



Bercé avant la forêt. Premiers résultats des traitements cartographiques et prospections lidar sur la forêt de Bercé (Sarthe)

Yann Le Jeune, Cécile Dardignac, Sophie David

► To cite this version:

Yann Le Jeune, Cécile Dardignac, Sophie David. Bercé avant la forêt. Premiers résultats des traitements cartographiques et prospections lidar sur la forêt de Bercé (Sarthe). Revue forestière française, AgroParisTech, 2017, 69 (4), pp.519-544. 10.4267/2042/67877 . hal-03447369

HAL Id: hal-03447369

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03447369>

Submitted on 24 Nov 2021

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.

BERCÉ AVANT LA FORêt

Premiers résultats de l'exploitation des cartes anciennes et des données lidar sur la forêt de Bercé (Sarthe)

YANN LE JEUNE – CÉCILE DARDIGNAC – SOPHIE DAVID

Depuis plusieurs années, les auteurs du présent article abordent la thématique de l'ancienneté des forêts à travers différents types de données dont les cartes anciennes, les archives sédimentaires et les données archéologiques (Dardignac et Le Jeune, 2011 ; Dardignac, 2016). Leurs analyses sur différents massifs forestiers en France montrent que ces sources n'ont pas la même précision, tant sur une échelle spatiale que temporelle. Elles sont cependant complémentaires lorsque l'on traite de l'ancienneté et de l'évolution de la forêt à travers les siècles. Leur confrontation indique que les forêts actuelles étudiées ont toutes été modelées par l'homme qui a laissé des traces encore visibles aujourd'hui.

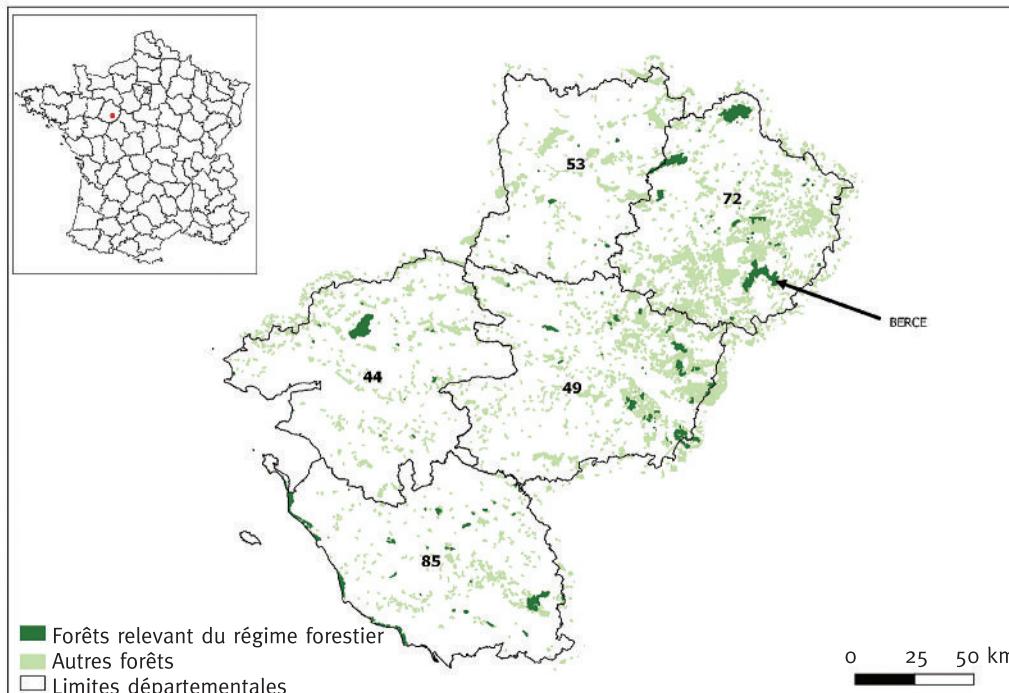
Cette approche de l'ancienneté des forêts tend à se développer sur le réseau de forêts candidates au label Forêt d'Exception®. Dès 2008, l'Office national des forêts a mis en place un dispositif visant à valoriser à travers ce label certaines forêts remarquables du point de vue naturel (biodiversité, paysage) et culturel (archéologie, monuments et sites, patrimoine social). Ces forêts sont également des territoires privilégiés pour la mise en œuvre de pratiques innovantes dans le cadre de l'accueil du public, de la médiation et d'une gestion sylvicole adaptée. Dans une démarche d'inventaire, de gestion et de valorisation du patrimoine, l'ancienneté des boisements a été étudiée sur plusieurs massifs « d'exception », dont Bercé qui fait l'objet de cet article.

