
Atteindre l'histoire de la forêt de Compiègne par la télédétection aérienne et l'exploration des archives du sol

Reaching the History of the Forest of Compiègne through Aerial Remote Sensing and Exploration of Soil Archives

Sylvain Rassat et Louis Hugonnier

**Édition électronique**

URL : <https://journals.openedition.org/histoiremesure/6136>

DOI : 10.4000/histoiremesure.6136

ISSN : 1957-7745

Éditeur

Éditions de l'EHESS

Édition imprimée

Date de publication : 31 décembre 2017

Pagination : 67-102

ISBN : 978-2-7132-2702-8

ISSN : 0982-1783

Référence électronique

Sylvain Rassat et Louis Hugonnier, « Atteindre l'histoire de la forêt de Compiègne par la télédétection aérienne et l'exploration des archives du sol », *Histoire & mesure* [En ligne], XXXII-2 | 2017, mis en ligne le 31 décembre 2019, consulté le 02 juin 2022. URL : <http://journals.openedition.org/histoiremesure/6136> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/histoiremesure.6136>

Atteindre l'histoire de la forêt de Compiègne par la télédétection aérienne et l'exploration des archives du sol

Sylvain RASSAT* & Louis HUGONNIER**

Résumé. La recherche archéologique en milieu forestier connaît un important développement depuis une dizaine d'années, en raison notamment de l'utilisation croissante des techniques de levé par laser aéroporté, plus connues sous l'acronyme « lidar » (*light detection and ranging*). Ces techniques, mises en œuvre dans de nombreuses forêts, ont considérablement renouvelé les problématiques scientifiques, tout en générant de nouvelles synergies entre les acteurs de la recherche. L'article en propose une illustration concrète portant sur la forêt de Compiègne.

Mots-clés. forêt, lidar, SIG, archéologie du paysage, Picardie, XIV^e-XVIII^e siècle

Abstract. Reaching the History of the Forest of Compiègne through Aerial Remote Sensing and Exploration of Soil Archives. Archaeological research in the forest environment has undergone significant development over the last decade, mainly because of the growing use of airborne laser survey techniques, better known by the acronym lidar (Light Detection And Ranging). These techniques, implemented in many forests, have breathed new life into the scientific issues, while generating new synergies between research actors. The article offers a concrete illustration relating to the Forest of Compiègne.

Keywords. forest, lidar, GIS, landscape archeology, Picardie (France), 14th–18th centuries

* Ingénieur d'études CNRS, Centre Roland-Mousnier (UMR 8596). E-mail : sylvain.rassat@cnrs.fr

** Assistant d'études et d'opération à l'Institut national de recherches archéologiques préventives (INRAP), chercheur associé à l'unité Écologie et dynamique des systèmes anthropisés (EDYSAN, UMR 7048, CNRS et université de Picardie Jules-Verne), ARC 4420 « Habitats et territoires, occupations médiévales, Aisne-Oise ». E-mail : louis.hugonnier@inrap.fr

Avec la participation de :

- M. Jérôme BURIDANT, professeur des universités, UFR d'histoire et de géographie, unité EDYSAN (UMR 7048, CNRS-UPJV)
- M^{me} Cécile DARDIGNAC, Agence Études Seine-Nord, chef de projet archéologie, réseau Patrimoine culturel et archéologique
- M^{me} Sophie DAVID, Agence Études Seine-Nord, spécialiste géomatique et archéologue, Office national des forêts
- M^{me} Émilie GALLET-MORON, ingénieure d'études, unité EDYSAN (UMR 7048, CNRS-UPJV)
- M. Benoît PANDOLFI, ingénieur géomaticien indépendant

Avec la collaboration de :

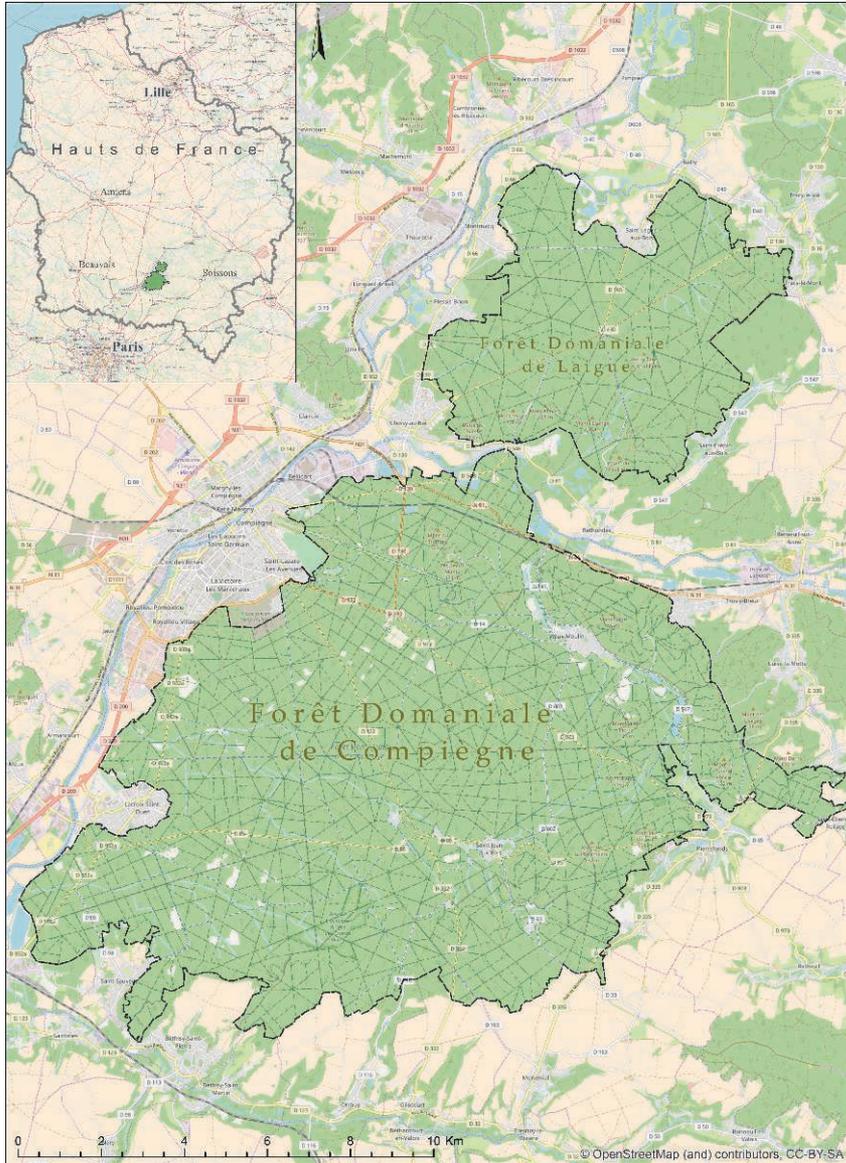
- M^{me} Hélène HOREN, maître de conférence, UFR d'histoire et de géographie, unité EDYSAN (UMR 7048, CNRS-UPJV)
- M. Boris BRASSEUR, maître de conférence, UFR d'histoire et de géographie, unité EDYSAN (UMR 7048, CNRS-UPJV)
- M. Cyril MONTOYA, ingénieur de recherche, ministère de la Culture et de la Communication, service régional de l'archéologie de la direction régionale des affaires culturelles de la région Provence – Alpes – Côte d'Azur, chercheur associé au Laboratoire méditerranéen de préhistoire Europe Afrique (LAMPEA, UMR 7269)

1. L'évolution des modes d'exploration de la forêt de Compiègne

La forêt de Compiègne s'étend sur plus de 350 km². Elle est située dans la région Hauts-de-France, dans le nord de la France (Figure 1). Son altitude varie de 31 à 152 mètres au-dessus du niveau de la mer. Elle se développe des plateaux du Valois à la dépression de la vallée de l'Oise. La séquence géologique rencontrée sous la forme d'une série tabulaire s'étend de la craie du campanien dans le secteur de Compiègne jusqu'aux sables auversiens (sables de Beauchamp) aux sommets des monts les plus hauts. Localement, des formations superficielles peuvent les recouvrir. Il s'agit de formations alluviales et colluviales, mais aussi de limons de plateau ou encore de sables soufflés.

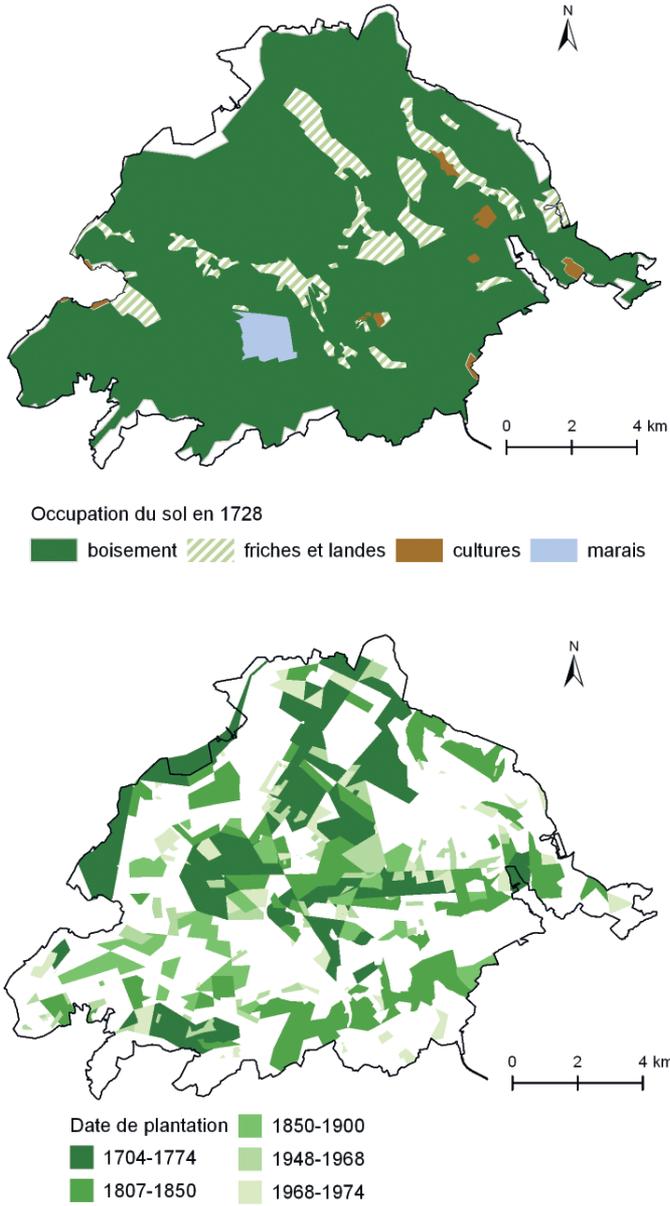
Le domaine forestier compiégnois est, aujourd'hui, marqué par les aménagements de Napoléon I^{er} et Napoléon III. Cette image, en partie attachée au château et au parc de Compiègne, reste cependant très réductrice. Il semble en effet que les boisements étaient très limités avant la période médiévale. L'histoire forestière du massif commence seulement au haut Moyen Âge. Grégoire de Tours mentionne la mort tragique du roi Clotaire I^{er}, en 561,

Figure 1. Carte de localisation de la forêt de Compiègne



Crédits. D. A. O. Benoît Pandolfi.

Figure 2. Occupation des sols du massif forestier pendant l'Ancien Régime



Crédits. D.A.O. Émilie Gallet-Moron, données EDYSAN.

Sources. En haut : en 1728 d'après le plan d'aménagement de G. Baillieul (BNF, Cartes et Plans, GE DD-2987 (861 B)). En bas : carte de reboisements réalisés entre 1774 et 1974 (ONF).

suite à une chasse en forêt de Cuise. Les études archéologiques et historiques menées depuis une génération ont prouvé que cette forêt a été façonnée au cours du Moyen Âge et de l'Époque moderne¹. On considère notamment que c'est à Compiègne qu'est tracée la première étoile, par François I^{er}, en 1521². Louis XIV complète le dispositif en faisant ouvrir 54 routes, et Louis XV plus de 300. Le plan actuel de la forêt est donc directement issu des aménagements de l'Ancien Régime³ (Figure 2).

À partir de 1859, l'empereur Napoléon III organise et dirige de nombreuses explorations scientifiques archéologiques sur les sites de Champlieu, du Mont-Berny (la Ville-des-Gaules), du Buissonnet, du Mont-Chyprès ou de la Carrière du Roi. Celles-ci révèlent alors une forte densité de gisements archéologiques au sud du massif forestier. Le mobilier découvert, conservé initialement au château de Compiègne, est déposé entre 1867 et 1884 au musée des Antiquités nationales de Saint-Germain-en-Laye⁴.

