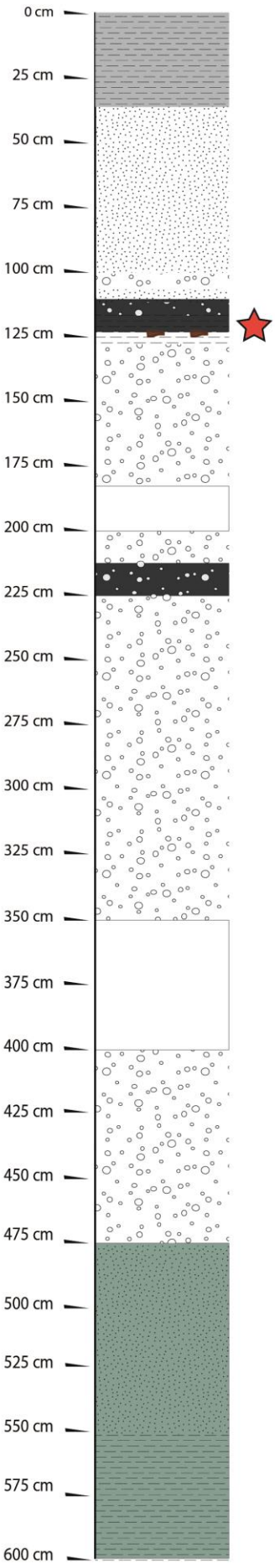
Sables moyens à grossiers


Log stratigraphique synthétique : COS 4 (12 juillet 2016)
0 cm
25 cm
50 cm
75 cm
100 cm
125 cm
150 cm
175 cm
200 cm
225 cm
250 cm
275 cm
300 cm
325 cm
350 cm
375 cm
400 cm
Coordonnées du forage :
x : 591890,2
y : 6726410,1
z : 77 m
Datation radiocarbone
Fragments de bois
Argiles silteuses
Sables fins à moyens
Sables moyens à grossiers
Niveaux riches en matière organique

Log stratigraphique synthétique : COS 5 (12 juillet 2016)

Coordonnées du forage :
x : 591883,5
y : 6726391,9
z : 77 m





Log stratigraphique synthétique : COS 6 (12 juillet 2016)

Coordonnées du forage :
x : 591870,3
y : 6726453
z : 77 m

Datation radiocarbone

Fragments de bois

Argiles silteuses

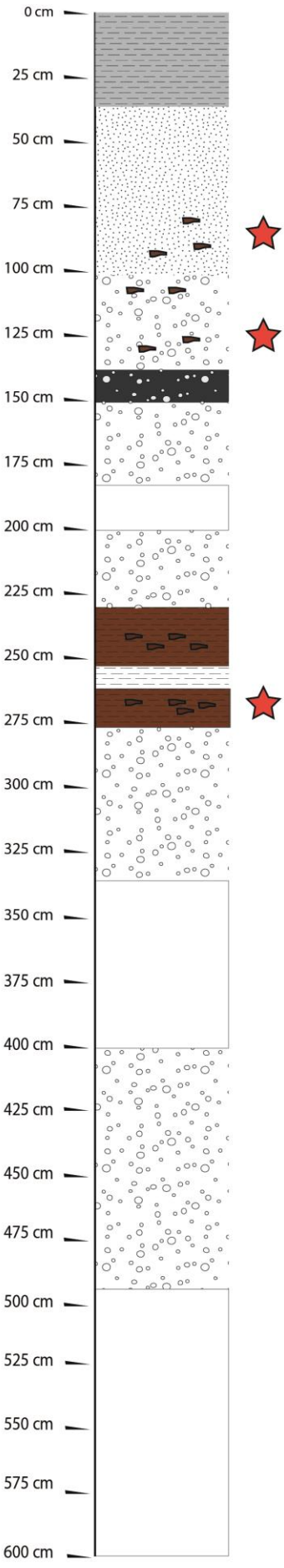
Silts argileux

Sables fins à moyens

Sables moyens à grossiers

Niveaux riches en matière organique

Substratum: Sables et Argiles de Sologne (Miocène)



Log stratigraphique synthétique : COS 7 (13 juillet 2016)

Coordonnées du forage :
x : 591518,8
y : 6726277,6
z : 77 m

Datation radiocarbone

Fragments de bois

Argiles silteuses

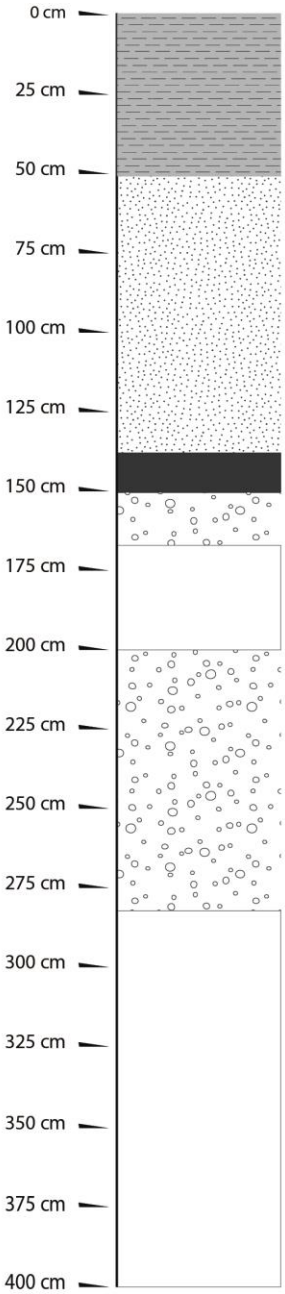
Silts argileux

Sables fins à moyens

Sables moyens à grossiers

Niveaux riches en matière organique

Niveaux tourbeux



Log stratigraphique synthétique : COS 8 (13 juillet 2016)

Coordonnées du forage :
x : 591510,1
y : 6726304,6
z : 77 m

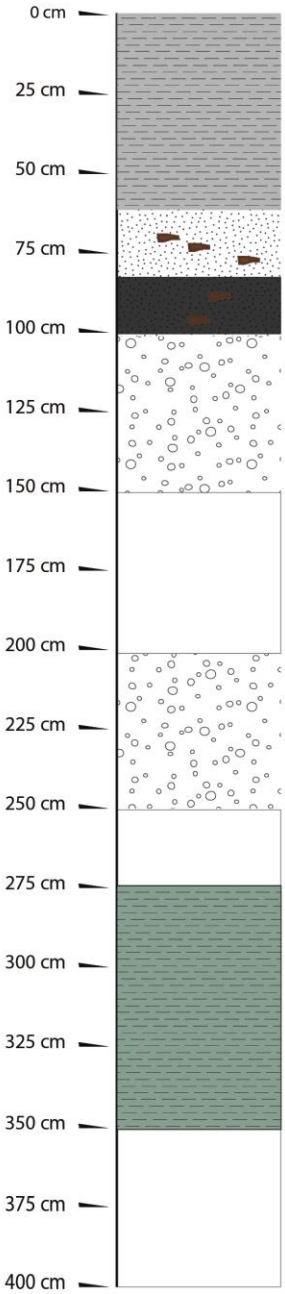
Fragments de bois

Argiles silteuses

Sables fins à moyens

Sables moyens à grossiers

Niveaux riches en matière organique



Log stratigraphique synthétique : COS 9 (13 juillet 2016)