CONTEXTE GÉNÉRAL

La forêt de Bercé se situe dans le sud du département de la Sarthe (figure 1, p. 520), en Pays-de-la-Loire, région moyennement boisée dont elle constitue la plus grande forêt publique avec plus de 5 400 ha. Elle est localisée sur un plateau d'argiles à silex recouvert à l'est de limons des plateaux fertiles (figure 2, p. 521). Cette ancienne forêt royale est bien connue pour ses futaies cathédrales de plus de 40 m de haut issues de plusieurs siècles de gestion en futaie régulière. Ces arbres exceptionnels sont en partie présents au lieu-dit La Futaie des Clos dans l'est de la forêt.

Comme pour de nombreux massifs forestiers dits « anciens », la tradition veut que Bercé soit un vestige de l'ancienne forêt celte qui couvrait une grande partie de la Gaule. Raoul Potel, ingénieur des Eaux et Forêts, la décrit ainsi en 1923 : « *La forêt de Bercé est un des débris isolés de l'immense massif boisé qui s'étendait au nord de la Loire, avant la conquête de la Gaule par les Romains, et avait reçu d'eux le nom de Carnuta sylva (Bois des Carnutes)* » (Potel, 1923). Le nom de Carnuta fut d'ailleurs repris par la Maison de l'homme et de la forêt installée en 2010 à Jupilles en plein cœur du massif.

FIGURE 1 LOCALISATION DE LA FORÊT DE BERCE AU SEIN DES ESPACES BOISÉS DE LA RÉGION PAYS-DE-LA-LOIRE
(ONF, Données ONF, Corine Land Cover 2012)



Cependant, les recherches entreprises depuis plusieurs années par Yves Gouchet, ancien agent patrimonial de Bercé, semblaient remettre en cause ce mythe (Gouchet, 2002). Tout au long de sa carrière, Yves Gouchet a localisé et cartographié des vestiges archéologiques en forêt domaniale et dans les alentours, notamment d'anciens sites d'extraction et de réduction de minerai de fer et de nombreux talus délimitant des enclos, sans pouvoir en préciser l'origine ni la datation. Un essai d'interprétation de certaines de ces structures avait été tenté, sans toutefois proposer de conclusion satisfaisante (Noël, 2007).

Dès 2009, dans le cadre de la démarche Forêt d'Exception®, l'existence de cette base de connaissances a favorisé la mise en œuvre d'un projet conjoint entre la DRAC et l'ONF, visant à mieux connaître l'histoire, l'évolution et le patrimoine archéologique de cette forêt. Différentes actions ont été réalisées :