Au début du xx^e siècle, une succession de découvertes fortuites met au jour des vestiges du Néolithique et de l'âge du bronze, laissant supposer une occupation plus ancienne de la zone, notamment le long de l'Oise et de l'Aisne⁵. À partir des années 1970, le développement des méthodes de recherche et d'exploration précise ces connaissances : les sites du Hazoy, du Coq Galleux, de Jonquières, du Gord, de Clairoux ou du Fond Pernant, par exemple, permettent de mieux connaître les implantations du Chalcolithique, de l'âge du bronze ancien et de La Tène le long des rives de l'Oise⁶. Durant cette période, l'occupation antique est également documentée, notamment par la reprise des fouilles du site de la Carrière du Roi⁷, par celles de la voie gallo-romaine Senlis-Soissons⁸, ainsi que par une étude typo-chronologique d'une partie du mobilier conservé à Saint-Germain-en-Laye⁹. De nombreuses découvertes monétaires viennent confirmer et préciser ces chronologies¹⁰. Les fouilles archéologiques réalisées dans les années 1970 dans le vicus de la Carrière du Roi enregistrent un abandon des sites à la fin du III^e siècle et plus encore au cours du IV^e siècle, en partie suite à des destructions¹¹. Des prospections pédestres caractérisent également des sites industriels de l'époque médiévale, notamment des fours verriers, des ateliers sidérurgiques

1. A.-M. BOCQUILLON, 2000 ; Bibliothèque nationale de France (désormais BNF), Cartes et Plans, GE BB-565 (A8,38).

2. J. BURIDANT, 2007.

3. *Id.*, 2008.

4. M.-L. BERDEAUX-LE BRAZIDEC, 2001.

5. M. HÉMERY, 1921 ; *id.* 1931 ; *id.* 1956.

6. J.-C. BLANCHET, 1985.

7. J.-M. FRÉMONT & B. WOIMANT, 1975.

8. P. LÉMAN, 1975.

9. M. TUFFREAU-LIBRE, 1977.

10. M.-L. BERDEAUX-LE BRAZIDEC, 2003.

11. J.-M. FRÉMONT & B. WOIMANT, 1975 ; *id.*, 1976.

et des fours de potiers¹². Ces différents travaux montrent ainsi la diversité et l'ampleur des implantations anciennes dans la zone, même si leur répartition et leur chronologie restaient malgré tout encore mal connues.

En 1973, le directeur des Antiquités historiques de Picardie, Jean-Pierre Desbordes, plaide alors pour l'émergence d'une archéologie forestière, et même pour l'ouverture d'un « Centre de recherches archéologiques forestières » en Picardie, ciblé sur le massif de Compiègne :

« on saisit d'emblée l'intérêt que peut représenter la cartographie des sites archéologiques forestiers pour la restitution des zones boisées à une époque historique donnée : se révèlent ainsi d'anciennes clairières habitées, d'anciens lieux habités et cultivés, recouverts aujourd'hui par le bois. Pour un massif forestier comme celui de Compiègne, il est sûr que le bois ne recouvrait pas l'emplacement des ruines, jadis habitées, non plus que le tracé des routes. L'on pourrait ainsi, peu à peu, silhouetter les contours des zones anciennement boisées. En bien des places, c'est à une véritable inversion du paysage¹³ ».

À partir du début des années 2000, deux campagnes d'exploration du massif forestier collectent de précieuses informations (chronologie, faciès et nature) sur la potentialité et la conservation du patrimoine historique et archéologique. Les prospections pédestres de Patrice Thuillier localisent ainsi plus de 300 sites répartis sur l'ensemble du massif (Figure 3), à l'exception du centre-est. En liant ces informations aux données contenues dans la carte archéologique nationale Patriarche¹⁴, ce décompte s'élève à plus de 500 dont une grande majorité de vestiges de l'époque gallo-romaine (Tableau 1). Des études ponctuelles menées par l'unité EDYSAN (Écologie et dynamique des systèmes anthropisés, université de Picardie Jules-Verne) pointent alors sur ces sites archéologiques des anomalies botaniques, souvent indicatrices de modifications des propriétés des sols¹⁵.

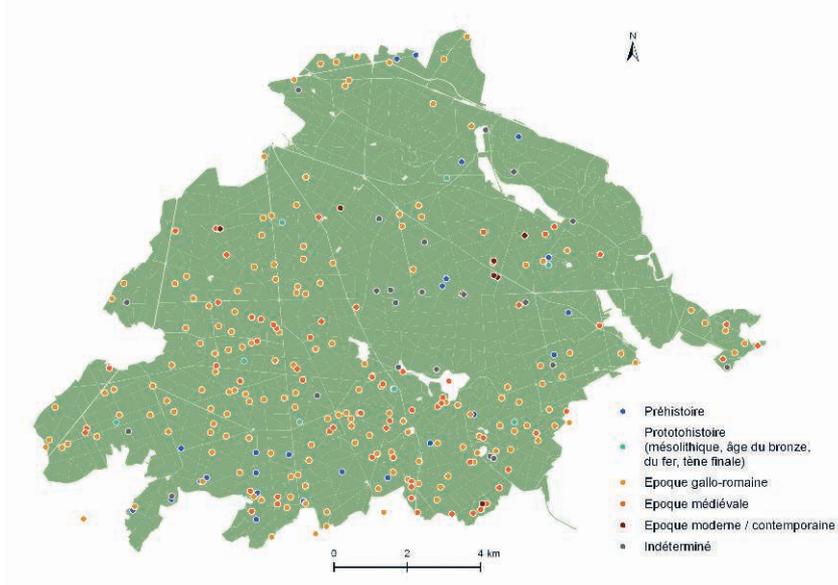
12. A.-V. SAUTAI-DOSSIN, 1973 ; J.-F. JAKUBOWSKI, 1997 ; V. GOUSTARD, 1997 ; J. CARTIER & M. DURAND, 1990 ; P. THUILLIER, 2017.

13. J.-P. DESBORDES, 1973.

14. « L'application Patriarche (patrimoine archéologique) est la dernière application informatique mise à la disposition des services régionaux de l'archéologie (SRA) et de l'administration centrale pour gérer la carte archéologique de la France. [...] La carte archéologique de la France est l'inventaire géoréférencé de toutes les traces archéologiques de la France, qu'il s'agisse des sites reconnus et fouillés, des sites potentiels renseignés par des sources extra-archéologiques ou par des anomalies de terrain, des objets ou des ensembles d'objets déplacés comme les collections publiques ou privées sans contexte », A. CHAILLOU, 2002, p. 1.

15. B. DOYEN, G. DECOCQ & P. THUILLIER, 2004 ; P. THUILLIER, 2017.

Figure 3. Carte de localisation des entités archéologiques inventoriées par Patrice Thuillier



Crédits. D.A.O. Émilie Gallet-Moron, données Patrice Thuillier.

Tableau 1. Entités archéologiques connues (Patriarche, Patrice Thuillier, ONF) antérieurement aux survols lidar (thésaurus Patriarche, Sylvain Rassat)

	Préhistoire	Protohistoire	Antiquité	Moyen Âge	Période moderne	Chronologie indéterminée	Total
Communication	0	0	3	9	2	0	14
Culturel et religieux	0	1	7	14	0	2	24
Dépôt	0	1	3	0	0	1	5
Économie	3	4	24	56	5	6	98
Funéraire	3	8	8	0	0	2	21
Occupation	26	23	249	17	3	29	347
Total	32	37	294	96	10	40	509

2. Une approche scientifique renouvelée par la microtopographie et le lidar

L'action de l'homme sur son environnement se manifeste par de profondes modifications du paysage. Bien que comblées, arasées ou encore perturbées par des aménagements plus récents ou par le simple passage du temps, ces traces du passé peuvent encore être observées. Sous certaines conditions, des techniques de télédétection terrestres et aériennes peuvent identifier certaines anomalies topographiques d'origine anthropiques. Ces techniques fournissent alors des informations particulièrement intéressantes pour la compréhension de sites archéologiques et historiques.

Ce travail microtopographique consiste à effectuer des relevés topographiques de haute précision et à forte densité de points. Il permet d'observer et de comprendre les reliefs invisibles ou incompréhensibles à l'œil nu, en creux ou en élévation grâce à la modélisation et à l'analyse de la surface du terrain. En contexte forestier, l'érosion est moins importante et les actions anthropiques modernes ou contemporaines moins perturbantes, entraînant une conservation exceptionnelle des vestiges. Néanmoins, le couvert végétal ralentit grandement le travail de prospection archéologique pédestre, limite la perception visuelle des vestiges archéologiques et l'usage des techniques classiques terrestres ou aériennes de lever topographique, comme le GPS ou la photographie aérienne par exemple.

Le lidar (*light detection and ranging*), en constant développement depuis les années 2000¹⁶, est le seul outil de lever réellement efficace en forêt grâce à son signal traversant, en partie, la canopée.

Cette émission de laser à forte puissance¹⁷ fournit une densité de points suffisamment importante pour assurer une modélisation très précise de la surface du terrain et des différents éléments afférents. Ces points géoréférencés en trois dimensions doivent être soumis à une classification algorithmique pour séparer les éléments « sol » de ceux en élévation. C'est une phase essentielle pour l'exploitation scientifique des données.

Pour visualiser et analyser les différents éléments levés, on doit disposer de deux types de visualisation de l'environnement physique à partir des semis de points classés.

Le premier rendu, dit « modèle numérique de surface » (MNS), prend en compte tous les éléments en présence, que ce soit la surface ou les éléments dits de « sursol » (couverture sylvestre ou bâtiments par exemple). Un second type, dit « modèle numérique de terrain » (MNT), tend à ne garder que les

16. O. DE JOINVILLE, B. FERRAND & M. ROUX, 2002.

17. F. BRETAR *et al.*, 2004.

points relatifs à la surface du sol, permettant de localiser et de cartographier les limites et l'emprise de microreliefs. Ce dernier rendu présente notamment des applications géomorphologiques et archéologiques.

Notre étude s'appuie sur ces artefacts composant la surface du sol, et plus particulièrement sur les microreliefs fossilisés et issus de l'activité humaine passée. Ils peuvent être de tailles et de formes variables, ceci les rendant plus ou moins discernables sur le terrain. Les sites d'occupation anthropiques identifiés peuvent être visibles sur de longues distances (voies de circulation) ou de manière beaucoup plus réduite (habitats) avec des dimensions inférieures à quelques dizaines de mètres¹⁸. On distingue deux types de microreliefs : ils peuvent être positifs (*tumuli*, ferriers ou talus par exemple) ou négatifs (mare, puits, trou de bombe ou zone d'extraction par exemple).

La capacité du lidar à mettre en évidence des microreliefs d'origine anthropique¹⁹ et la grande richesse du massif forestier en traces archéologiques expliquent le choix de mener deux campagnes de télédétection aériennes en 2011 et 2014.

Le principal but de ces opérations était d'identifier les microreliefs conservés en forêt de Compiègne, et de leur attribuer (ou non) une nature anthropique et archéologique à partir d'une cartographie globale de son patrimoine forestier. Pour répondre à cet objectif, il a été nécessaire d'effectuer trois actions principales : traiter l'information spatiale afin de détecter les sites archéologiques en forêt ; digitaliser et géoréférencer ces sites ; et, enfin, effectuer des campagnes de prospection pédestres pour valider ou non les entités archéologiques détectées et numérisées.

Le service régional de l'archéologie (SRA) de la région Hauts-de-France a fait l'acquisition en 2011 d'un levé lidar sur une surface de 50 km² (environ 9 points /m² en moyenne) afin de renforcer les informations de la carte archéologique nationale. La précision absolue du lever est pour les données altimétriques de quelques centimètres, et d'environ une quinzaine de centimètres pour la planimétrie (Tableau 2).

Cette première campagne a permis de confirmer la richesse du potentiel archéologique du massif en identifiant²⁰, pour la partie médiane, plus d'une dizaine d'implantations antiques²¹ (habitats, sites de production, constructions, etc.).

18. C. DARDIGNAC, 2006 ; J.-C. MEURET, 2001.

19. M. GEORGES-LEROY *et al.*, 2011.

20. Ou en précisant la géométrie de celles déjà inventoriées dans la carte archéologique nationale.

21. Numéros d'entité archéologique Patriarche (EA) : 604910003, 4 et 6 ; 604300007, 9, 10, 11 et 12 ; 605790018 ; 604910019 ; 604300042 et 43.