Coordonnées du forage :
x : 591510,1
y : 6726304,6
z : 77 m

Fragments de bois

Argiles silteuses

Silts argileux

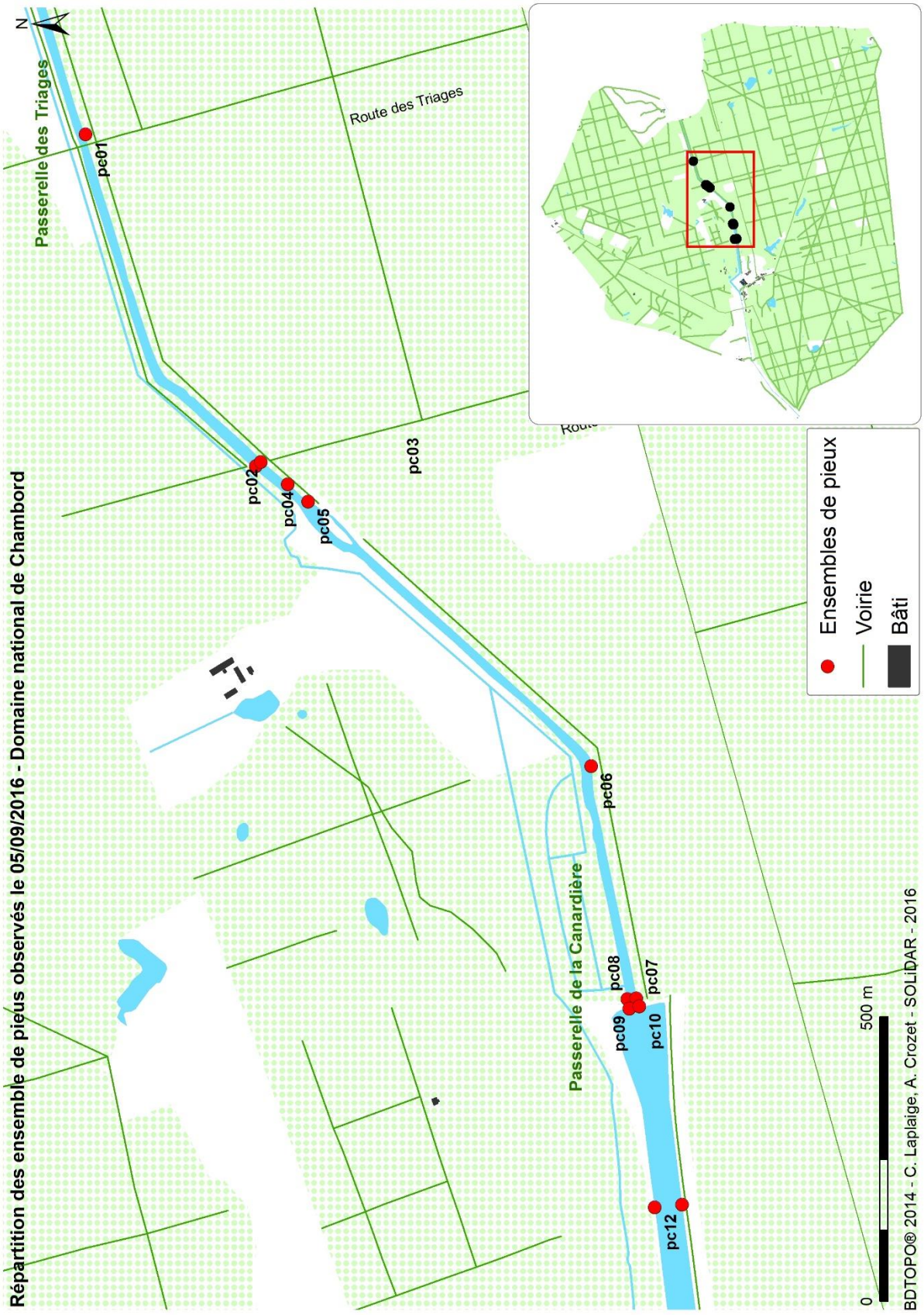
Sables fins à moyens

Sables moyens à grossiers

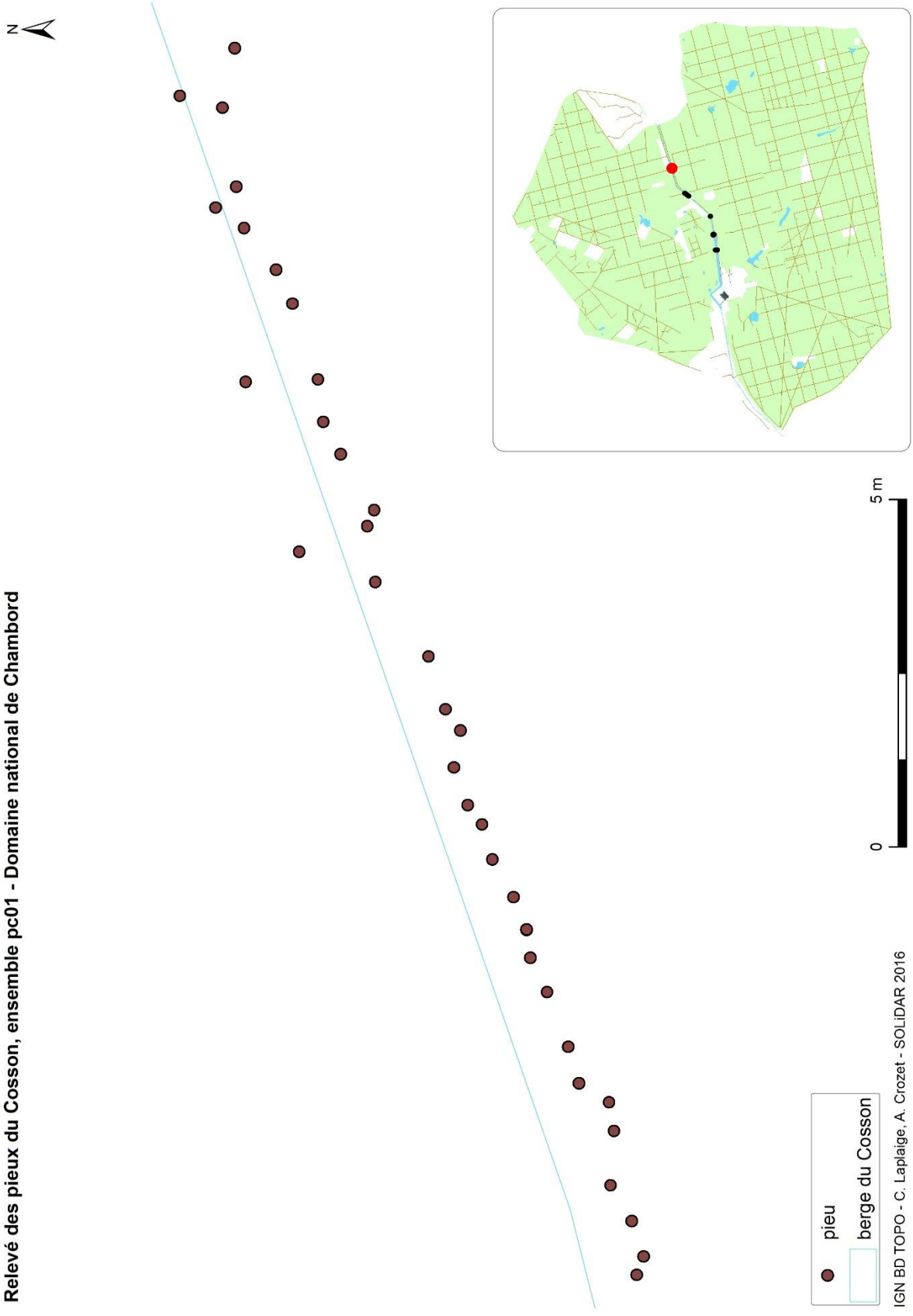
Niveaux riches en matière organique

Substratum: Sables et Argiles de Sologne (Miocène)

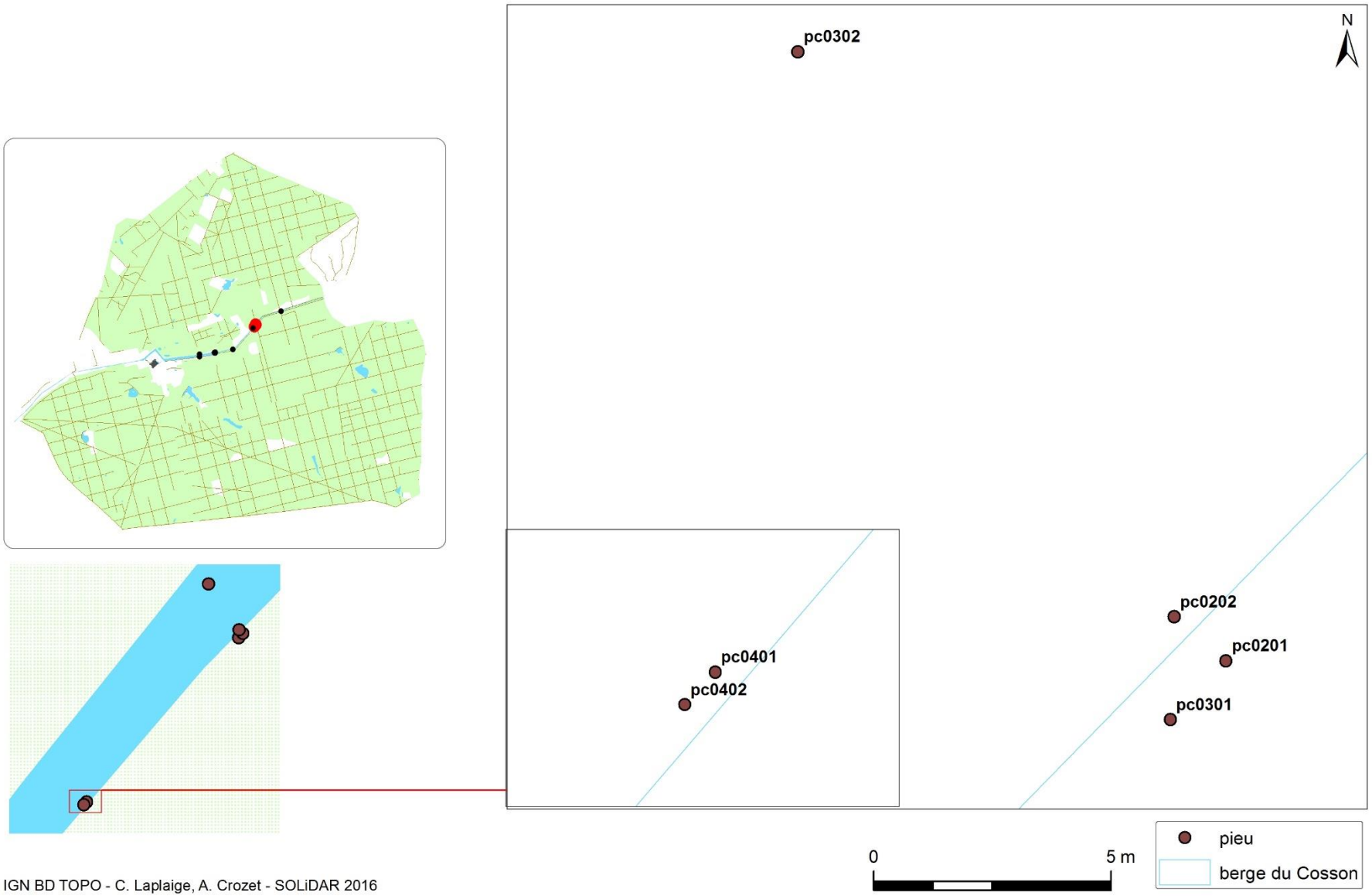
Annexe 6a : Répartition des ensembles de pieux sur le Cosson, entre la passerelle des Triages et le Grand Canal, Domaine national de Chambord