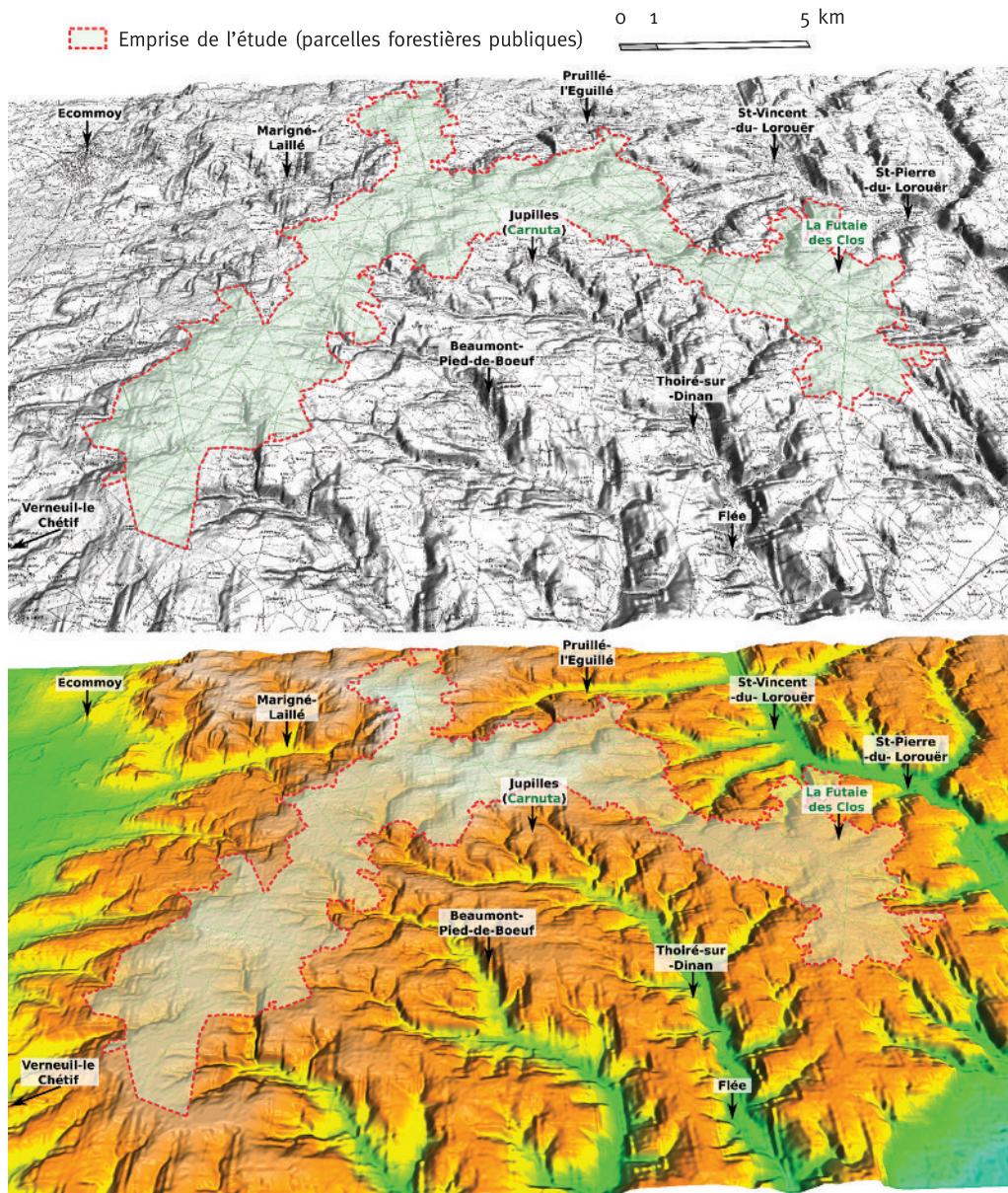
- une étude cartographique visant à déterminer l'évolution des masses forestières depuis la fin du XVII^e siècle ;
- des prospections afin de tenter de détecter des séquences sédimentaires organiques permettant des études palynologiques et donc la reconstitution de l'histoire de la végétation ;
- la réalisation d'un relevé par scanner laser (lidar) aéroporté et le traitement de ces données ;
- des prospections archéologiques pour vérifier la réalité des indices archéologiques repérés sur les images lidar.

Malgré de nombreux sondages au sein des mares anciennes conservées dans la forêt, aucune séquence organique susceptible de permettre une étude palynologique n'a été trouvée.

FIGURE 2

**VUE EN 3D DE LA TOPOGRAPHIE GÉNÉRALE DE LA FORÊT DE BERCRÉ
(RELIEF EXAGÉRÉ CINQ FOIS)**

Elle prend place sur un plateau limoneux en forme de demi-lune. Le sous-sol est constitué de limons des plateaux (löss) recouvrant un substrat argileux (argiles sableuses à silex éocènes). Les sols sont riches dans la partie est et y permettent une très forte croissance des arbres. Le secteur ouest est moins fertile avec des sols sablo-argileux.



Données : Parcelles forestières ONF (2016), modèle numérique de terrain BD Alti IGN, relief exagéré x 5

Cartographie : Service de l'Information, de la Documentation et de l'Observation Culturelle, DRAC Pays-de-la-Loire (mars 2016)

Le plateau, bien drainé, ne permet pas la conservation d'environnements sédimentaires anoxiques (Dardignac et Le Jeune, 2016).

Les autres études présentées ci-dessous contribuent à développer nos connaissances sur l'histoire de la forêt et de l'occupation du territoire au cours des deux derniers millénaires et remettent en cause le postulat de Bercé, reliquat de la forêt des Carnutes.

L'APPORT DES CARTES ANCIENNES

Objectif de l'étude et choix des cartes utilisées

L'objectif de cette étude cartographique était de réaliser un inventaire exhaustif des cartes anciennes disponibles pour la forêt de Bercé, de créer une cartothèque numérique de cartes géoréférencées et de réaliser une cartographie régressive de la forêt afin d'étudier l'évolution du massif au cours des trois derniers siècles et d'analyser l'ancienneté de la forêt (Dardignac et David, 2013).