Tableau 2. Configurations des deux survols lidar
(Sophie David, Sylvain Rassat)

Paramètres de vol	Vol 2011	Vol 2014
Scanner	Leica ALS50-II MPIA	Riegl LMS-680i
Mode	multi-écho (Multi pulse)	ondes complètes (Full Wave)
Surface levée	50 km ²	350 km ²
Hauteur de vol	1450 m	530 m
Vitesse de vol	110 kts	120 kts
Angle de scan	22°	60°
Fauchée	564 m	600 m
Recouvrement latéral	60 %	65 %
Distance inter-bandes	226 m	450 m
Fréquence des impulsions laser	150 kHz	400 kHz
Précision altimétrique des points (écart-type)	0,25 cm	0,07 cm
Précision planimétrique des points (écart-type)	0,12 cm	0,04 cm
Densité moyenne de points (par bande)	4,7 pts/m ²	7,8 pts/m ²
Densité moyenne de points avec recouvrement latéral	9,4 pts/m ²	≥ 15,6 points/m ²
Nombre d'axes de vol	84 (11 axes repris)	25
Nombre de surfaces de contrôle	3	4

Ayant décidé d'associer la gestion forestière à la valorisation et à la protection du patrimoine archéologique *in situ*, l'Office national de forêts effectua un second relevé lidar en 2014²². Ce dernier relevé double quasiment la densité des points avec, environ, 16 points /m². Il couvre l'intégralité du domaine forestier en incorporant la forêt domaniale de Laigue (nord-est de Compiègne, séparée du massif compiégnais par l'Aisne) et une partie des forêts privées adjacentes. L'analyse des anomalies topographiques a mis en évidence de nombreux éléments linéaires au sud et à l'ouest du massif. Le croisement avec le premier levé de 2011 a validé spatialement (géométrie et positionnement absolu) et algorithmiquement (filtrages et classifications) les premiers éléments mis au jour. Le survol de 2011 a été exploité ici uniquement pour vérification, en raison de la surface et de la configuration matérielle moins avantageuses que celles du lever de 2014 (Tableau 2).

22. S. DAVID, 2014 ; S. DAVID, C. DARDIGNAC & C. BUSTOS, 2016.

Pour fluidifier les traitements, un découpage de l'ensemble des données de 2014 en 1 424 dalles de 500 mètres de côté, numérotées en fonction des coordonnées projetées dans le système Lambert 93, a été réalisé. Chaque dalle est composée de plusieurs millions de points (jusqu'à 8,4 millions).

Le choix a été fait de n'avoir recours qu'à des environnements logiciels dits « libres ». L'utilisation d'un langage de scripts a permis d'automatiser le travail effectué afin d'éviter de refaire plusieurs fois les mêmes opérations sur chaque dalle. Pour rendre ces résultats accessibles au plus grand nombre de traitements spatiaux et statistiques, les données des deux vols ont été déclinées en dalles images (raster de type GeoTIFF) et fichiers de données vectorielles (*shapefile*) selon le standard géoréférencé libre Geospatial Data Abstraction Library (GDAL). L'ensemble de ces fichiers est fourni en Lambert 93 (EPSG 2154) pour la planimétrie et dans le système IGN 69 pour l'altimétrie.

Les données se présentent donc sous la forme de fichiers de points aux coordonnées cartésiennes tridimensionnelles. Le nuage de points est classé entre le bâti, le sol et la végétation (Tableau 3). Dans le cadre de cette étude archéologique et historique, seuls les points « sol » sont, pour l'instant, utilisés.

Tableau 3. *Détails de la classification des fichiers LAS (Sophie David)*

Numéro de classe	Libellé	Nb de points	Pourcentage de points
2	Sol	1942702690	45,23
3	Végétation basse	611227106	14,23
4	Végétation moyenne	922277982	21,47
5	Végétation haute	766941886	17,86
6	Bâtiment	51817631	1,21
<i>Total</i>		4294967295	100,00

Les analyses, issues de protocoles employés pour d'autres forêts²³ et adaptés aux problématiques du massif de Compiègne, sont effectuées grâce aux mesures ponctuelles transformées directement en raster avec une résolution de 50 centimètres. L'interpolation, basée sur cette maille régulière de 50 centimètres, est de type « voisin naturel ». Cette méthode, mise en place et exécutée par l'équipe scientifique, a pour avantage d'être utilisable avec des mesures disposées régulièrement ou non. Cependant, un phénomène de lissage des reliefs (renforcé par l'utilisation de dalles raster et non de données vectorielles) se manifeste et doit être pris en compte pour l'étude des

23. J.-L. DUPOUEY *et al.*, 2004; G. BÉNAILY, C. DARDIGNAC & Y. LE JEUNE, 2012.

dénivelés aux forts pendages (pour les murs de faible élévation par exemple). Les altitudes des points de mesure ne sont pas moyennées ; c'est l'une des valeurs qui est transformée en raster, les autres ne sont pas utilisées.

Afin de pouvoir étudier précisément la topographie du terrain analysé, il a été nécessaire de procéder, à partir du MNT, à trois traitements distincts de visualisation.

Le premier consiste à calculer les pentes²⁴ et leurs directions (ou expositions). Certaines zones du terrain étudié ont un fort dénivelé, ainsi la pente peut-elle brouiller, en partie, notre visibilité des petites anomalies topographiques. La direction des pentes permet de mettre en évidence certaines orientations particulièrement régulières pour des structures linéaires, telles que le parcellaire ou les bâtiments.

La deuxième étape d'analyse des dalles de 500 mètres est l'obtention d'ombrages à partir des différents MNT. Cette étape permet d'identifier des anomalies topographiques²⁵. Il a déjà été démontré que la direction du soleil doit varier et sa hauteur doit être relativement basse (lumière rasante) afin de favoriser la détection de structures archéologiques ayant des orientations très différentes. Ces traitements sont sensibles aux effets de bords. Les cartes d'ombrages ont été réalisées, pour l'ensemble des dalles, à partir des MNT à 50 centimètres de résolution avec une variation de la direction du soleil. Celle-ci a été modélisée par pas de 45° entre 45 et 360° par rapport au Nord, donnant ainsi 8 ombrages différents par dalle de données, et une élévation du soleil de 5° (Figure 4). Ainsi, en fonction des ombrages, les anomalies topographiques sont plus ou moins visibles.

La combinaison de modèles générés avec des éclairages différents permet l'observation d'objets topographiques linéaires (voies, parcellaires...) et surfaciques (butte, levée, trou de bombe, dépression...). L'utilisation des ombrages est complémentaire à celle du troisième et dernier traitement, l'un permettant d'affiner les observations de l'autre et *vice versa*.

Le troisième type d'analyse par différence d'altitude à la moyenne²⁶ est très proche de la méthode dite LRM²⁷ (*local relief model*). Les résultats obtenus sont basés sur la différence entre la moyenne d'altitude d'une zone définie et celle d'un point donné. Sur le lidar, les vestiges archéologiques sont visibles uniquement grâce aux anomalies topographiques qu'ils provoquent. À ce titre, elles doivent dénoter par rapport à la courbure naturelle du terrain, qui a en général une amplitude plus grande que celle des vestiges archéologiques. C'est pourquoi la comparaison d'une altitude d'une cellule donnée à

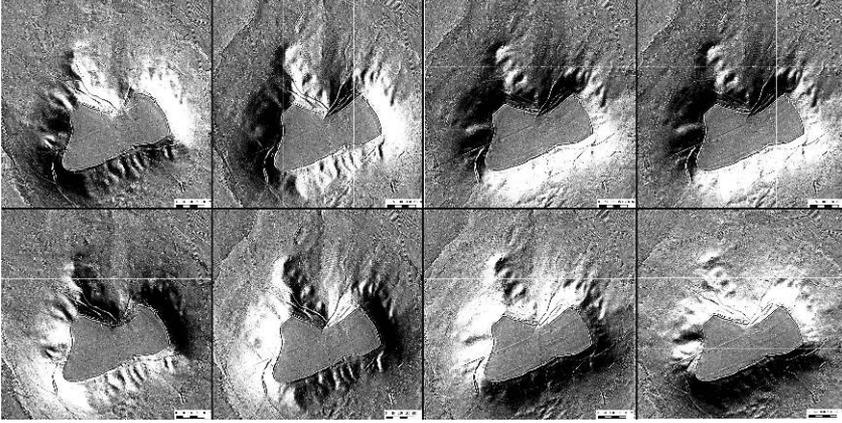
24. J. HOFIERKA, H. MITASOVA & M. NETELER, 2009.

25. J. HARMON *et al.*, 2006 ; M. GEORGES-LEROY *et al.*, 2009.

26. G. BÉNAILY & Y. LE JEUNE, 2011.

27. R. HESSE, 2010.

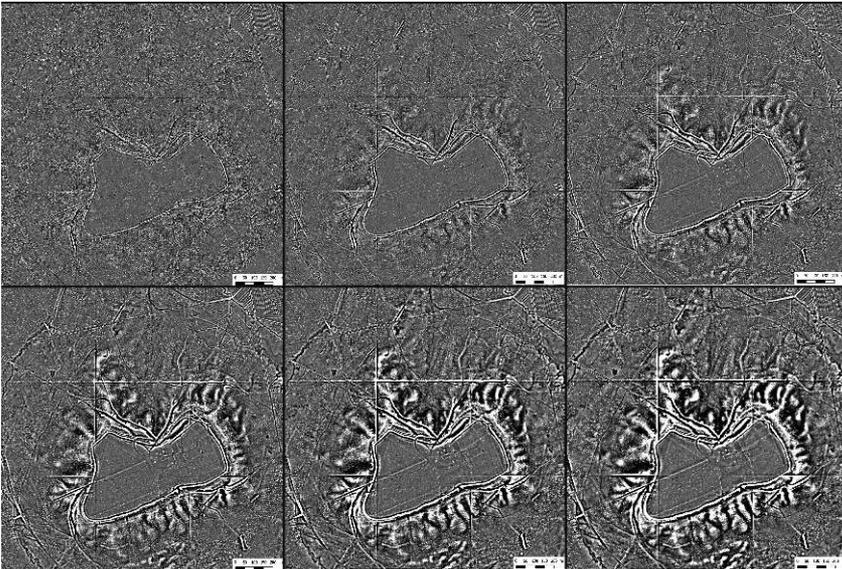
Figure 4. Exemples de variation de l'ombrage



Crédits. D.A.O. Sophie David.

Note. Élévation du soleil de 5° : azimut du soleil (de haut en bas et de droite à gauche) : entre 45 et 360 par pas de 45°.

Figure 5. Exemple d'analyse par différence d'altitude à la moyenne



Crédits. D.A.O. Sophie David.

Note. Taille de la fenêtre flottante (de haut en bas et de droite à gauche) : 5, 9, 13, 17, 21, 25 cellules.

la moyenne des altitudes environnantes a été mise en place. Cette approche peut être faite avec une taille de fenêtre variable permettant la comparaison de l'altitude à la moyenne des reliefs environnants à plusieurs échelles. Les tailles de fenêtre réduites favorisent la détection des variations fines mais une taille de fenêtre trop petite va générer beaucoup de « bruit » (Figure 5). Ainsi un site archéologique d'emprise faible mais relativement net sur le terrain sera visible avec une fenêtre flottante réduite. *A contrario*, les fenêtres importantes auront tendance à mettre en lumière les reliefs plus diffus ou à diluer la lecture de reliefs plus fins. Néanmoins, ce processus est soumis à un effet de bords sur une distance égale à la taille de la fenêtre flottante considérée. De plus, la comparaison à la moyenne implique la perception relative de creux autour de tout relief et de reliefs autour de chaque creux. Par exemple, cela donne l'impression d'un « halo » sombre autour d'un talus, y compris ceux non entourés de fossés et d'une auréole claire en bordure de creux, linéaires ou ponctuels.

3. La digitalisation des microreliefs et l'obtention de premiers résultats

En exploitant les résultats de ces trois traitements, une digitalisation en deux dimensions²⁸ des microreliefs potentiellement anthropiques a été exécutée, permettant d'obtenir la carte la plus exhaustive possible des anomalies topographiques. Ces dernières sont disposées dans quatre fichiers vectoriels (ou *shapefile*) distincts. Quant au vocabulaire employé, le choix d'utiliser le thésaurus Patriarche²⁹ (et plus particulièrement la catégorie « Interprétation ») s'est imposé afin de lier sémantiquement les géométries « lidar » avec les entités archéologiques de la carte archéologique nationale³⁰.