Annexe 6b : Relevés par ensembles de pieux

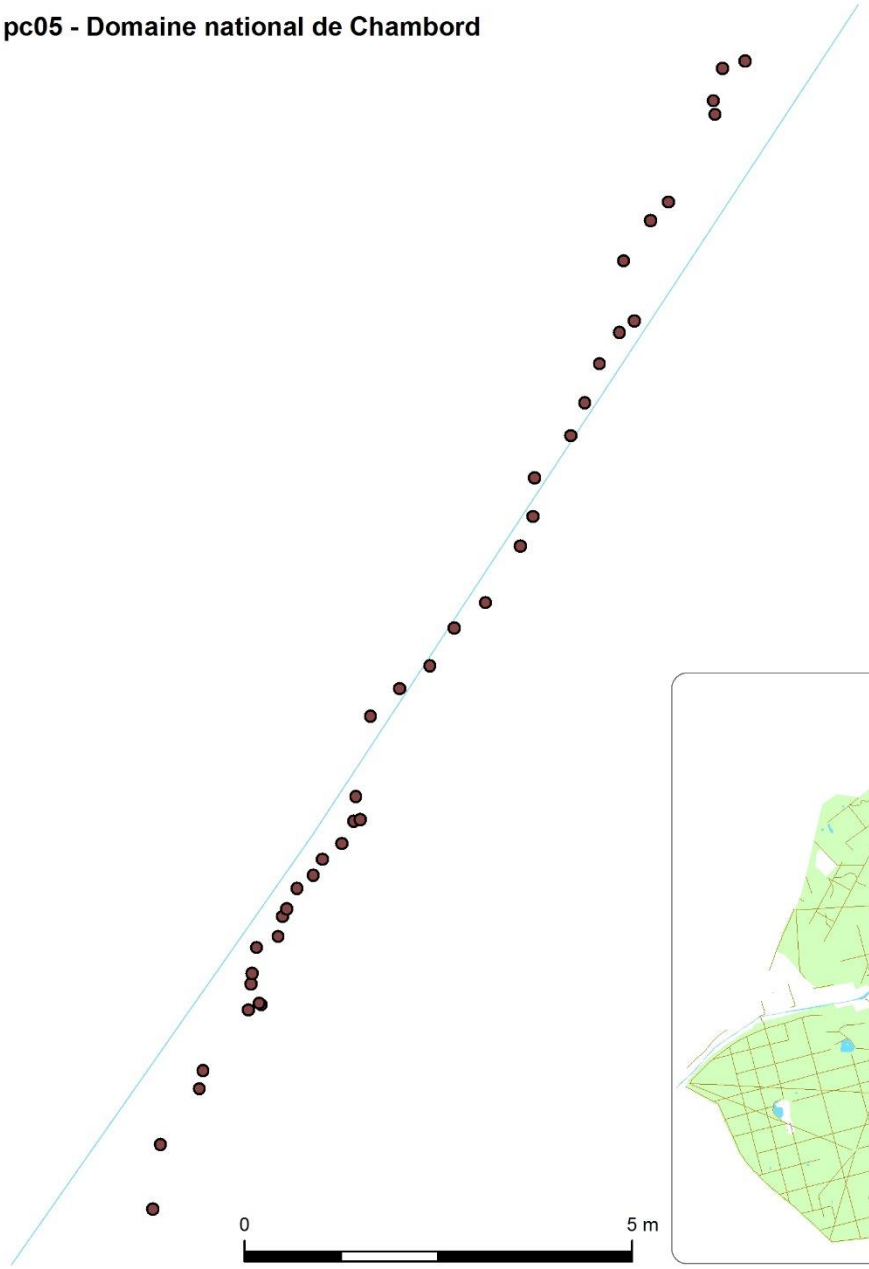


Relevé des pieux du Cosson : ensemble pc02, pc03, pc04 - Domaine national de Chambord



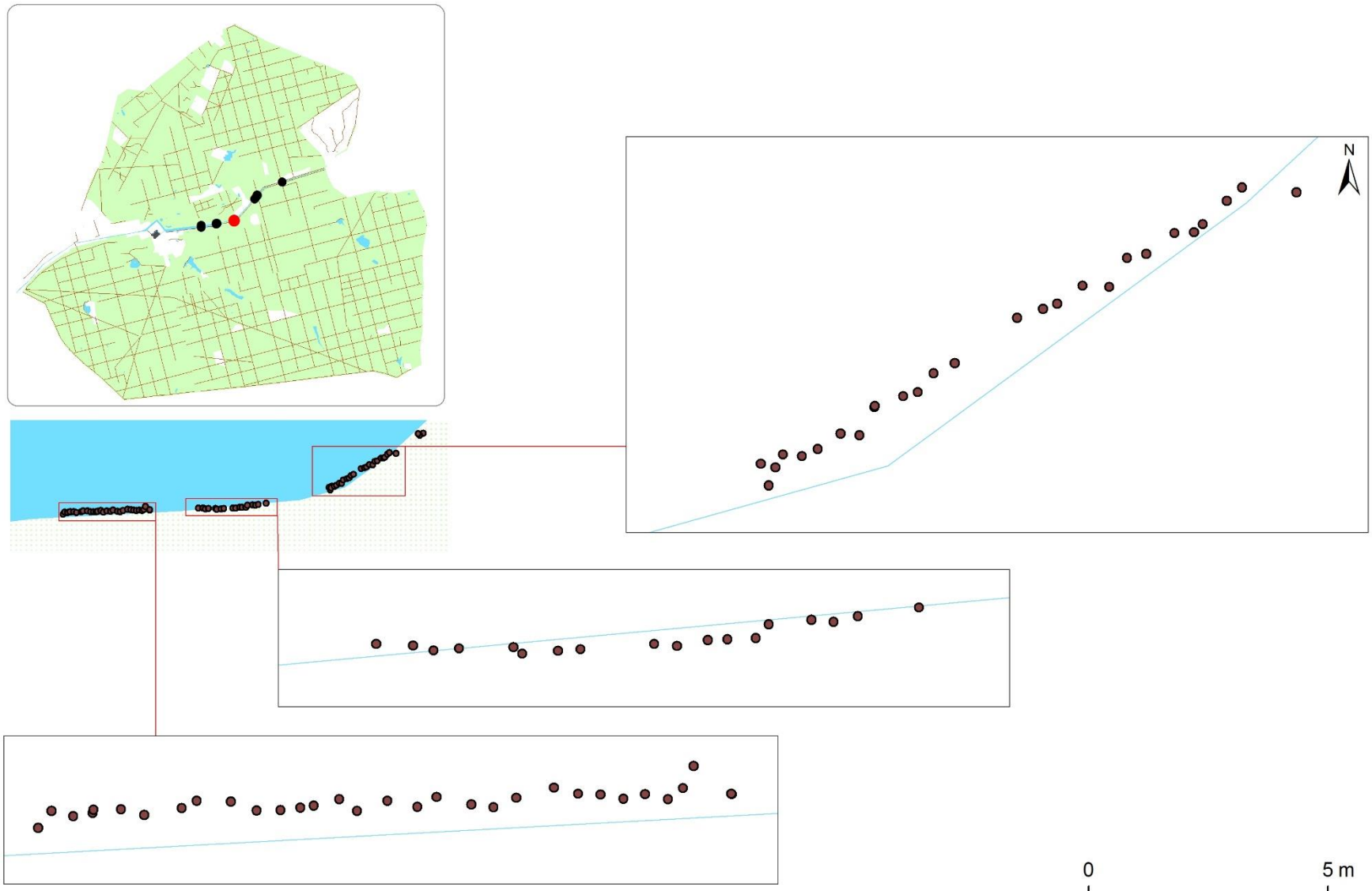
IGN BD TOPO - C. Laplaige, A. Crozet - SOLiDAR 2016