Cette étude a suivi la méthodologie déjà mise en œuvre sur différents massifs franciliens (Dardignac et Le Jeune, 2011). Pour cela, un inventaire des cartes anciennes disponibles a été réalisé à partir de différents centres d'archives. Parmi toutes les cartes inventorierées, certaines ont été volontairement écartées de l'étude, soit parce qu'elles n'étaient pas assez précises ou que leur échelle n'était pas adaptée (comme la carte de Cassini, Vallauri *et al.*, 2012), soit parce qu'elles étaient incomplètes (cartes de France type 1900 et 1922, les feuilles concernant Bercé n'ayant pas été réalisées), soit enfin pour des problèmes de temps d'étude (cas du cadastre napoléonien nécessitant les plans de onze communes, réalisés de plus sur une période de 23 ans).

Finalement, six cartes ont été retenues, permettant de réaliser une cartographie régressive sur cinq périodes : la fin du XVII^e siècle (plan de la forêt royale de Bercé de 1673, figure 3, p. 523), le milieu du XIX^e siècle (cartes d'état-major de 1838), le début du XX^e siècle (deux plans de la forêt domaniale de 1894 et 1905), le milieu du XX^e siècle (cartes de France au 1/50 000 de 1967-1978) et le début du XXI^e siècle (Scan25® de 2004). Notons que ces cartes présentent un hiatus de plus 150 ans entre 1673 et 1838 qui n'a pu être comblé par aucune autre source.

Les cartes retenues ont été géoréférencées et les masses boisées digitalisées afin d'être comparées entre elles. Malheureusement, le plan de la forêt royale de Bercé datant de 1673 n'a pu être géoréférencé par manque de points de repère et parce qu'il présentait trop de déformations. Il a cependant été conservé dans le corpus d'étude car il s'agit de la seule représentation de la forêt disponible avant son agrandissement. Effectivement, en 1723 et 1727, 1 200 ha de landes ont été acquis et intégrés à la forêt royale (landes de Grammont et de Haute Perche situées respectivement au nord et au sud-ouest du massif). Cette carte est donc essentielle pour la compréhension de l'évolution de Bercé entre le XVII^e siècle et nos jours. Par ailleurs, le cartouche décrivant le plan annonce une forêt contenant 8 302 arpens mesurés à la perche de 22 piés, ce qui correspond à une superficie de 4 240 ha. Cette superficie a donc été comparée avec celles obtenues pour les autres cartes géoréférencées du corpus, sachant qu'elle n'a pas été acquise de la même façon. Le choix des cartes retenues a également soulevé des questions méthodologiques par rapport à la digitalisation. Effectivement, trois des cartes du corpus représentent la forêt royale puis domaniale alors que les autres représentent l'ensemble du territoire, bois privés compris. Le choix a été fait pour ces dernières de digitaliser l'ensemble des boisements dans une emprise rectangulaire arbitraire de 16,5 × 15 km définie autour de la domaniale. Cette solution permettait d'avoir un aperçu de l'évolution des zones boisées en forêt privée qui pouvait ensuite être comparé avec la domaniale.

PLAN DE LA FORÊT ROYALE DE BERCE, DRESSÉ SUR L'ARPENTAGE EXÉCUTÉ EN 1673
 (Archives départementales des Yvelines, A660)

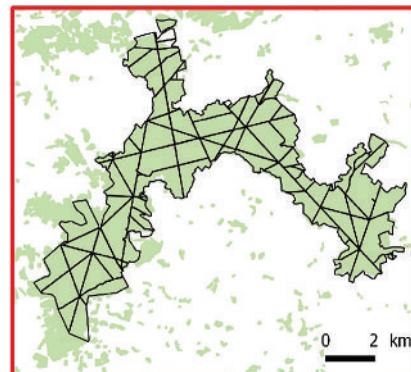
FIGURE 3



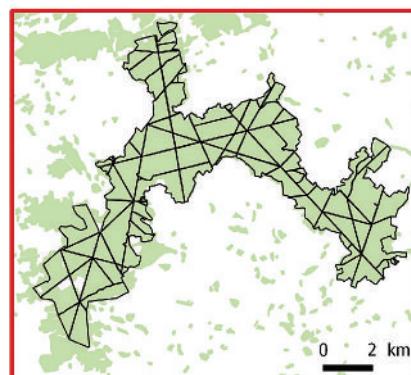
L'évolution de la forêt de Bercé au cours des trois derniers siècles