Les définitions typologiques et cartographiques ainsi que l'interprétation vraisemblable des différentes morphologies (nature de l'occupation et chronologie) des microreliefs compiégnais ont été établies selon les travaux et publications liés à l'analyse de la forêt de Haye dans l'est de la France³¹.

« Digit_point » est une couche d'entités ponctuelles mise en place pour les anomalies négatives très nombreuses telles que les dépressions pouvant être des mares ou des trous de bombes. Dans la table attributaire, il y a un

28. Avec une valeur altimétrique (IGN 69) associée à chaque entité vectorielle enregistrée.

29. A. CHAILLOU & J. THOMAS, 2007 ; A. CHAILLOU *et al.*, 2002.

30. « L'entité archéologique est en quelque sorte l'unité d'analyse des sites archéologiques ; c'est une occupation d'un type donné (suivant le thésaurus "interprétation"), présente à un endroit donné, durant une période de temps donnée, sans interruption », A. CHAILLOU *et al.*, 2002.

31. M. GEORGES-LEROY *et al.*, 2011, p. 123, tableau n° 3 ; M. GEORGES-LEROY *et al.*, 2014, M. GEORGES-LEROY, 2015.

seul champ «ID» représentant l'identifiant unique de chaque entité. Dans cette couche, 1 588 géométries ont été enregistrées.

Le deuxième *shapefile*, nommé «Digit_ligne», est de type linéaire. Il est composé de 4 666 entités. Dans la table attributaire, cinq champs ont été créés. Le premier, «ID», est identique à son homonyme contenu dans «Digit_point». Le champ «Relief» donne la valeur positive ou négative à l'entité linéaire digitalisée (0 pour un relief négatif et 1 pour un relief positif). Le troisième, dénommé «Emprise DRAC», indique si l'anomalie est à moins de 250 mètres d'une ou plusieurs entités de la carte archéologique³². Pour pouvoir exploiter la longueur des tronçons linéaires, un champ «Longueur» a été créé (en mètres). Le cinquième et dernier champ «Typologie» est certainement le plus complexe. Les géométries ont été classées selon cinq groupes sémantiques distincts : «Fossé³³», «Parcellaire³⁴», «Talus³⁵», «Voie³⁶», «Tranchée³⁷», «Autre³⁸».

Au total, ont été identifiés 780 km de segments linéaires, vraisemblable manifestation de plusieurs réseaux d'organisations spatiales de type parcellaire, et 139 km de réseaux viaires potentiels (Figure 6). Cet inventaire conséquent est la manifestation d'un espace fortement maillé et organisé.

L'organisation générale et la forme de ces ensembles linéaires n'ont pas encore été étudiées en détail. On peut cependant remarquer que peu d'éléments ont été digitalisés dans la partie centrale de la forêt. Par ailleurs, plusieurs types d'organisation sont visibles. Ainsi, dans la partie ouest, on observe un linéament en lanières très longues reposant sur des voies (Figure 7). Cet ensemble ressemble fortement aux parcellaires gallo-romains identifiés dans la forêt de Haye (Meurthe-et-Moselle). Une autre zone située à l'est semble présenter deux organisations diachroniques se superposant (Figure 8). Étudier plus longuement ces géométries visibles sur le lidar apporterait incontestablement des éléments sur l'organisation spatiale du terroir mais aussi sur l'histoire et l'ancienneté de la forêt la recouvrant.

32. 0 = pas d'indice archéologique ; 1 = un ou plusieurs indice(s) archéologique(s).

33. Entité négative de plusieurs mètres de long non liée à un réseau de parcellaire mais identifiable probablement à une enceinte ou un enclos par exemple.

34. En général, un talus ou un fossé érodé faisant partie d'un ensemble cohérent correspondant à d'anciennes limites de parcellaire agro-pastoral ou, plus largement, à un élément anthropique de type polygonal, marqueur d'une organisation de l'espace.

35. Relief en élévation de plusieurs mètres de longueur, de largeur et d'élévation moindres mais suffisantes pour ne pas être confondu avec une voie par exemple ; probablement une enceinte ou un enclos.

36. Identifiable en tant que tel par la possibilité de la suivre sur plusieurs kilomètres et liée éventuellement à d'autres indices archéologiques ; hypothèse parfois renforcée par la présence d'un talus et deux fossés parallèles caractérisant des cheminements à certaines époques.

37. Élément linéaire en zigzag similaire à certains tracés observés dans d'autres massifs forestiers (Verdun, par exemple).

38. Élément linéaire dont la forme n'a pas permis d'associer une typologie.

La troisième famille d'entités géométriques numérisées a été nommée « Digit_poly ». Au total 425 géométries surfaciques (de type polygonal) ont été digitalisées. Il peut s'agir soit d'une zone close par des talus ou des fossés, soit d'une zone formée d'un ensemble d'anomalies topographiques de taille réduite.

Pour ce *shapefile*, « Area³⁹ » et « Visibilité⁴⁰ » sont ajoutés aux champs ID, Relief et Emprise DRAC identiques à ceux du *shapefile* « Digit_ligne ». La rubrique informelle « Relief » est, pour les données vectorielles « Digit_poly », composée de huit variables : « Aménagement militaire⁴¹ », « Butte », « Dépression », « Enclos⁴² », « Éperon barré », « Occupation », « Zone d'extraction » et « Zone perturbée ».

Sur les 425 polygones digitalisés, 90 anomalies sont des levées de terre qui ont été intégrées à la catégorie des buttes. Il peut s'agir de buttes isolées ou d'un ensemble de buttes. En s'appuyant sur les études conduites dans d'autres forêts, on établit que ces buttes peuvent correspondre à divers vestiges : un bâtiment (motte médiévale ou maison forte par exemple), un *tumulus*, une motte à conils (butte d'élevage des lapins), un ferrier ou une charbonnière. On peut aussi être en face d'un andain forestier ou d'une accumulation de branchages ou de terre, sachant que les surfaces varient de 44 à 27 000 m².

Trois éperons barrés ont été identifiés dans la forêt domaniale de Compiègne. Il s'agit d'un ensemble de fortifications dont les plus anciennes sont datées du Néolithique. Avant le lidar, deux éperons barrés⁴³ étaient connus (sans mention de leur emprise précise) dans ce massif forestier⁴⁴. Un troisième a été découvert lors de ce travail. Ce nouvel éperon identifié est le plus petit avec seulement 2 200 m², les deux autres ayant des superficies de 6 000 et 60 000 m².

Le quatrième et dernier *shapefile* dit « Zone_floue » recueille les polygones des secteurs où l'observation des anomalies topographiques a été oblitérée à cause de l'environnement pédologique⁴⁵. Ce secteur « zone floue » correspond à la zone d'extension des sols podzoliques, sableux et acides, qui ont pu être remaniés par le vent jusqu'à une période récente. Dix polygones ont été enregistrés.

39. Superficie du polygone en mètre(s) carré(s).

40. Une fois les trois traitements de visualisation effectués, la visibilité est classée en ordre décroissant d'efficacité de 1 (optimale) à 3 (médiocre).

41. Correspondant majoritairement à des magasins d'artilleries de la Seconde Guerre mondiale.

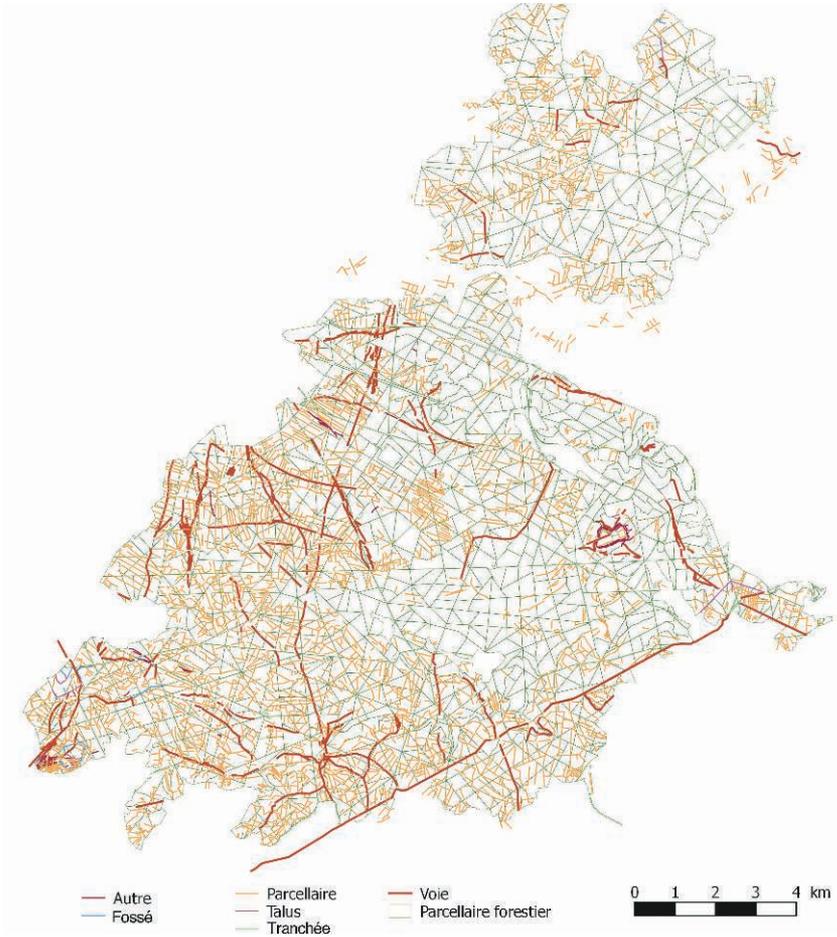
42. Occupation de forme généralement quadrangulaire et close, fossoyée ou en élévation.

43. Numéros d'EA Patriarche : 604910001 et 605970019.

44. Entités archéologiques numérisées et inventoriées dans la base de données Patriarche.

45. H. HOREN, 2015.

Figure 6. *La forêt de Compiègne : étendue des réseaux viaires et parcellaires passés*



Crédits. D.A.O. Sophie David.

Figure 7. Exemple de superposition de réseaux parcellaires et viaires

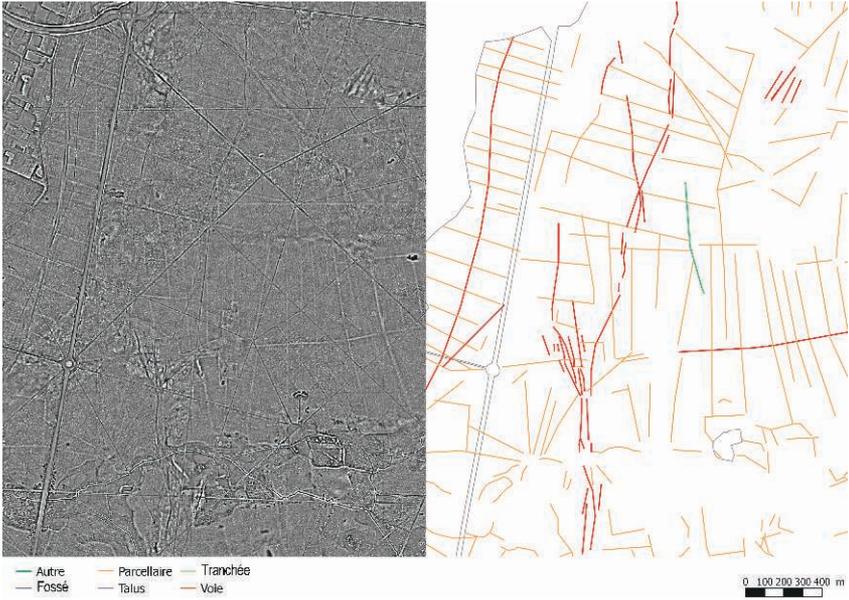
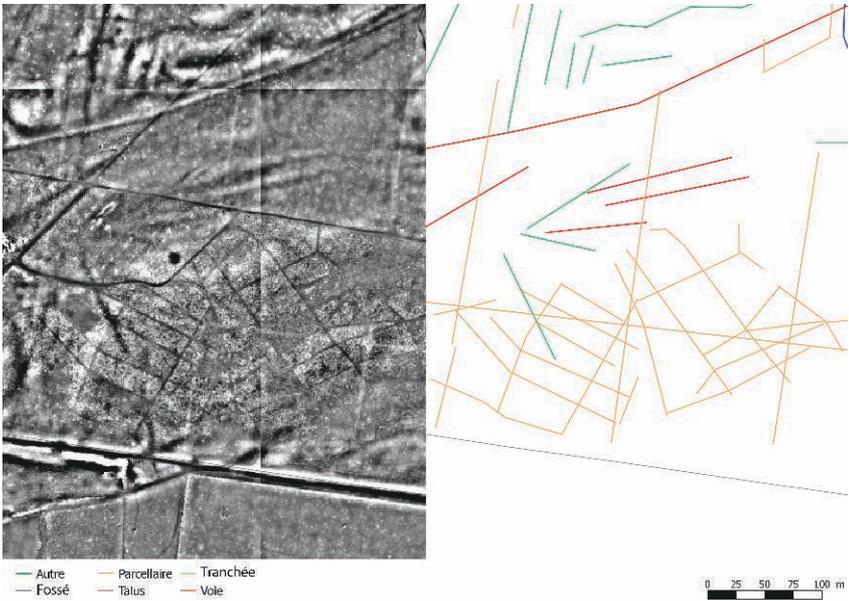


Figure 8. Autre exemple de superposition de réseaux parcellaires et viaires



Il faut néanmoins garder à l'esprit que le résultat de la digitalisation est en partie subjectif. Bien sûr, plus l'habitude est prise d'observer ce type d'image, plus il est aisé de l'interpréter correctement.