Relevé des pieux du Cosson : ensemble pc05 - Domaine national de Chambord



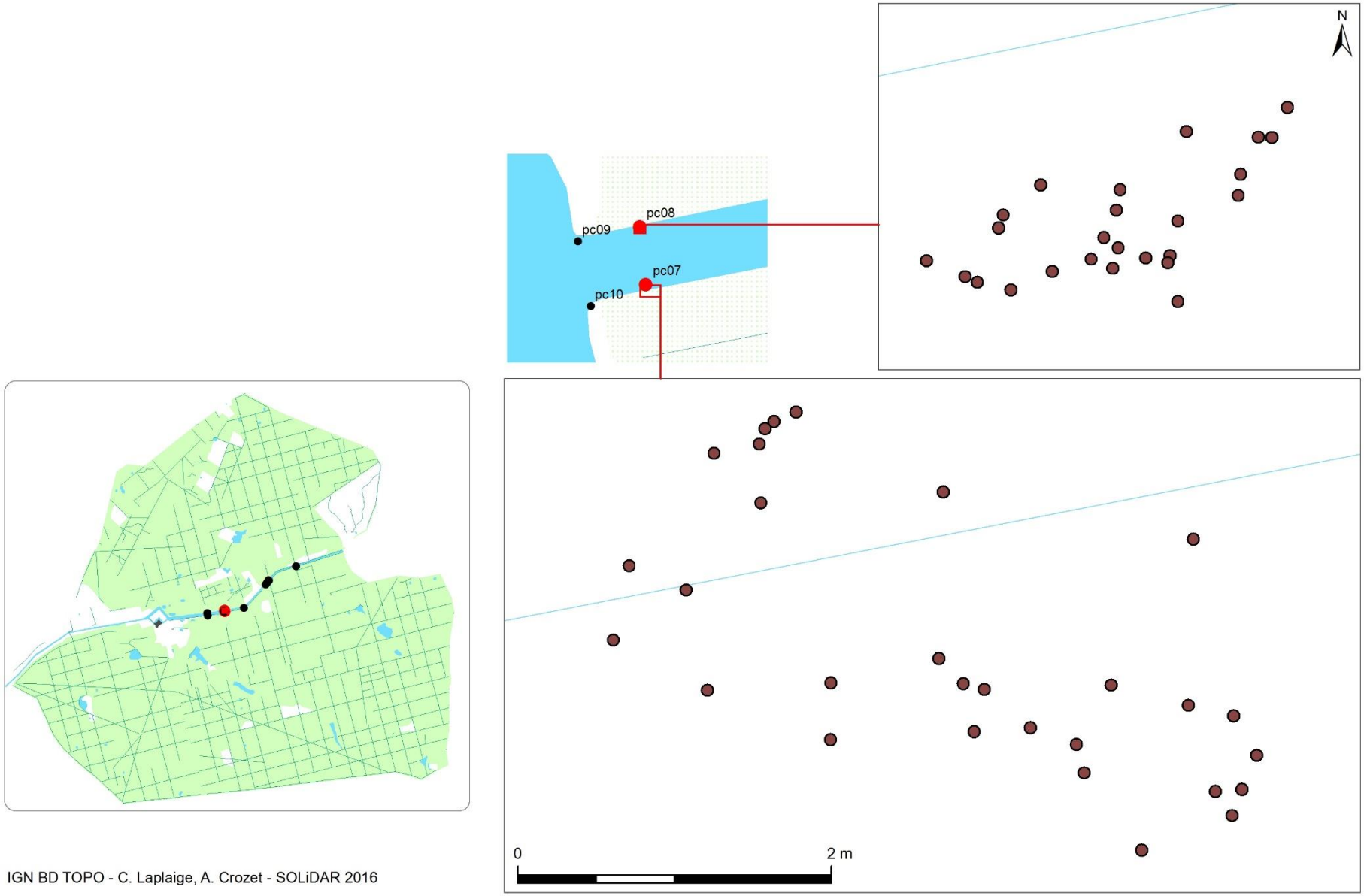
IGN BD TOPO - C. Laplaige, A. Crozet - SOLiDAR 2016

Relevé des pieux du Cosson : ensemble pc06 - Domaine national de Chambord



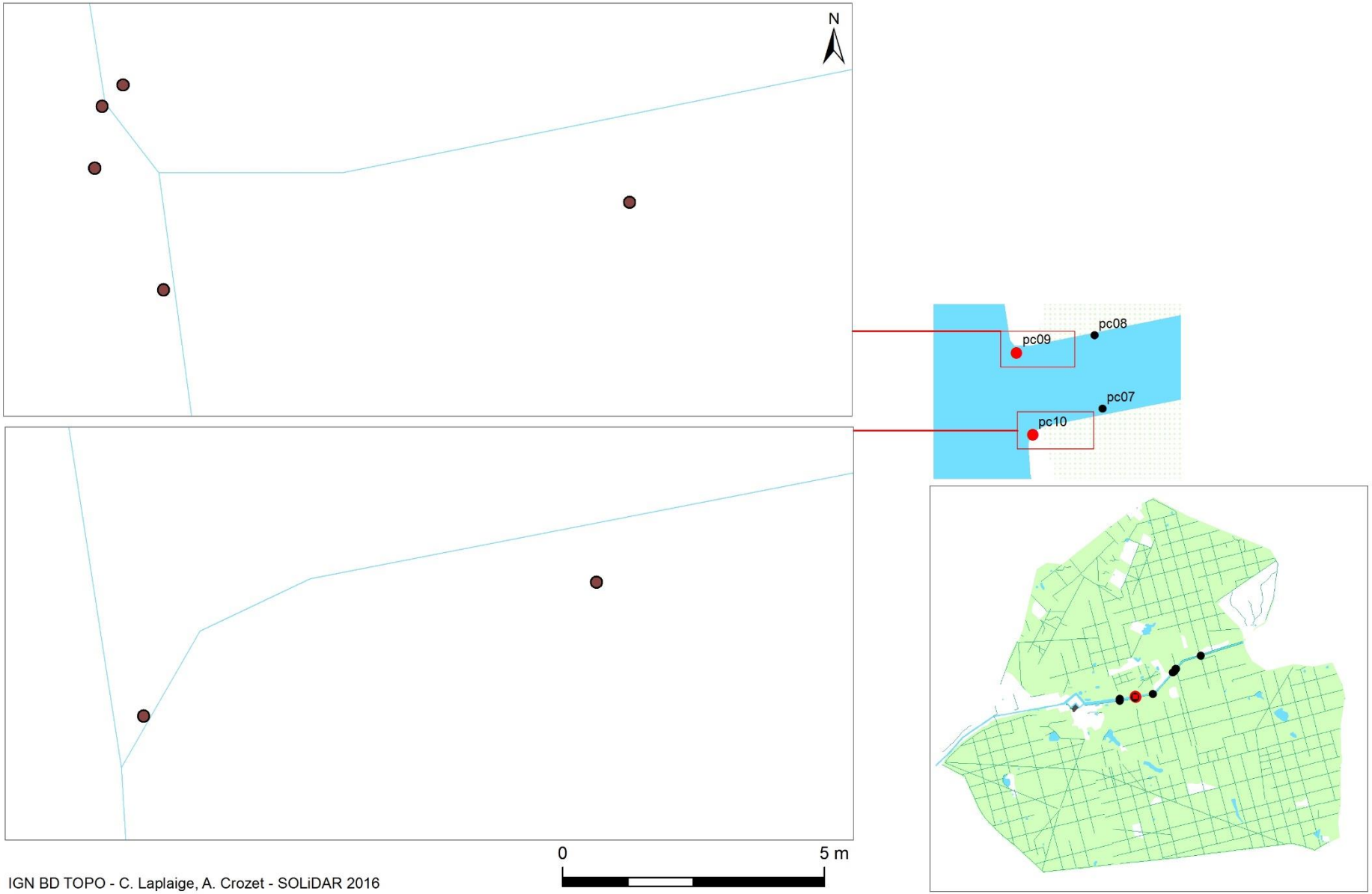
IGN BD TOPO - C. Laplaige, A. Crozet - SOLiDAR 2016