L'évolution de la forêt a été étudiée en comparant la superficie des boisements (tableau I, p. 525 et figure 4, ci-dessous). Une distinction a été faite entre les données concernant uniquement la forêt domaniale et celles concernant également les boisements privés alentour. Globalement, on constate une augmentation régulière de la surface boisée depuis le XVII^e siècle. En ce qui

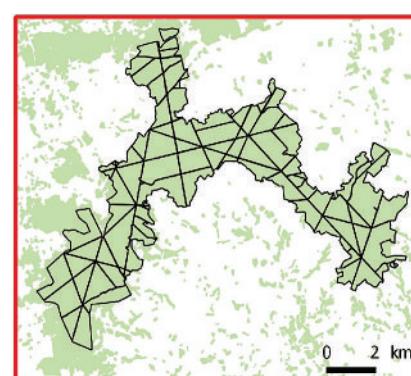
FIGURE 4
ÉVOLUTION DES SURFACES BOISÉES
AUTOUR DE BERCÉ ENTRE 1838 ET 2004
(ONF)



1838



1967



2004

- Espace boisé
- Limites de la forêt domaniale
- Zone d'étude

concerne la forêt domaniale, la brusque augmentation de superficie après 1673 correspond au rachat et boisement des landes en 1723 et 1727. Après cet événement, la surface boisée présente une faible augmentation (+ 4 % entre 1894 et 2004). En ce qui concerne l'ensemble des zones boisées, on remarque que la forêt a augmenté régulièrement entre 1838 et 2004 (+ 16,2 %).

TABLEAU I

Évolution de la superficie des boisements entre 1673 et 2004

Année de la carte	Type de forêt représentée	Superficie (ha)
1673	Forêt royale	4 240
1838	Toutes zones boisées	7 312
1894	Forêt domaniale	5 077
1905	Forêt domaniale	4 840
1967	Toutes zones boisées	7 776
2004	Forêt domaniale	5 283
2004	Toutes zones boisées	8 498

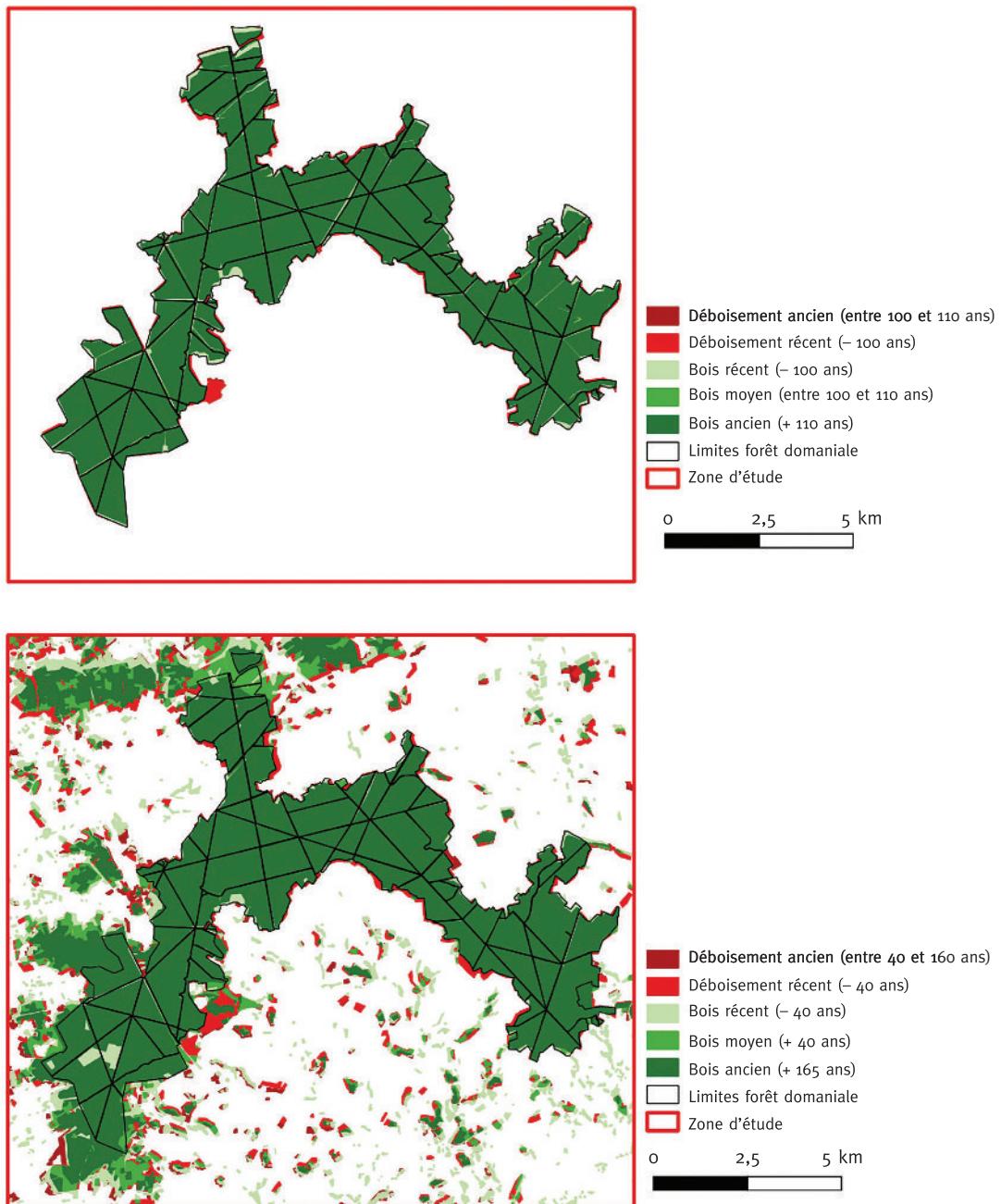
Ancienneté de Bercé et des bois environnants