Ici, il est important de préciser que pour identifier les vestiges, ceux-ci doivent être pérennes. Par conséquent, les constructions en matériaux périssables généreront peu de reliefs. De plus, l'identification d'activités anthropiques par analyse microtopographique ne permet pas de préciser totalement la nature des vestiges, leur datation ou leur état de conservation. Certains éléments végétaux (ronciers, par exemple) peuvent aussi ne pas être évacués par le filtrage algorithmique et faire apparaître sur l'image des reliefs factices. L'analyse des résultats « lidar » doit donc toujours être confortée par un solide contrôle de terrain.

C'est dans cet esprit qu'un programme de prospections pédestres triennal (de 2016 à 2018) a été mis en place. Son objectif principal est de valider, ou non, le caractère archéologique des microreliefs repérés et d'apporter des éléments concernant leur conservation et leur datation.

4. Confrontation des anomalies topographiques aux données documentaires et pédestres

Depuis 2002, l'unité EDYSAN a pour problématique scientifique l'impact des anciennes occupations du sol sur le complexe sol-végétation actuel. Une thèse en pédo-anthracologie, soutenue en 2016, a analysé les résultats de prélèvements effectués en partie en forêt de Compiègne, sur luvisol, podzosol et brunisol. Les datations radiocarbone tendent à confirmer la fermeture progressive des couverts au cours de l'époque médiévale. Les analyses pédologiques montrent aussi que les sols conservent des traces d'usages non forestiers : pâturages, anciens amendements agricoles, forêts claires⁴⁶. Le traitement des images lidar et l'étude des archives anciennes permettent de mieux connaître la chronologie de l'implantation des anciens parcs à gibier (garennes à grosses bêtes, garennes à lapins, parquets à faisans) et leur structure. Sur le terrain, les analyses botaniques et pédologiques révèlent elles aussi des anomalies encore sensibles aujourd'hui⁴⁷.

En 2010-2011, le bureau d'étude de la direction territoriale Île-de-France nord-ouest de l'Office national des forêts a réalisé une étude documentaire sur le patrimoine archéologique de la forêt domaniale de Compiègne. Cet inventaire repose essentiellement sur les sources bibliographiques et les notices archéologiques issues de la documentation du SRA des Hauts-de-France⁴⁸.

46. T. FEISS, 2016 ; T. FEISS *et al.*, 2017.

47. M. LARRATTE, 2015 ; J. BURIDANT, É. GALLET-MORON & G. DECOQ, 2013.

48. G. BÉNAILY, 2011.

Il a été complété par l'inventaire de la base des Monuments historiques du ministère de la Culture (base Mérimée⁴⁹) et les travaux précédemment cités de Patrice Thuillier et de Georges-Pierre Woimant⁵⁰.

Présenté sous la forme de fiches synthétiques (cartographie, archives, recherches et bibliographie), cet inventaire a donné lieu à une première proposition de hiérarchisation des sites connus. Cette démarche a été entreprise sans connaître au préalable les vestiges conservés sur le terrain. Une dizaine de sites ont fait l'objet d'une prospection archéologique, d'une recherche iconographique et cartographique plus poussée, comme la Ville-des-Gaules (agglomération secondaire gallo-romaine classée au titre des monuments historiques en 1922) et l'oppidum du mont Saint-Pierre.

Ces sources informelles ont été normalisées et injectées dans les *shape-files* décrits précédemment. Pour ce travail spécifique, il a fallu créer et ajouter quatre nouveaux champs : «DECOUVERTE⁵¹», «REFERENCE⁵²», «DESCRIPTION⁵³», «NUM_SITE⁵⁴». Ces champs n'ont été renseignés que pour les polygones situés à proximité d'un indice DRAC (moins de 250 mètres), soit 251 entités.

Chaque entité archéologique identifiée a un numéro unique composé du nom de la forêt, du numéro de parcelle et d'un numéro : «COMPIEGN_PARCELLE_NUM⁵⁵».

Il faut préciser que pour un point géoréférencé issu de Patriarche, il peut y avoir plusieurs polygones, et *vice versa*. Ces rapprochements sont hypothétiques. Pourtant, dans la majorité des cas, l'indice archéologique enregistré dans la carte archéologique nationale est le même que celui identifié. Ainsi d'après cette analyse, nous aurions, par exemple, identifié 187 géométries (points, lignes et polygones) correspondant potentiellement à des indices gallo-romains (Tableau 4). Plusieurs indices ne sont actuellement pas datés.

Ce regroupement informel a été l'objet d'un premier travail préparatoire permettant de connaître les sites détectés en vue de leur vérification par les campagnes de prospection triennales. L'étude réalisée en 2010 avait amorcé ce travail au niveau méthodologique.

49. Base de données documentaire sur les édifices protégés constituée à l'initiative de la direction des Patrimoines et de l'Architecture du ministère de la Culture et de la Communication.

50. G.-P. WOIMANT, 1995.

51. Définition du type de découverte : mobilier, construction, microrelief, etc.

52. Date et identité de l'inventeur du gisement archéologique.

53. Datation d'après archives et description synthétique du site.

54. Identifiant numérique («EA») de la base de données Patriarche.

55. Exemple pour un site situé en parcelle 4142 : COMPIEGN_4142_1.

Tableau 4. *Entités archéologiques connues intersectant les géométries lidar (thésaurus Patriarche, Sylvain Rassat)*

	Préhistoire	Protohistoire	Antiquité	Moyen Âge	Période moderne	Chronologie indéterminée	Total
<i>Communication</i>	0	0	2	0	0	0	2
<i>Cultuel et religieux</i>	0	1	6	4	0	0	11
<i>Dépôt</i>	0	0	3	0	0	2	5
<i>Économie</i>	1	0	15	6	2	3	27
<i>Funéraire</i>	3	3	7	0	0	0	13
<i>Occupation</i>	2	17	154	4	0	9	186
<i>Total</i>	6	21	187	14	2	14	244

L'analyse des données a établi une liste de 425 secteurs à prospecter. Après deux campagnes de prospection pédestre, le nombre d'indices vérifiés s'élève à 225 (Tableau 5), soit 53 % des surfaces à vérifier.

Tableau 5. *Entités archéologiques prospectées en 2016 et 2017 (thésaurus Patriarche, Sylvain Rassat)*

	Préhistoire	Protohistoire	Antiquité	Moyen Âge	Période moderne	Chronologie indéterminée	Total
<i>Communication</i>	0	0	1	0	0	0	1
<i>Cultuel et religieux</i>	0	0	1	2	0	0	3
<i>Dépôt</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Économie</i>	0	0	4	0	1	0	5
<i>Funéraire</i>	0	0	1	0	0	0	1
<i>Occupation</i>	1	3	68	4	3	138	217
<i>Total</i>	1	3	73	6	4	138	225

La méthodologie mise en place a consisté dans un premier temps à vérifier les anomalies topographiques télédétectées par des prospections archéologiques. Cette étape doit ici valider (ou non) leur caractère archéologique et estimer leur degré de conservation. Dans un second temps, une hiérarchisation des sites archéologiques a été menée de façon décroissante, de l'indice 1 à 3 (en fonction de l'importance scientifique des vestiges, de leur étendue et de leur conservation). La dernière action vise à proposer des mesures de

gestion conservatoire. Ces actions doivent être générales, claires et simples, mais peuvent être adaptées au cas par cas pour certains gisements majeurs⁵⁶.

Sur place, les différentes anomalies ont été repérées, suivies, photographiées. Du mobilier archéologique a systématiquement été recherché en surface et dans les chablis.

Il est important de préciser que, grâce aux données spatiales et aux prospections, les emprises des sites identifiés ont pu être affinées. Tous les indices identifiés sur le terrain ont fait l'objet d'une fiche dans une base de données non relationnelle⁵⁷ issue du prime inventaire de 2010. Pour chaque indice, une image brute et une autre interprétée ont été jointes à la fiche.

Du mobilier a été découvert sur près de la moitié des indices confirmés (ou un tiers des indices prospectés). L'étude succincte du mobilier archéologique recueilli lors des prospections montre qu'une grande majorité de sites validés sont issus de l'époque romaine : monnaies antiques, tambour de colonne, tuiles estampillées et céramique fine et décorée (dont sigillée et *terra nigra*).

Parmi ces indices prospectés, on peut citer, de manière non exhaustive, une voie et un *vicus* gallo-romains ainsi qu'un dolmen par exemple.

5. L'apport des documents anciens : le prieuré de Saint-Pierre-au-Mont-de-Châtre, commune de Vieux-Moulins (Oise)

Les champs exploratoires de cette nouvelle approche du patrimoine forestier ne se limitent pas à l'extraction de reliefs. En effet, cette arrivée massive de données spatiales a également permis de réinterpréter et d'intégrer certains fonds archivistiques et cartographiques inédits, alliant ainsi la force illustrative à l'acquisition du sens.

Lieu d'implantation d'un prieuré célestin dès le début du XIV^e siècle⁵⁸, le Mont-Saint-Pierre est localisé sur le territoire de Vieux-Moulins, à l'extrémité sud-est de son assiette parcellaire⁵⁹. Durant le règne de Napoléon III ce site avait déjà fait l'objet de plusieurs recherches⁶⁰. Partie intégrante de l'ancienne

56. C. DARDIGNAC, 2006.

57. Un exemple de fiche d'enregistrement est donné en annexe de la version en ligne de cet article. URL : <http://journals.openedition.org/histoiremesure>.

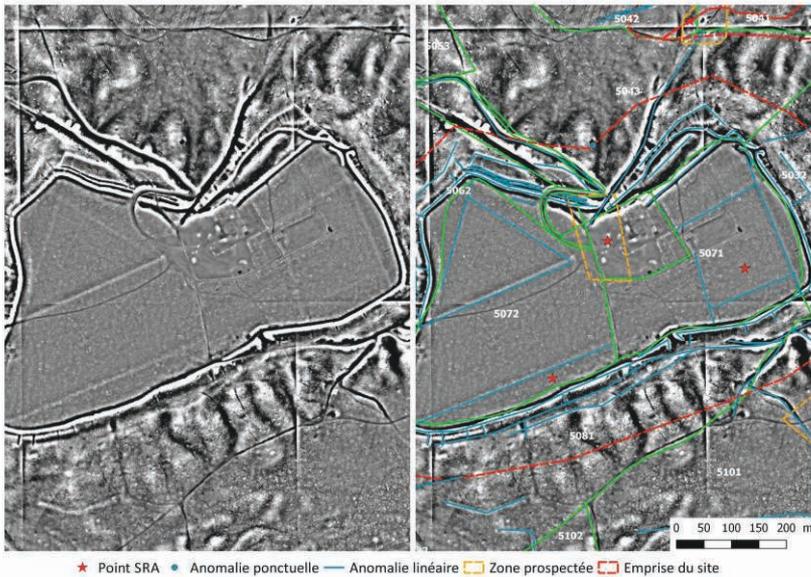
58. S. COMTE, 2008, p.294 ; Archives nationales (désormais AN) Q1/857, *l'Etat des fondations faites par les roys ou differents seigneurs aux trois maisons des celestins du diocèse de Soissons*.