Relevé des pieux du Cosson : ensemble pc07et pc08 - Domaine national de Chambord



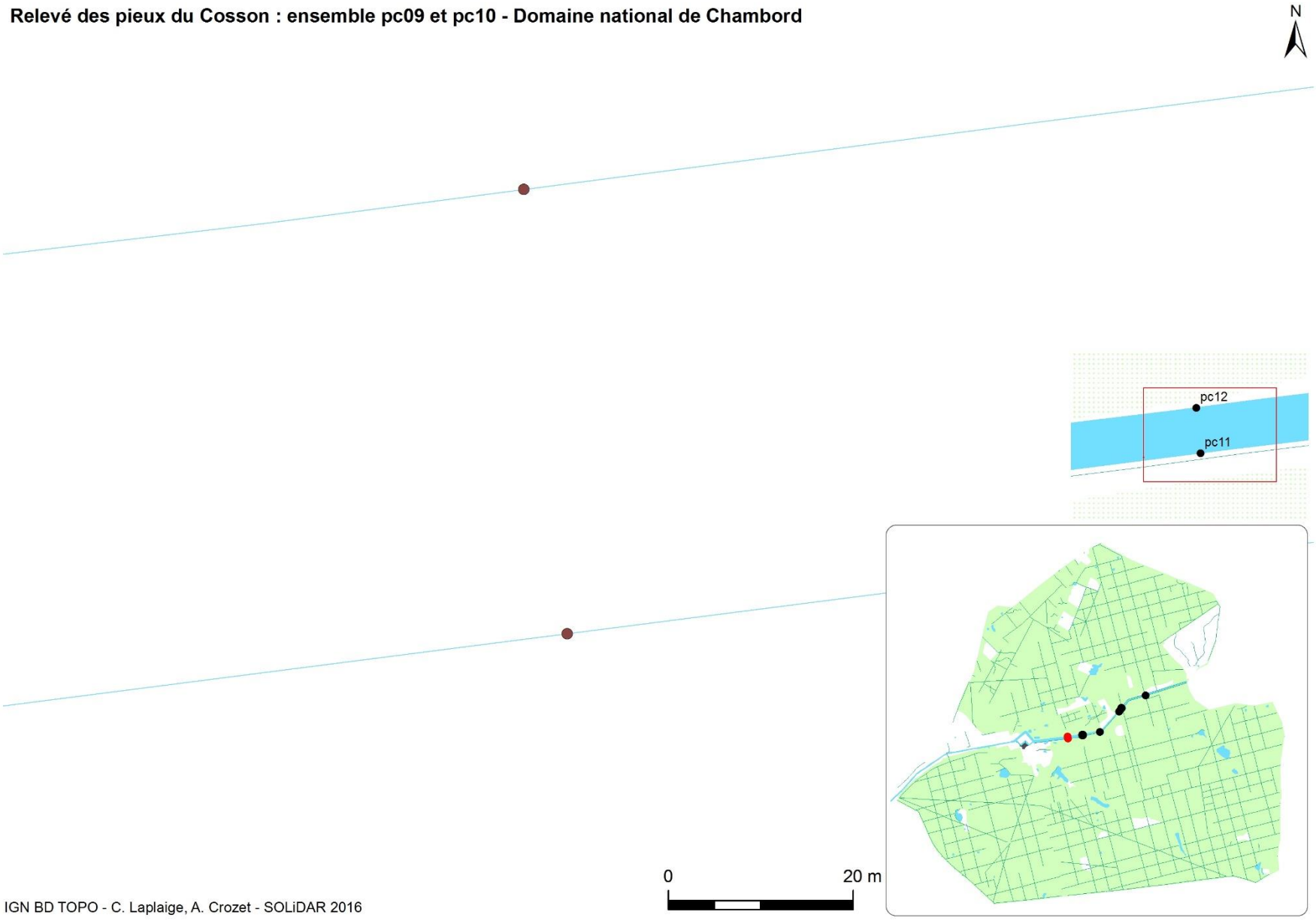
IGN BD TOPO - C. Laplaige, A. Crozet - SOLiDAR 2016

Relevé des pieux du Cosson : ensemble pc09 et pc10 - Domaine national de Chambord



IGN BD TOPO - C. Laplaige, A. Crozet - SOLiDAR 2016

Relevé des pieux du Cosson : ensemble pc09 et pc10 - Domaine national de Chambord



IGN BD TOPO - C. Laplaige, A. Crozet - SOLiDAR 2016

Annexe 6c : Photographies des ensembles de pieux

Figure 39 : Ensemble pc01. A. Crozet

Figure 40:Eensemble pc02, planche posée de chant. A. Crozet

Figure 41 : Ensemble pc03. C. Laplaige

Figure 42 : Ensemble pc04, deux pieux alignés le long de la rive gauche, face à une bonde située rive droite. C. Laplaige

Figure 43 : Ensemble pc05, alignement de pieux de part et d'autre d'une prise d'eau en béton. C. Laplaige

Figure 44 : Ensemble pc06, 83 pieux situés dans une zone plus profonde. A. Crozet

Figure 45 : Ensemble pc07, à gauche en amont de la passerelle de la Canardière. A. Crozet

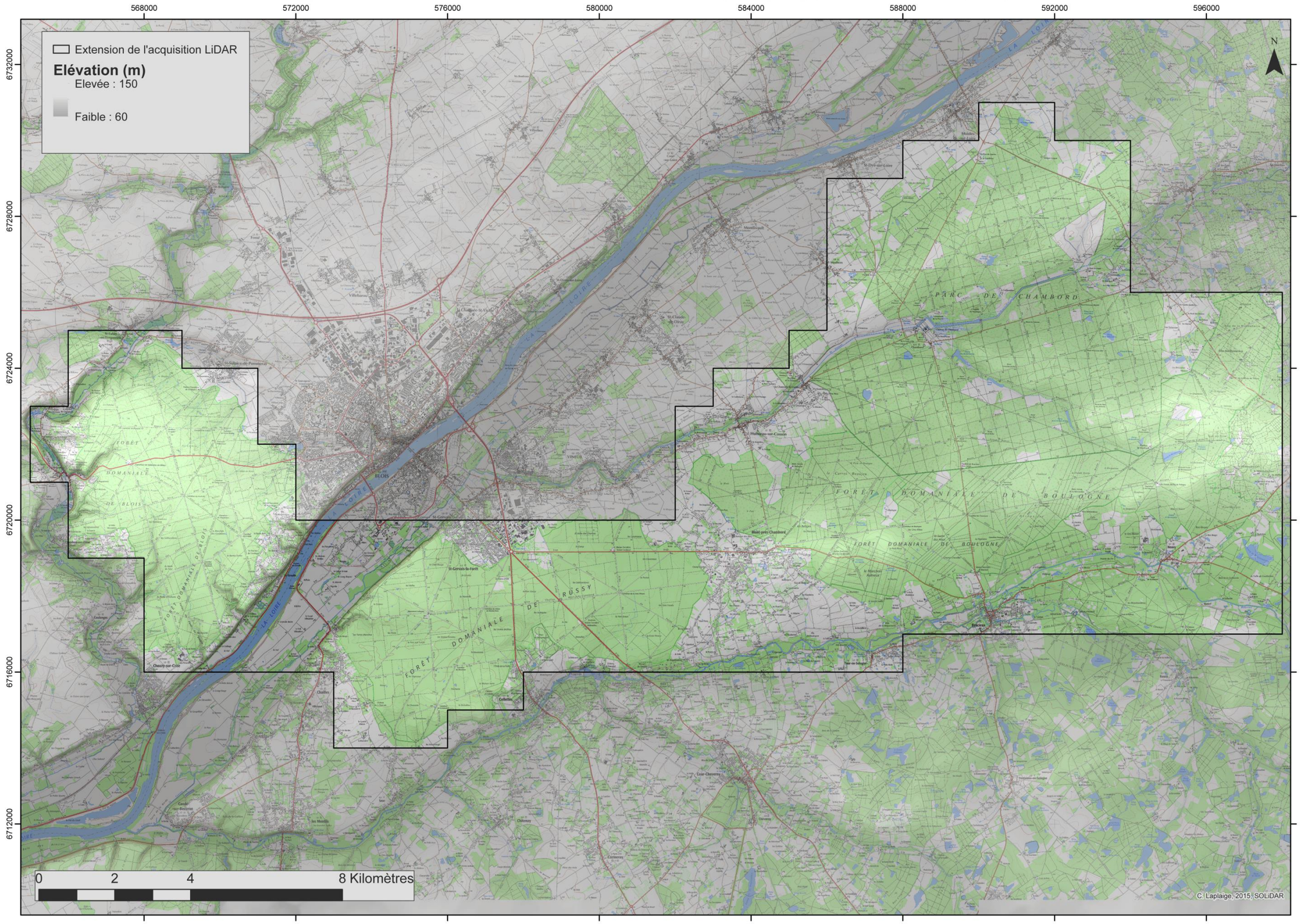
Figure 46 : Ensemble pc08, à droite en amont de la passerelle de la Canardière. A. Crozet