Les données ont ensuite été traitées afin de pouvoir étudier cette évolution d'un point de vue spatial. Pour cela, les fichiers vecteurs créés en digitalisant les zones boisées sur ces différentes cartes ont été transformés en raster avec une résolution de 10 m (chaque pixel sur la carte correspondant à un carré de 10 × 10 m). Une valeur spécifique a été attribuée pour chaque pixel (1 si le pixel était boisé en 1838 ; 10 pour 1894 ; 100 pour 1905, etc.). Ces valeurs ont été additionnées, le résultat permettant de savoir pour chaque pixel, s'il a été boisé et à quelle période. L'analyse a été faite à deux reprises : avec les cartes ne représentant que la forêt domaniale et avec celles représentant uniquement l'ensemble des boisements. Ce protocole permet de représenter cartographiquement l'historique de l'occupation des sols et de mettre en évidence tant l'ancienneté des masses boisées que l'histoire des déboisements.

Les résultats sont complémentaires à ceux portant sur l'évolution des superficies boisées (figure 5, p. 526, tableaux II et III, p. 527). Comme on pouvait s'y attendre, une grande partie de la forêt domaniale est ancienne : 84 % de la superficie a plus de 110 ans. Parmi les 16 % restants, une grande partie est due à l'imprécision du géoréférencement des plans, notamment celui de 1905 (nombreux décalages visibles sur la partie nord de la forêt). On constate toutefois des reboisements récents en bordures de forêt, en particulier autour de l'ancienne « Maison Neuve » (clairette de 12 ha à l'ouest de Jupilles). Les déboisements observables sur l'emprise de la forêt domaniale sont assez minimes (300 ha). Ils sont situés principalement au niveau des limites et des routes de la forêt, sauf une zone de 23 ha autour de la Croix Séguier (sud-ouest du massif).

En ce qui concerne l'ancienneté calculée sur l'ensemble des zones boisées, de gros noyaux de forêt ancienne sont présents au nord, à l'ouest et au sud de la zone d'étude. L'extension forestière, quoique légèrement biaisée par la précision du géoréférencement (visible notamment dans la zone nord de l'étude), s'est faite en partie depuis ces noyaux mais également par petites taches réparties sur l'ensemble du bocage. Les déboisements résultent en partie des problèmes de géoréférencement (décalages visibles au nord de la carte et autour de certains petits boisements du bocage). On note toutefois une grande zone de 70 ha au sud-ouest, entre la Croix Séguier et Beaumont-Pied-de-Bœuf, déjà visible en partie en domaniale.

FIGURE 5 ANCIENNETÉ DES MASSES BOISÉES SUR LA FORêt DOMANIALE DE BERCE (HAUT)
ET SUR L'ENSEMBLE DE LA ZONE D'ÉTUDE (BAS)
(ONF)



Au final, même si ces chiffres ne sont pas obtenus à partir des mêmes cartes et malgré l'imprécision de certains géoréférencements, on constate un pourcentage de forêt ancienne bien moins important sur l'ensemble de la zone d'étude par rapport à la forêt domaniale seule.