59. Archives départementales de l'Oise (désormais ADO) ICp 201/1.

60. NAPOLÉON III, 1866. Les investigations ont lieu principalement entre 1861 et 1865.

forêt royale de Cuise, il s'est prêté aux campagnes de télédétection par laser aéroporté, réalisées entre 2011 et 2014 sur l'emprise physique de la forêt de Compiègne. Parallèlement à ce survol, et dans un tout autre contexte, des recherches menées aux archives départementales de l'Oise (ADO) dans le cadre d'une opération archéologique préventive voisine⁶¹ ont révélé l'existence d'un fond important et riche en informations propre au dit prieuré. Données cartographiques et textuelles ont ainsi permis une lecture croisée et transversale, ayant pour objet d'étude le plateau du Mont-Saint-Pierre, le prieuré étant le fil rouge de cette approche⁶².

Figure 9. Images lidar, extrait de la fiche d'enregistrement de l'oppidum de Saint-Pierre-en-Chastre



Crédits. Sophie David.

Sources. ONF, Agence Études territoriale Île-de-France et Nord Ouest 2017. La fiche d'enregistrement est donnée dans son intégralité en annexe de la version en ligne de cet article.

61. L. HUGONNIER, 2017, p.49-60.

62. Après la suppression de l'ordre des célestins, en 1771, puis le décès du dernier moine sur place en 1814, le domaine a été vendu et aussitôt saccagé, les matériaux dilapidés et également vendus. Jean-Antoine François Léré, érudit compiégnais (1761-1837) dont la collection d'aquarelles contient des vues des vestiges prieuraux, relatait qu'il avait récupéré des lambris et corniches du prieuré, vendus comme bois de chauffage. On peut y voir encore aujourd'hui les ruines de l'église, l'accès se faisant par la route principale tracée par Napoléon III.

Concernant les documents anciens, le dossier d'étude se compose principalement de deux corpus distincts et complémentaires, alimentés par un dépouillement exhaustif des documents relatifs au Mont-Saint-Pierre et à ses seigneurs⁶³. Le premier corpus regroupe ainsi 31 pièces papiers, 9 parchemins ainsi que le cartulaire (microfilmé) du *xvi^e* siècle des célestins de Saint-Pierre-en-Chastres, l'ensemble étant réparti sous 5 cotes⁶⁴. La production de ces titres s'échelonne entre le début du *xiv^e* siècle et la fin du *xviii^e* siècle (avec une meilleure conservation des titres relatifs aux *xvi^e*-*xviii^e* siècles). Ce premier ensemble est lui-même issu d'un corpus plus important, celui des célestins de Saint-Pierre-en-Chastre (*sic*), conservé aux archives départementales de l'Oise, sous les cotes H 6602 à H 6794 (ADO : 192 repères de classement). Ces mentions témoignent principalement des affaires couramment étudiées et rencontrées dans ce type de fonds (dîmes, baux, arpentages, droits d'usages, biens immobiliers...).

Le hasard des dépouillements a fait qu'une donnée, provenant des fonds conservés aux archives départementales de l'Aisne (ADA), est venue s'ajouter à l'ensemble précité : sous la cote H 455 est conservée une transcription moderne du cartulaire de Saint-Crépin-le-Grand, abbaye soissonnaise (Aisne), dans laquelle est relaté l'échange fait par le roi Philippe V d'une partie de la forêt de Laigne contre la maison du Mont de Châtel et de ses dépendances, en 1308-1309. Cette « maison » est ainsi la première construction architecturale localisable sur le plateau, et quasiment la seule : l'étude des documents plus tardifs atteste d'une focalisation des écrits sur les biens extérieurs au plateau, que ce soit sur le territoire de Vieux-Moulin (carrières et terres vagues) ou sur les territoires avoisinants (maison seigneuriale de Cuise, ferme de Breuil, moulin de Gennencourt...). Au plus près a-t-on ainsi la perception des emprises foncières des étangs artificiels de Saint-Pierre, localisés au pied du mont, témoignant des activités piscicoles et chanvrières des célestins locaux⁶⁵.

Cette indigence est heureusement atténuée par la qualité des documents cartographiques constituant le deuxième corpus. Trois des cinq plans isolés (hors cadastre Napoléonien) ont pour sujet la représentation des bâtiments du prieuré sur le Mont-Saint-Pierre, les éléments constitutifs du paysage étant également inscrits dans ces représentations. Les deux premiers, datés de

63. Sources cartographiques : ADO 1 Cp201/1 : *Vieux-Moulin*, Cadastre napoléonien, section C, feuille unique, 1783 (procès-verbal d'arpentage), (63,5 × 101 cm) ; ADO H 6794 (2 plans) : *Plan de l'emplacement de la maison de Saint Pierre fait par Le Tellier*, arpenteur, 1740.

64. ADO H 6770 *Donation d'une partie de la forêt de l'Aigle*, 1322 ; H 6774 *Saint-Pierre-en-Chastres, Baux*, 1653-1751 ; H 6776 *Cartulaire des Célestins de Saint Pierre en Chastres*, ms. du *xvi^e* siècle, 1309-1398 ; H 6791 *Vieux-Moulin, Baux*, 1615-1707 ; H 6792 *Vieux-Moulin, Baux*, 1639-1753.

65. ADO H 6791 et H 6792.

1740, sont de la main de Le Tellier arpenteur et ont été déposés au greffe de la maîtrise des Eaux et Forêts de Compiègne, le 8 décembre 1740 (Figure 10).

Leurs échelles ne sont pas mentionnées graphiquement mais l'arpenteur, dans l'écrit qui accompagne ces deux plans, explicite ses mesures d'arpentage :

« Mesurage plan et figure du terrain en labour et sain foin situé au tour de l'abbaye de Saint Pierre au mont de Chartre mesuré a la Mesure de Compiegne quy est de douze pouces pour pied dix-neuf pieds quatre pouces pour verge et quatre-vingt verges pour mine divisé en neuf parties égalle [...]»⁶⁶.

Les travaux ont donc consisté, dans un premier temps, à la vectorisation des tracés parcellaires, des éléments architecturaux et au relevé des informations manuscrites associées aux dessins (dont le tracé des « vieilles vestiges de murailles⁶⁷ » du prieuré). Dans un deuxième temps, et ce malgré l'absence d'échelle géométrique, on a pu procéder à la superposition des plans anciens aux repères actuels, en prenant en compte différents points dits remarquables (courbure des vestiges de murailles, tracé des routes, décrochés à angles droits des bâtiments du prieuré). Le troisième plan provient des archives du musée d'archéologie nationale de Saint-Germain-en-Laye. Issue de *l'Histoire de Jules César*⁶⁸, la planche n°28 est une gravure représentant le camp de César au Mont-Saint-Pierre (Figure 11). À la différence des plans précédents, celui-ci est métré et orienté. L'intérêt majeur de ce document est la présence et la localisation des profils de coupes réalisés lors des travaux archéologiques⁶⁹. Ceux-ci ont donc été également vectorisés et recalés spatialement.

La lecture croisée a pu ainsi être engagée : l'obtention des différents nuages de points « sol » obtenus lors du survol aérien, a permis une modélisation du terrain et un état des lieux des reliefs en présence. Les travaux menés ont ainsi mis en évidence 77 reliefs positifs (dont 44 surfaciques et 33 linéaires) et 61 négatifs (dont 42 surfaciques et 19 linéaires). Le croisement des tracés lidar et des tracés anciens vectorisés a ainsi généré une phase d'identification, puis de questionnements.

Les hautes levées de terre, ainsi que la totalité des éléments négatifs (en creux) auréolant ces levées, sont à identifier comme les témoins des fossés et remparts du camp Saint-Pierre⁷⁰ ; la quasi-totalité des éléments positifs (en élévation) sont quant à eux associés aux vestiges du prieuré, bâtiments et tracés d'enclos, représentés en 1740 (Figure 12).

66. ADO H6794 Arpentages 1740, pièce n°44, *Plan de l'emplacement de la maison de Saint Pierre fait par Le tellier arpenteur en 1740*.

67. L. HUGONNIER & S. RASSAT, 2013, p. 221, plans 1 et 2.

68. NAPOLÉON III, *op.cit.*

69. M.-L. BERDEAUX-LE BRAZIDEC, 2008.

70. L. HUGONNIER, S. RASSAT & C. MONTOYA, 2015.

Figure 11. Planche n° 28 issue de l'Histoire de Jules César représentant le camp de César au Mont-Saint-Pierre

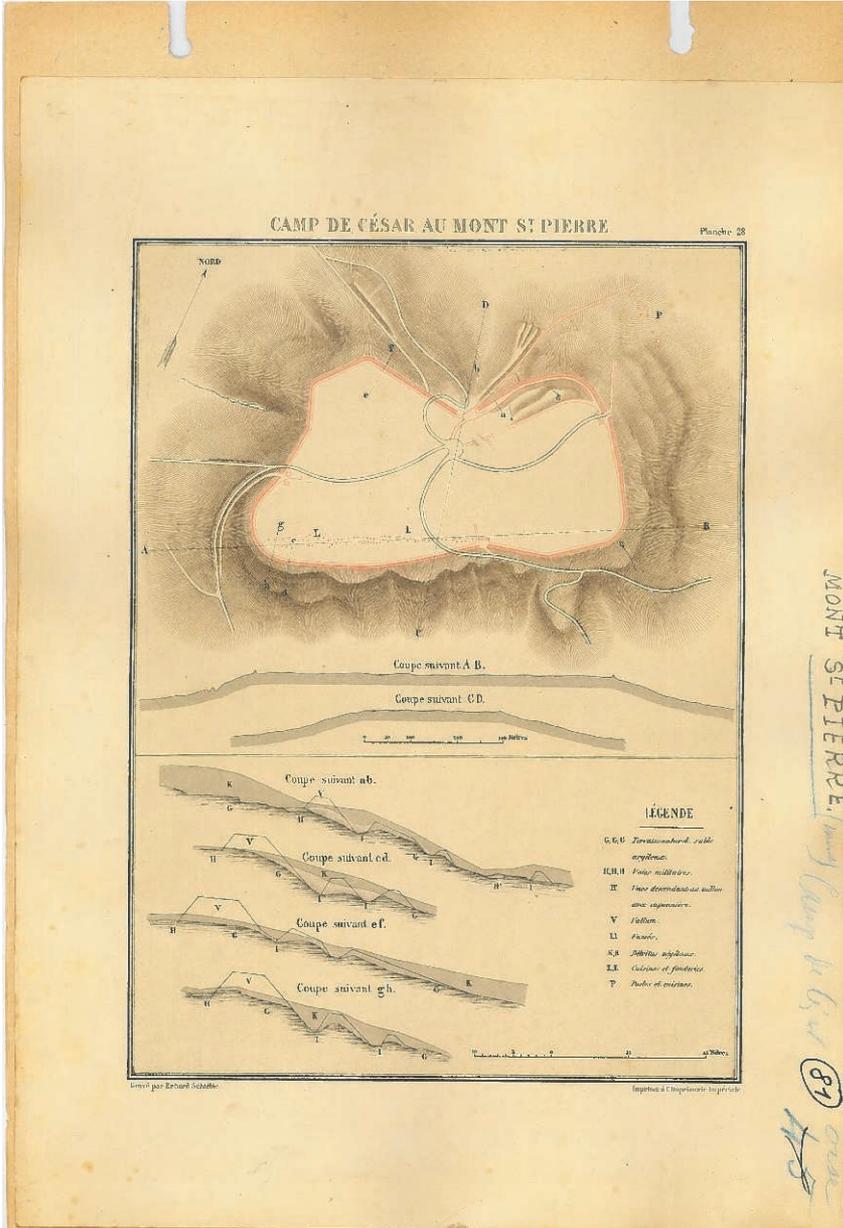
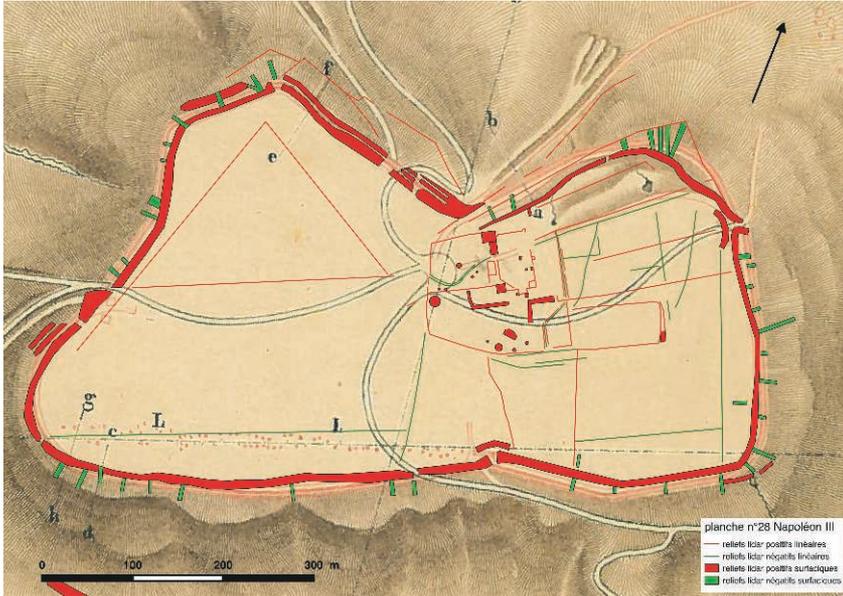