Figure 47 : Ensemble pc09, à droite en aval de la passerelle de la Canardière. A. Crozet

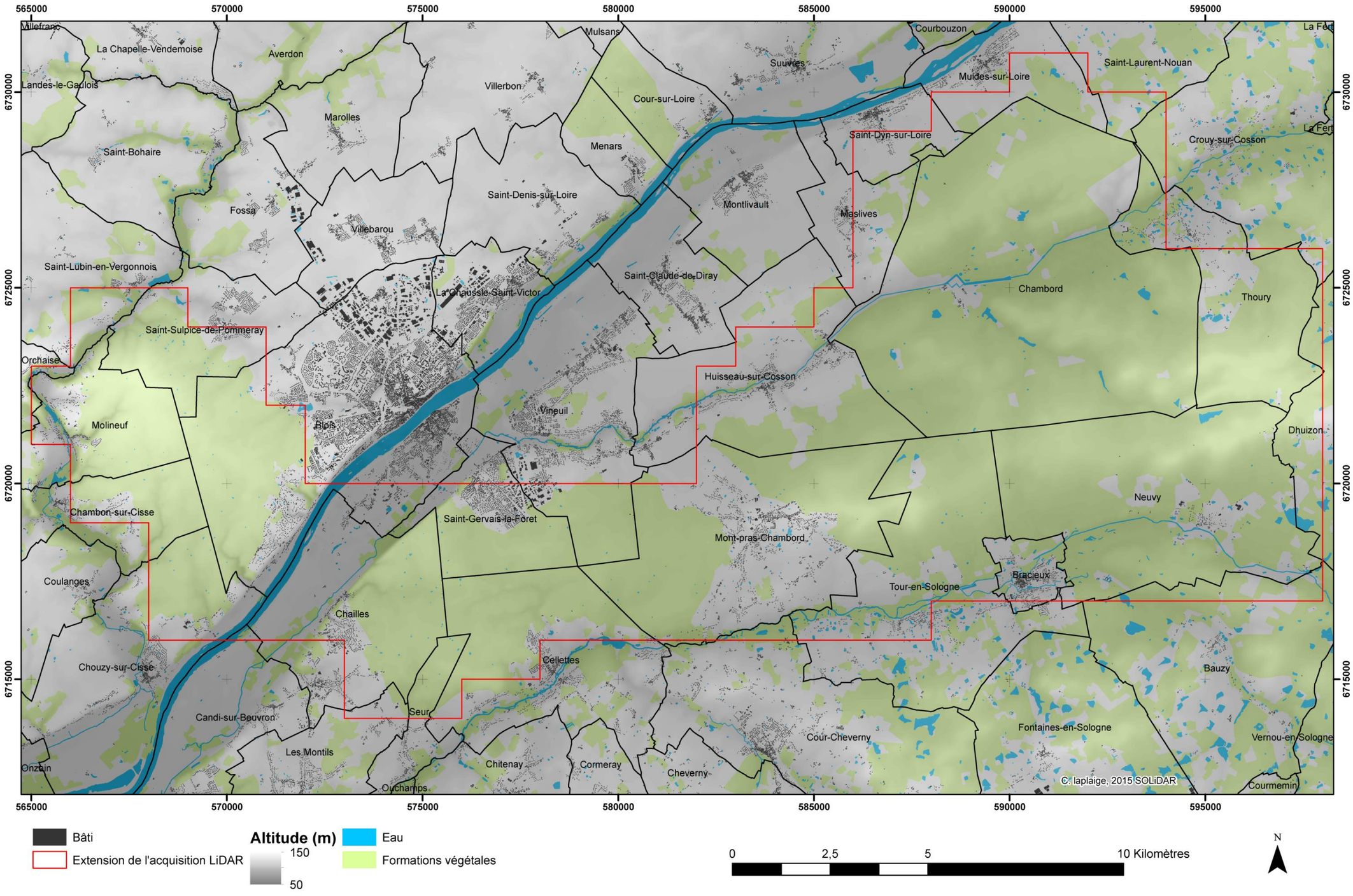
Figure 48 : Ensemble pc10, à gauche en aval de la passerelle de la Canardière. A. Crozet

Figure 49 : Alignements pc11 (à gauche) et pc12 (à droite) dans le Grand Canal, vue vers le Château. A. Crozet

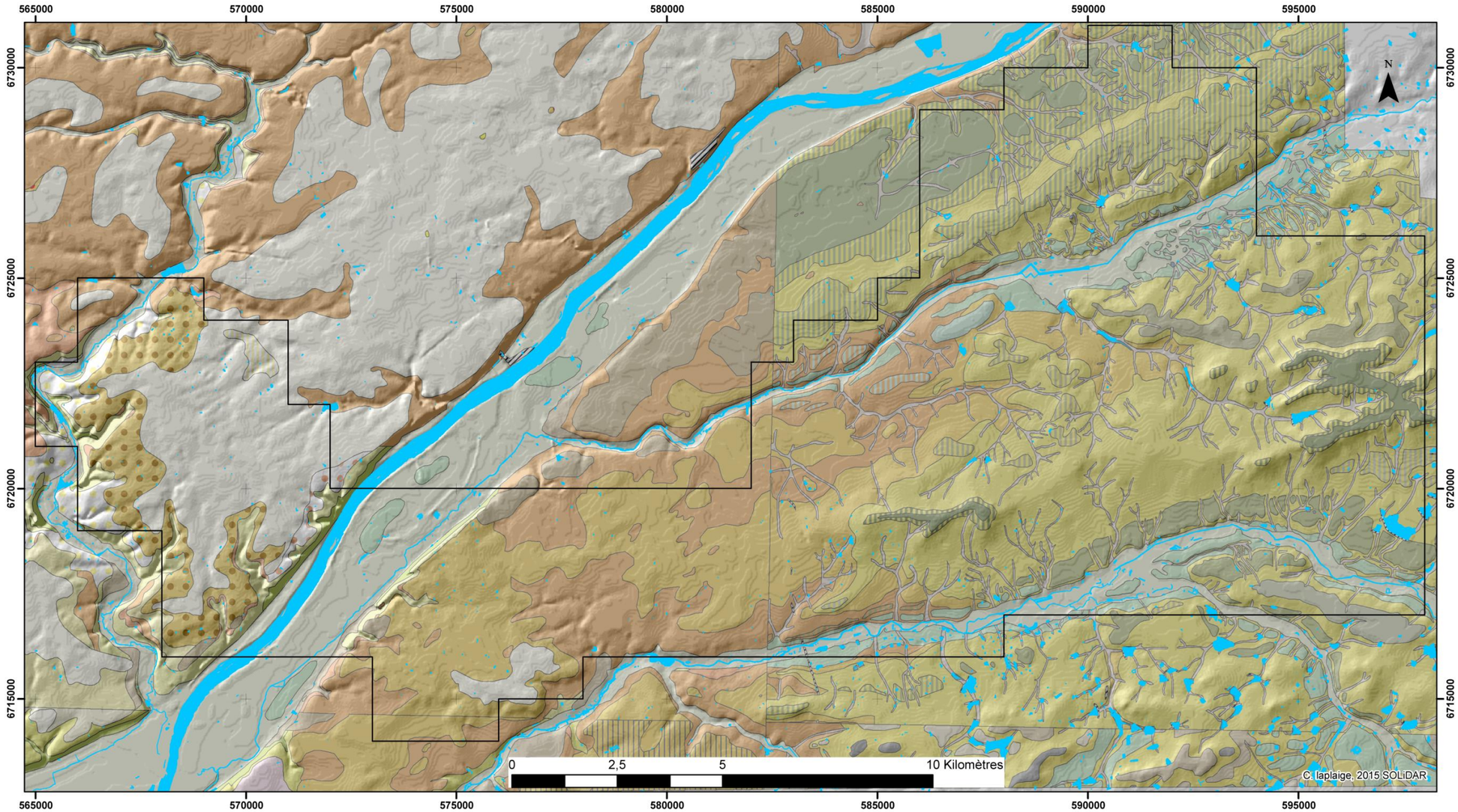
Annexe 7a : localisation de la zone d'étude drapée sur le scan 25 et le modèle d'élévation à 25 m (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR, IGN)