TABLEAU II

Superficies des boisements et déboisements

Zone concernée	Présence de boisements	Surface (ha)	Dénomination
Toutes zones boisées	Uniquement en 1838	443	Déboisement ancien
Toutes zones boisées	Uniquement en 1967	695	Boisement transitoire, récemment déboisé
Toutes zones boisées	Uniquement en 1838 et 1967	385	Déboisement récent
Toutes zones boisées	Uniquement en 2004	1 796	Forêt très récente
Toutes zones boisées	Uniquement en 1838 et 2004	695	Forêt très récente (mais anciennement boisée)
Toutes zones boisées	Uniquement en 1967 et 2004	906	Forêt récente
Toutes zones boisées	En 1838, 1967 et 2004	5 788	Forêt ancienne
Forêt domaniale	Uniquement en 1894	93	Déboisement ancien
Forêt domaniale	Uniquement en 1905	104	Boisement transitoire, déboisement
Forêt domaniale	Uniquement en 1894 et 1905	103	Déboisement
Forêt domaniale	Uniquement en 2004	191	Forêt très récente
Forêt domaniale	Uniquement en 1894 et 2004	459	Forêt très récente (mais anciennement boisée)
Forêt domaniale	Uniquement en 1905 et 2004	210	Forêt moyennement ancienne
Forêt domaniale	En 1894, 1905 et 2004	4 423	Forêt ancienne

TABLEAU III

Superficie et pourcentage de l'ancienneté des zones boisées

Ancienneté	Surface (en ha)	Pourcentage
• Ensemble de l'espace boisé		
Plus de 165 ans	5 788	63 %
Entre 40 et 165 ans	906	10 %
Moins de 40 ans	2 491	27 %
• Forêt domaniale		
Plus de 110 ans	4 423	84 %
Entre 100 et 110 ans	210	4 %
Moins de 100 ans	650	12 %

Quelques réflexions sur la cartographie régressive

L'étude des cartes anciennes sur le secteur de Bercé soulève plusieurs réflexions et questions sur les apports et limites de ce type d'analyse. Certaines sont inhérentes à toute étude cartographique et concernent l'existence et l'accessibilité des sources. Il est évident que les anciennes forêts royales ou ecclésiastiques ont généré plus de documents potentiellement encore conservés que des espaces boisés privés. Or le nombre de cartes et leur répartition homogène sur les deux voire trois derniers siècles est un facteur important pour la réalisation d'une cartographie régressive. Une autre limite concerne la précision des documents qui peut être liée à l'ancienneté de la carte, son échelle mais aussi l'épaisseur des traits de contours ou la présence en nombre suffisant de repères spatiaux permettant le géoréférencement. Tous ces éléments sont autant de critères qui permettent de retenir une source pour ce type d'étude. Ce ne sont cependant pas les seuls critères à prendre en compte. Il faut également se pencher sur l'objet de la carte et des espaces représentés : a-t-on affaire à une carte représentant la forêt en tant qu'espace boisé ou en tant qu'espace foncier ? Dans ce deuxième cas, il est possible que la limite foncière de la forêt soit bien représentée mais pas forcément la nature de l'occupation des sols au sein même de cette forêt, qui pourra être du boisement mais parfois aussi des landes ou des zones rocheuses.

Si le choix des sources utilisées pour réaliser une cartographie régressive s'avère stratégique, l'existence des cartes anciennes disponibles sur un massif ne permet pas toujours de prendre en compte tous ces facteurs. Dans le cas de l'étude menée sur Bercé, ces limites méthodologiques ont bien été perçues mais les sources disponibles nous ont conduits à utiliser à la fois des cartes représentant la forêt et son territoire et d'autres uniquement la forêt royale puis domaniale. Si l'ensemble du corpus a finalement pu être utilisé, il a toutefois dû être scindé en deux ensembles distincts.

Un autre point concernant l'étape de digitalisation des zones boisées a été soulevé par cette étude. Le choix a été fait de ne pas intégrer les principales routes tracées sur les cartes dans les masses digitalisées. La question avait déjà été évoquée dans le manuel de vectorisation et de géoréférencement de la carte d'état-major (Favre *et al.*, 2012) qui préconisait d'intégrer les routes dans les usages du sol adjacents. À l'issue de notre étude, il s'est avéré que notre choix ne s'est pas révélé pertinent et a contribué à entraîner une importante marge d'erreurs (largeur des routes et précision des géoréférencements).