Figure 12. Synthèse des paléoreliefs extraits des points « sols » LIDAR couplés à la planche n° 28 et les informations du plan d'arpentage Le Tellier



Enfin, plusieurs constatations ont donné naissance à des interrogations ciblées, relatives aux occupations humaines sur le mont et ses hypothèses napoléoniennes : l'ensemble des éléments détectés sont en grande majorité médiévaux et modernes, évacuant toute trace et toute identification des occupations protohistoriques et antiques sur le Mont, et plus encore celle de l'oppidum « césarien ». On ne discerne, par exemple, aucun tracé, aucune morphologie matérialisant la présence d'une structuration interne propre aux fortifications gauloises ou romaines connues dans le département de l'Oise⁷¹. Certains tracés sont par ailleurs incohérents : les tranchées napoléoniennes ne traversent à aucun moment les levées de terres, certaines même prennent appui sur les anciennes murailles du clos prieural ; les ouvertures rectangulaires pratiquées lors des travaux archéologiques, au nombre de 70, n'ont pu être identifiées, ce qui pose par ailleurs un problème majeur, tant au niveau du lidar (limite technique de lecture des données ?) que des témoignages archéologiques, voire politiques (validité des écrits ? travestissement des données de fouilles ?).

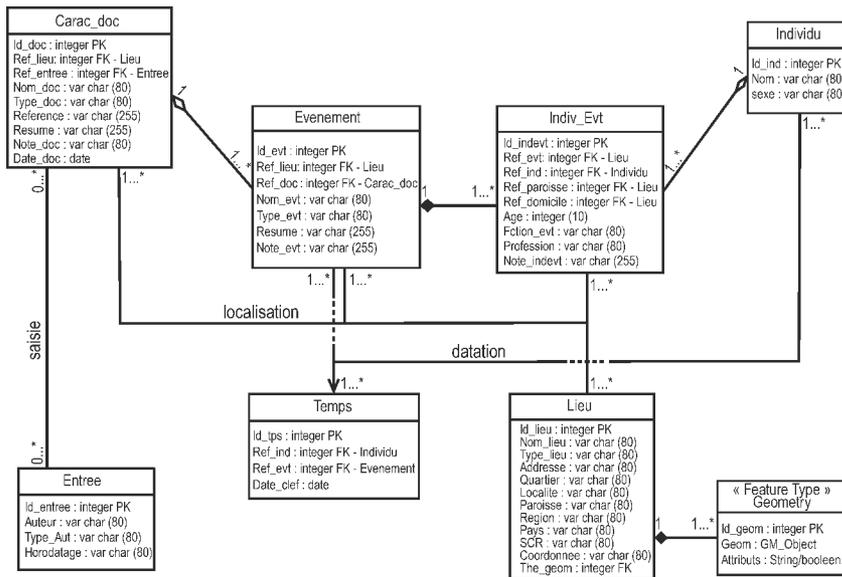
71. D. PITON & G. DILLY, 1985, p.28, fig.4.

6. Conclusion : limites et perspectives de l'étude

Il est indéniable que les deux campagnes de télédétection ont considérablement bouleversé la perception historique de l'actuel massif forestier de Compiègne. La contrepartie d'une telle arrivée d'informations spatiales et sémantiques est la nécessité de centraliser et d'intégrer ces dernières au sein d'un système d'exploitation standardisé⁷², spécialement conçu pour les données massives ou *big data*. Jusqu'à ce jour, les informations collectées n'ont pas pu profiter de cette évolution technologique majeure. Ceci limite indéniablement l'utilisation de traitements statistiques et oblitère la potentialité d'une partie de la donnée spatiale non exploitée car exclue par nos différents filtres (algorithmiques et visualisations).

La structuration de données « DEMO-HIST » (Figure 13), outil développé spécifiquement dans le cadre du projet démographique historique « Charleville », pourrait s'avérer adaptée face à ce « plafond de verre ».

Figure 13. Schéma de la structuration (standard UML) de la base de données « DEMO-HIST »



Crédits. C.A.O. Sylvain Rassat et Benoît Pandolfi, D.A.O. Benoît Pandolfi.

72. C.-C. BUTEZ, 2015.

Ce nouvel outil a été mis au point afin de stocker et d'analyser les données temporelles (points et intervalles), la donnée spatiale (ponctuelle, linéaire et surfacique), et les métadonnées relatives aux documents archivistiques et aux campagnes de saisie⁷³. Les premiers résultats de l'utilisation de « DEMO-HIST » dans le cadre de l'enquête démographique « Charleville » ont démontré qu'il serait possible, en raison de sa robustesse⁷⁴ et de sa grande adaptabilité, d'utiliser cette structuration pour les besoins scientifiques compiégnais. Il sera alors possible d'effectuer, dès la fin de l'injection des données (euclidiennes et sémantiques), de nombreux traitements complémentaires de statistiques, de filtrages algorithmiques et de modélisations tridimensionnelles⁷⁵.

La présente étude nécessite par ailleurs un renforcement de son processus d'analyse spatiale. Pour l'heure, les entités archéologiques digitalisées ne sont exploitées que sous format « raster ». Ce facteur, comme on l'a signalé, fausse la finesse de retranscription⁷⁶ des reliefs levés et identifiés. Dans une optique d'exploitation spatiale optimale, il sera nécessaire de faire appel à l'interpolation par la méthode dite « du plus proche voisin », couplée à un maillage triangulaire dit « Delaunay⁷⁷ ».

Pour conclure, cette analyse scientifique de fond ne pouvait se développer sans un cadre officiel permettant la collaboration de tous les acteurs liés à la forêt de Compiègne. Le programme commun de recherches (PCR) ARPEGE Compiègne (Archéologie, paysage, environnement en forêt de Compiègne), prévu pour les années 2018-2020, a précisément pour but de fédérer les acteurs de la recherche en archéologie et en environnement, travaillant actuellement dans le massif forestier de Compiègne (Oise, France)⁷⁸.

Ce programme fait le lien entre les occupations anthropiques et leurs environnements passés et actuels avec, comme éléments centraux et structurants, les campagnes de télédétection par laser aéroporté. Le but est de pérenniser les synergies et les complémentarités entre les acteurs de la recherche et de la gestion des patrimoines forestiers et archéologiques. En second lieu, il vise à amorcer des partenariats avec d'autres acteurs de la recherche potentiellement intéressés par le projet, notamment pour des études plus spécialisées (ADN fossile, palynologie, carpologie, anthracologie par exemple). D'un point de

73. Pour permettre l'étude d'environ 66 000 personnes enregistrées lors des recensements municipaux de la fin du XVII^e siècle à la fin du XIX^e siècle, C. RATHIER *et al.*, 2005.

74. Près d'un million d'informations stockées, standardisées et exploitées à ce jour.

75. Y. WANG *et al.*, 2016.

76. M. PHILIPPE *et al.*, 2008, p.28-30 ; S. RASSAT & B. WIRTZ, 2013.

77. Modélisation triangulaire quelconque utilisant toutes les valeurs altimétriques sur chacun des sommets des triangles.

78. Le service archéologique de l'Office national des forêts (ONF), le Service régional de l'archéologie (SRA) de la Direction régionale des affaires culturelles (DRAC) des Hauts-de-France, l'unité Écologie et dynamique des systèmes anthropisés (EDYSAN FRE 3498 CNRS) de l'université de Picardie Jules-Verne (UPJV), l'UMR 8596 Centre Roland-Mousnier de l'université Paris IV-Sorbonne.

vue thématique, ce PCR tend à interpréter les sites archéologiques dans leur contexte paysager et environnemental, afin de mieux comprendre l'histoire de l'ensemble du massif forestier actuel.

Ces recherches scientifiques se déroulent dans le contexte du projet de labellisation Forêt d'exception® de la forêt domaniale de Compiègne. Ce label, décerné à ce jour à sept forêts seulement, est attribué à un projet de territoire associant l'ONF et les acteurs locaux. Il met en lumière une démarche exemplaire de protection et de gestion conservatoire du patrimoine, naturel et historique. Il a aussi pour ambition de constituer un réseau de référence en matière de gestion des patrimoines forestiers.

Le creuset scientifique d'ingénierie patrimoniale et forestière, créé par ces nouvelles données spatiales, n'est qu'au début d'une puissante synergie qui apportera de précieuses informations nouvelles sur l'histoire de ce massif forestier picard.

Bibliographie

- BÉNAILY, Guillaume, « Forêt domaniale de Compiègne. Inventaire, gestion et valorisation du patrimoine archéologique », Office national des forêts (2 vol., 463 p.), 2011.
- BÉNAILY, Guillaume, DARDIGNAC Cécile & LE JEUNE, Yann, « Forêt domaniale de La Londe-Rouvray (Seine-Maritime). Traitement et analyses d'images LiDAR et prospections archéologiques », Office national des forêts (avril 2012, 116 p.), 2012.
- BÉNAILY, Guillaume & LE JEUNE Yann, « Acquisition, traitements et analyses d'images LiDAR pour la détection d'indices archéologiques en forêt régionale de Rougeau (Seine-et-Marne, Essonne) », Office national des forêts (52 p.), 2011.
- BERDEAUX-LE BRAZIDEC, Marie-Laure, « Aperçu des missions archéologiques sous le Second Empire », colloque « Napoléon III et l'archéologie. Une politique archéologique nationale sous le Second Empire » des 14 et 15 octobre 2000, *Bulletin de la Société historique de Compiègne*, t. 37, 2001, p. 153-174.
- , Marie-Laure, *Découvertes monétaires des sites gallo-romains de la forêt de Compiègne (Oise) et des environs dans leurs contextes archéologiques*, Autun, Mergoïl, 2003.
- , « Viollet-le-Duc, les fouilles de Champlieu et du camp de Saint-Pierre, et le dessein archéologique de Napoléon III », in *Viollet-le-Duc à Pierrefonds et dans l'Oise, Colloque, juin 2007*, Paris, Centre des monuments nationaux, 2008.
- BLANCHET, Jean-Claude & LAMBOT, Bernard, « Quelques aspects du Chalcolithique et du Bronze ancien en Picardie », *Revue archéologique de Picardie*, n^{os} 3-4, 1985, p. 79-118.
- BOCQUILLON, Anne-Marie, « Le roi dans ses forêts de Cuise, Laigue, Retz du XIII^e au XV^e siècle », thèse de doctorat en histoire, université Paris 1, 2000.
- BRETAR, Frédéric, CHESNIER, Matthieu, ROUX, Michel & PIERROT DESEILLIGNY, Marc, « Analyse quantitative de données laser 3D : classification et modélisation du terrain » *Revue française de photogrammétrie et de télédétection*, n^o 176, 2004, p. 21-29.