Annexe 7b : Communes concernées par le programme SOLiDAR et communes attenantes (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR)



Annexe 7c : Carte des couches géologiques affleurantes drappées sur un ombrage simple (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR)

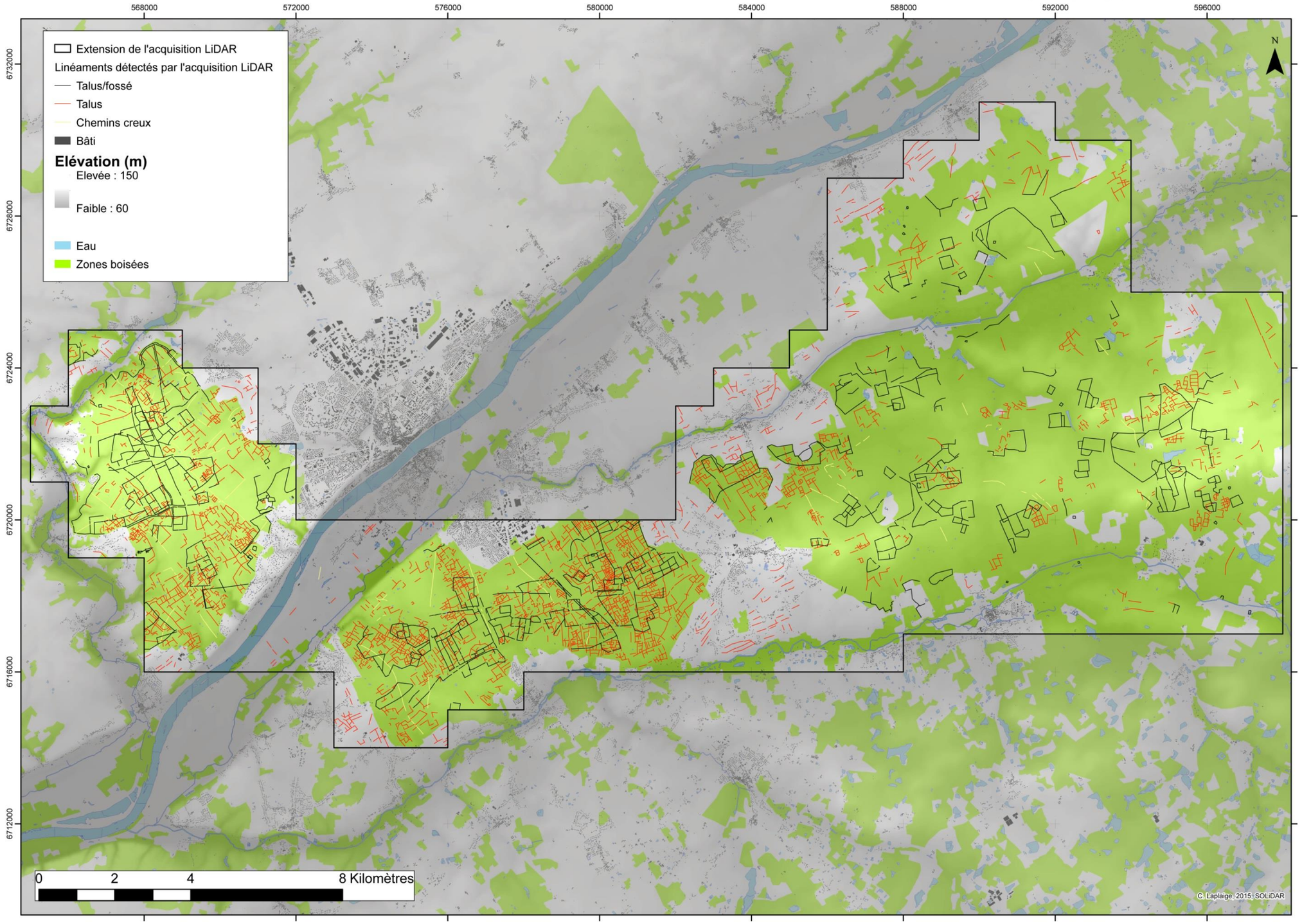


Eau
Extension de l'acquisition LiDAR

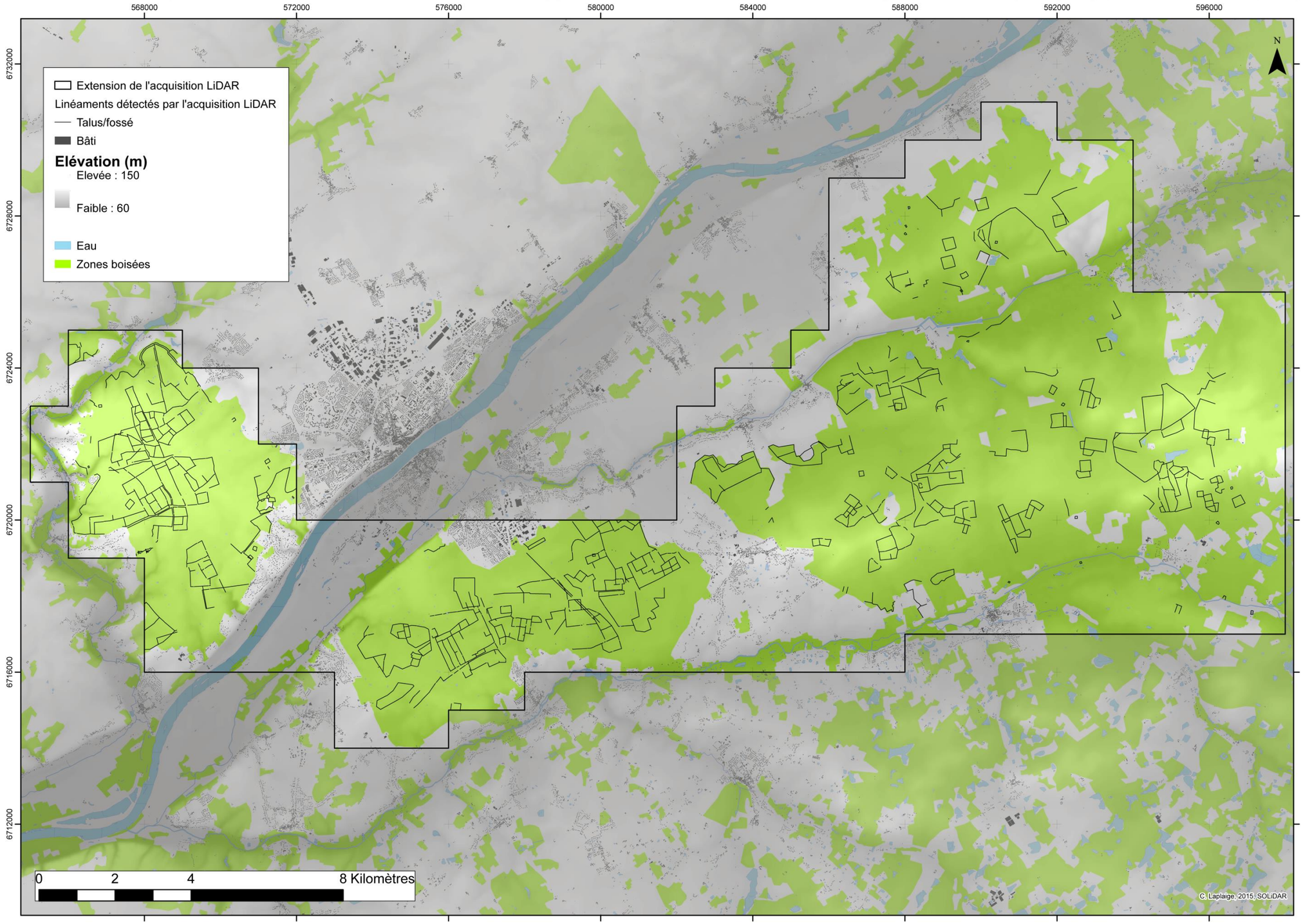
Géologie

C
C-F
C4-6
C4-6S
CLP
CLPm/m2-3
CRs
Ce
FuL
FvaL
FvbL
Fw
FwL
Fwa
FwaC
Fwb
FwbB
FwbC
Fx
FxaB
Fxb
FxbC
Fy
Fz
GK
LP
LP/RS
N
OE
RFuL/m3-p1So
RFvbL/m3-p1So
RFwaC/m3-p1So
RFwbB/m3-p1So
RFwbC/m1Pi
RFxaB/m1Pi
RFxaB/m3-p1So
RFxbC/m3-p1So
Rs
X
e
eau
m-p
m1
m1Pi
m1a
m1bB
m1bC
m1bH
m1bS
m2-3
m2O
m2a
m3-P
m3-p1So

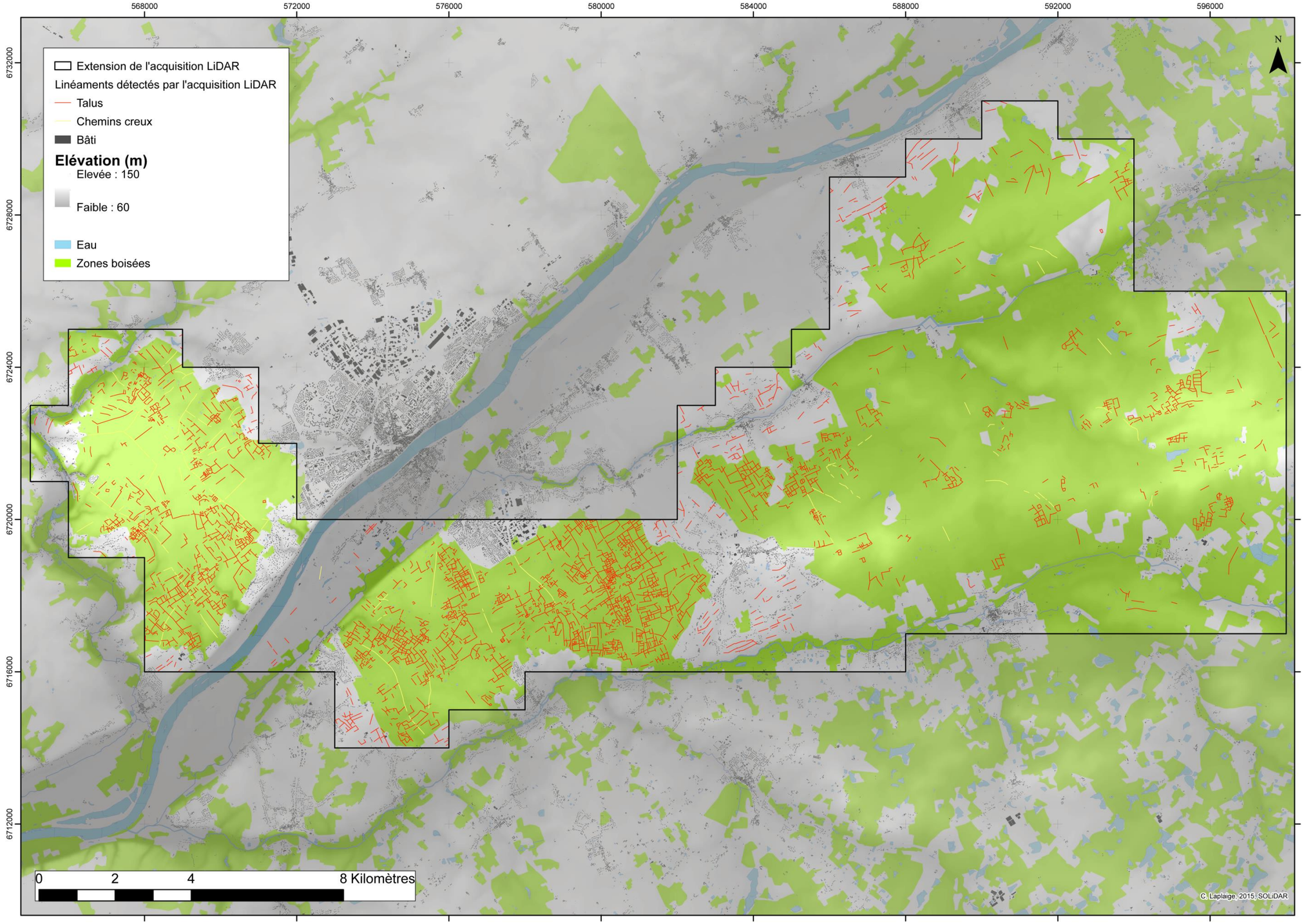
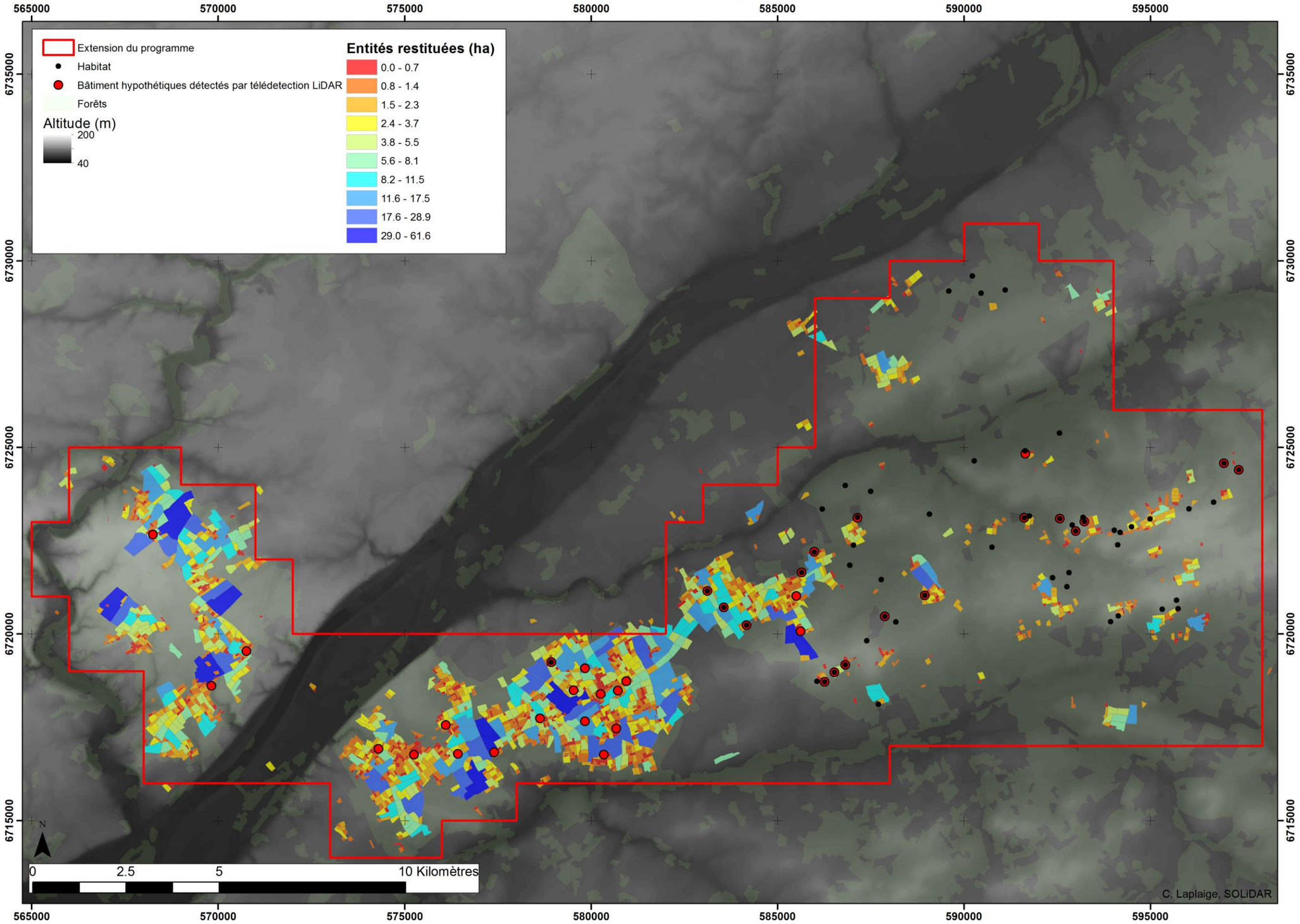
Annexe 7d : Linéaments détectés sur les données LiDAR et drappés sur le modèle d'élévation à 25 m, la couverture végétale et le bâti (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR, IGN)



Annexe 7e : Linéaments talus/fossés détectés sur les données LiDAR et drappés sur le MNT à 25 m, la couverture végétale et le bâti (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR, IGN)



Annexe 7f : Linéaments talus détectés sur les données LiDAR et drappés sur le modèle d'élévation à 25 m, la couverture végétale et le bâti (C. Laplaige, 2015 © SOLiDAR, IGN)



Annexe 7g : entités restituées avec bâtiments reconnus ou supposés dans la zone d'étude (C. Laplaige, 2016 © SOLiDAR, IGN)