- BURIDANT, Jérôme, « Effacer la guerre : la reconstitution forestière de la zone rouge sur le Chemin des Dames », in Ph. MARTIN et S. SIMIZ (dir.), *L'empreinte de la guerre. De la Grèce classique à la Tchétchénie*, Paris, Lavauzelle, 2007, p. 507-518.
- , « La question du dépérissement forestier, fin XVIII^e-début XIX^e siècle », *Bulletin de la société de l'histoire de France*, 2008, p. 109-135.
- BURIDANT, Jérôme, GALLET-MORON, Émilie & DECOCQ, Guillaume, « Fractionnement des paysages forestiers et diversité floristique : le poids de l'histoire. L'exemple des fragments forestiers du bocage de la Thiérache (nord-est de la Picardie) », in C. FARCY, J.-L. PEYRON & Y. POSS (dir.), *Forêts et foresterie, mutations et décloisonnements*, Paris, L'Harmattan, 2013, p. 237-254.
- BUTEZ, Claire-Charlotte, « Le projet SyMoGIH : une méthode et une plateforme pour la gestion de l'information historique et l'étude spatio-temporelle des lieux », communication au sein du séminaire « L'histoire numérique 2 : nouveaux outils, nouvelles méthodes », Corte, université de Corse, 2015.
- CARTIER, Jean & DURAND, Marc, « Un four de potier médiéval à La Croix Saint-Ouen (Oise) à la limite de la forêt de Compiègne », *Revue archéologique de Picardie*, n^{os} 3-4, 1990, p. 127-137.
- CHAILLOU, Anne, LAUZANNE, Solange, LEROY, Gilles, RAPINE, Cécilia, ROGER, Daniel & SEVÈGNES, Laurent, *Application Patriarche : mise au point d'un vocabulaire archéologique*, Ministère de la Culture et de la Communication, Direction de l'Architecture et du Patrimoine, sous-direction de l'archéologie, bureau de l'Archéologie préventive et de la Méthodologie, 2002.
- CHAILLOU, Anne & THOMAS, José, « L'application Patriarche », *Les nouvelles de l'archéologie*, n^o 107, 2007, p. 52-57.
- COMTE, Sonia, « Vivre dans la société des Célestins. Les familiers laïcs à travers les "martyrologes" de l'ordre », in C. CAROZZI, D. LE BLÉVEC & H. TAVIANI-CAROZZI (dir.), *Vivre en société au Moyen Âge : Occident chrétien VI^e-XV^e siècle*, Aix-en-Provence, Publications de l'université de Provence, coll. Le temps de l'histoire, 2008, p. 293-316.
- DARDIGNAC, Cécile, « Des sites archéologiques en forêt », in *Rendez-vous techniques de l'ONF*, n^o 14, 2006, p. 19-23.
- DAVID, Sophie, « Rapport d'analyse et d'interprétation de données LIDAR, forêts domaniales de Compiègne et de Laigue (Oise) », rapport d'étude archéologique, Office national des forêts (décembre 2014, 68 p.), 2014.
- DAVID, Sophie, DARDIGNAC, Cécile & BUSTOS, Caroline, « Rapport de prospections archéologiques d'après données LIDAR, Forêt domaniale de Compiègne (Oise) », Office national des forêts (novembre 2016, 488 p.), 2016.
- DE JOINVILLE, Olivier, FERRAND, Bernard & ROUX, Michel, « Levé Laser aéroporté : état de l'art, traitement des données, évaluation et comparaison », *Revue française de photogrammétrie et de télédétection*, n^o 166, 2002, p. 72-81.
- DESBORDES, Jean-Michel, « La recherche archéologique sous-bois », *Revue archéologique de l'Oise*, n^o 3, 1973, p. 12.
- DOYEN, Bénédicte, DECOCQ, Guillaume & THUILLIER, Patrice, « Archéologie des milieux boisés en Picardie », *Revue archéologique de Picardie*, n^{os} 1-2, 2004, p. 149-164.
- DUPOUEY, Jean-Luc, DAMBRINE, Étienne, DARDIGNAC, Cécile & GEORGES-LEROY, Murielle (dir.), *La mémoire des forêts. Actes du colloque « Forêt, archéologie et environnement », 14-16 décembre 2004*, Paris et Nancy, Office national des forêts, Institut

- national de la recherche agronomique et Direction régionale des affaires culturelles de Lorraine, 2007.
- FEISS, Thomas, « Histoire et dynamique des forêts anciennes du nord de la France par l'étude des archives du sol. Approche méthodologique et statistique de la pédoanthracologique », thèse de doctorat en évolution et écologie, université de Picardie Jules-Verne, 2016.
- FEISS, Thomas, HOREN, Hélène, BRASSEUR, Boris, BURIDANT, Jérôme, GALLET-MORON, Émilie & DECOCQ, Guillaume, « Historical Ecology of Lowland Forests: Does Pedoanthracology Support Historical and Archaeological Data? », *Quaternary International*, vol. 457, 2017, p. 99-112.
- FRÉMONT, Jean-Michel & WOIMANT, Bernard, « Le vicus gallo-romain de la Carrière du Roi en forêt de Compiègne (Oise) », 1^{re} partie, *Revue archéologique de l'Oise*, n° 6, 1975, p. 44-46.
- , « Le vicus gallo-romain de la Carrière du Roi en forêt de Compiègne (Oise) », 2^e partie, *Revue archéologique de l'Oise*, n° 8, 1976, p. 45-49.
- GEORGES-LEROY, Murielle, « Les vestiges gallo-romains conservés dans le massif forestier de Haye (Meurthe-et-Moselle). Leur apport à l'étude de l'espace agraire », in V. CARPENTIER & C. MARCIGNY (dir.), *Des hommes aux champs. Pour une archéologie des espaces ruraux du Néolithique au Moyen Âge*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, 2012, p. 157-180.
- , « Typologie des structures agraires et parcellaires fossilisés sous couvert forestier en Lorraine », séminaire « LiDAR et façons culturales » des 19 et 20 mai 2015 à Besançon, Rural Landscape in North-Eastern Roman Gaul (RURLAND), 2015.
- GEORGES-LEROY, Murielle, BOCK, Jérôme, DAMBRINE, Étienne & DUPOUEY, Jean-Luc, « Le massif forestier, objet pertinent pour la recherche archéologique. L'exemple du massif forestier de Haye (Meurthe-et-Moselle) », *Revue géographique de l'Est*, n° 49, 2009, p. 2-15.
- , « Apport du Lidar à la connaissance de l'histoire de l'occupation du sol en forêt de Haye », *Archéosciences. Revue d'archéométrie*, n° 35, 2011, p. 117-129.
- GEORGES-LEROY, Murielle, BOCK, Jérôme, DAMBRINE, Étienne, DUPOUEY, Jean-Luc & LAFFITE, Jean-Denis, « Parcellaires et habitats antiques des forêts du plateau de Haye en Lorraine : bilan et perspectives », journée d'étude « Les parcellaires conservés sous forêts » du 5 mai 2014, Rural Landscape in North-Eastern Roman Gaul (RURLAND), 2014.
URL : <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01067845>.
- GOUSTARD, Vincent, « Les déchets de la métallurgie du fer de la place des Halettes à Compiègne (Oise). Premières observations », *Revue archéologique de Picardie*, n° spécial 13, 1997, p. 211-217.
- HARMON, James, M., LEONE, Mark P., PRINCE, Stephen D. & SNYDER, Marcia, « LiDAR for Archaeological Landscape Analysis: A Case Study of Two Eighteenth-Century Maryland Plantation Sites », *American Antiquity*, vol. 71, n° 4, 2006, p. 649-670.
DOI: 10.2307/40035883.
- HÉMERY, Marcel, « Découverte d'ex-voto néolithiques dans une source en forêt de Compiègne (Oise) », *Bulletin de la Société préhistorique de France*, 1921, t. 18, n° 10, 2006, p. 270-271.
- , « Découverte d'une sépulture néolithique au carrefour d'Aumont, près de Compiègne (Oise) », *Bulletin de la Société préhistorique de France*, t. 28, n° 2, 1931, p. 142-144.

- , «La grévière du carrefour d'Aumont en forêt de Compiègne (Oise)», *Bulletin de la Société préhistorique de France*, t.53, n^{os} 7-8, 1956, p.424-433.
- HESSE, Ralf, «Derived Local Relief Models: A New Tool for Archaeological Prospection», *Archaeological Prospection*, 7 p., 2010.
- HOFIERKA, Jaroslav, MITASOVA, Helena & NETELER, Markus, «Geomorphometry in Grass Gis», in T. HENGL & H. REUTER (éd.), *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*, Amsterdam, Oxford et Boston, Elsevier, coll. Developments in Soil Science (33), 2009, p.387-410.
- HOREN, Hélène, BURIDANT, Jérôme, GALLET-MORON, Émilie, BRASSEUR, Boris, FEISS, Thomas, HÉRAUDE, Marie, RASSAT, Sylvain, MONTOYA, Cyril & BURBAN-COL, Valérie, «Relation entre les structures archéologiques identifiées sur un relevé LiDAR et la typologie des sols du massif forestier de Compiègne (nord de la France)», *Sols en mouvement, Revue du Nord*, hors-série n° 23, 2015, p.85-94.
- HUGONNIER, Louis, «La ferme censièrre de la grant Maison», rapport final d'opération, Institut national de recherches archéologiques préventives Hauts-de-France (2 vol., 712 p.), 2017.
- HUGONNIER, Louis & RASSAT, Sylvain, «Prieuré de Saint-Pierre-au-Mont-de-Châtre, résultats préliminaires d'une étude archivistique associée à une campagne de télédétection par laser aéroporté», *Revue archéologique de Picardie*, n^{os} 3-4, 2013, p.209-222.
- HUGONNIER, Louis, RASSAT, Sylvain & MONTOYA, Cyril, «Les fouilles de Napoléon III : le camp de Saint-Pierre-en-Chastres (Oise) à l'épreuve de pratiques archéologiques croisées (LIDAR et sources archivistiques)», *Antiquités nationales*, t.46, 2015, p.155-162.
- JAKUBOWSKI, Jean-François, «La verrerie de la fosse 3162 du site des Hallettes à Compiègne (Oise)», *Revue archéologique de Picardie*, n° spécial 13, 1997, p.263-269.
- LARRATTE, Maxime, *L'utilisation des données LIDAR pour l'analyse des aménagements cynégétiques en forêt de Compiègne*, mémoire de master 2 en géographie (Dynamiques et géographie des territoires), université de Picardie Jules-Verne, 2015.
- LEMAN, Pierre, «À propos d'une coupe de voie romaine en forêt de Compiègne : la voie de Senlis à Soissons», *Cahiers archéologiques de Picardie*, n° 2, fasc. 1, 1975, p.63-68.
- MEURET, Jean-Claude, «Prospection archéologique en milieu forestier. L'exemple de la haute Armorique», *Revue archéologique de l'Ouest*, suppl. 9, 2001, p.307-315.
- NAPOLÉON III, *Histoire de Jules César*, Paris, H. Plon, 1865-1866.
- PHILIPPE, Michel, RASSAT, Vianney, GOSSELIN, Guillaume, MEURISSE, Murielle & RASSAT, Sylvain, *Etaples « Les Sablins », Rapport de fouille 2008*, Musée Quentovic et Service régional de l'archéologie de la région Nord-Pas-de-Calais, 2009.
- PITON, Daniel & DILLY, Georges, «Le fanum des "Chatelets de Vendeuil Caply"», *Revue archéologique de Picardie*, n^{os} 1-2, 1985, p.27-47.
- RASSAT, Sylvain & WIRTZ, Bruno, «Campagnes micro-topographiques à La Calotterie (62) : des échantillonnages extensifs non destructifs au sein d'un port du haut Moyen Âge : Quentovic», *Revue archéologique de Picardie*, n^{os} 3-4, 2013, p.201-208.
- RATHIER, Carole & RUGGIU, François-Joseph, «La population de Charleville de la fin du XVII^e siècle à la fin du XIX^e siècle», *Histoire & Mesure*, n° 2, p.3-16, 2013.
- SAUTAI-DOSSIN, Anne-Véronique, «Premières recherches sur les verreries en forêt de Compiègne», *Revue archéologique de l'Oise*, n° 4, 1973, p.59-65.

- THUILLIER, Patrice, « Dynamique des paysages de l'Antiquité au Moyen Âge. La naissance de la forêt de Compiègne (I^{er} s. av. J.-C. - XIII^e s. ap. J.-C.) », 2 vol., thèse de doctorat en histoire médiévale, université de Picardie Jules-Verne, 2017.
- TUFFREAU-LIBRE, Marie, « La céramique commune gallo-romaine de la forêt de Compiègne (Oise) au Musée des Antiquités nationales », *Cahiers archéologiques de Picardie*, n°4, 1977, p. 125-160.
- WANG, Yunsheng, HYYPÄ, Juha, LIANG, Xinlian, KAARTINEN, Harri, YU, Xiaowei, LINDBERG, Eva, HOLMGREN, Johan, QIN, Yuchu, MALLET, Clément, FERRAZ, António, TORABZADEH, Hossein, MORSORF, Felix, ZHU, Lingli, LIU, Jingbin & ALHO, Petteri, « International Benchmarking of the Individual Tree Detection Methods of Modeling 3-D Canopy Structure for Silviculture and Forest Ecology Using Airborne Laser Scanning », *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 54, n°9, 2016, p. 5011-5027.
- WOIMANT, Georges-Pierre, *Carte archéologique de la Gaule (Oise)*, Paris, Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, 1995.