Malgré ces différents points, les résultats décrits ci-dessus concernant l'évolution et l'ancienneté sont cependant cohérents avec les résultats de cartographies régressives menées sur d'autres grands massifs forestiers d'Île-de-France ou de Normandie (Dardignac, 2016). On constate ainsi une augmentation de la surface boisée depuis le XIX^e siècle, nettement plus importante en forêt privée qu'en domaniale. Par conséquent, la forêt domaniale de Bercé est globalement plus ancienne que les bois privés alentour. Ceci n'a rien de surprenant et confirme que le régime forestier a été un des facteurs essentiels à la continuité de l'espace boisé au cours des deux derniers siècles.

L'APPORT DES DONNÉES LIDAR

Principes

Le lidar (*light detection and ranging*) est un système de détection utilisant la lumière. L'appareil émet un rayon laser et mesure son reflet. Embarqué à bord d'un avion, le lidar enregistre des millions de points qui, après traitement informatique, permettent de reconstituer très précisément les reliefs de taille décimétrique du sol. Apparaissent alors, pour l'œil exercé de l'archéologue, le plan des constructions, des enceintes et des parcelles agricoles, les routes, les mares, les zones d'extraction minière, fossilisées par la forêt. Appliquée à l'archéologie forestière depuis 2006 en

France, cette technique a permis de découvrir de nombreux sites archéologiques non repérés auparavant.

L'acquisition de données lidar en contexte forestier doit être effectuée en fin d'hiver, après la chute complète des feuilles et le tassemement de celles-ci. Il faut cependant éviter les brumes et temps nuageux. Les surfaces recouvertes d'eau ou de neige ne permettent pas d'effectuer de mesures. Il est donc parfois difficile de trouver le moment favorable à ce type de relevé aérien. Les parcelles forestières riches en résineux sont également peu propices au passage des rayons laser et produisent des données lidar plus éparses que sur les secteurs feuillus (figure 6, p. 530) tout comme les secteurs riches en broussailles (parcelles en régénération par exemple). Il convient de préciser que le manque de résultat sur les parcelles de résineux peut être dû à des terrassements liés aux pratiques sylvicoles, lesquelles ont parfois fortement érodé les microreliefs liés à la présence de vestiges archéologiques.

Traitements

Les cartes produites sur la base des traitements effectués sur les données lidar ont pour but d'identifier des anomalies de relief associées à des aménagements anthropiques. En forêt, on rencontre en effet des indices de vestiges archéologiques, mais également des traces liées à la sylviculture, au réseau viaire, hydrographique... Un traitement dit « de différence à la moyenne » est généralement utilisé : il annule la tendance du relief naturel et met en évidence les anomalies à une échelle choisie. À ces images sont parfois également superposées celles d'ombrages. Ces traitements sont effectués grâce à un logiciel de SIG (système d'information géographique, ici le logiciel libre GRASS GIS). Les mesures ne couvrant pas de manière homogène les surfaces investiguées, il faut également produire des cartes quantifiant la couverture lidar (figure 6, p. 530 et figure 7, p. 531) afin de savoir, par exemple, si une trace disparaît réellement ou si elle est rendue peu lisible du fait d'un manque de données. Ces documents servent ensuite de base à des vérifications sur le terrain.

Résultats

L'acquisition des données lidar sur Bercé a été faite par le prestataire FIT Conseil le 22 mars 2013 en deux vols. La densité moyenne des points acquis est de 6 points/m², ce qui est relativement faible au regard des capteurs de l'époque mais suffisant pour l'objectif de l'étude. Le protocole de traitement utilisé a été celui décrit dans le paragraphe précédent. Une interprétation des images produites a ensuite été réalisée pour identifier des anomalies de relief pouvant correspondre à des vestiges archéologiques ou d'anciennes occupations anthropiques. Ces anomalies ont été digitalisées (figure 8, p. 532) puis vérifiées sur le terrain par des campagnes de prospections archéologiques pédestres (194 hectares couverts en deux semaines avec une équipe de 4 à 6 personnes, Dardignac et Le Jeune, 2016).

**FIGURE 6 HÉTÉROGÉNÉITÉ DANS LA QUALITÉ DES DONNÉES LIDAR :
LES PARCELLES À FORT COUVERT, EN RÉSINEUX OU À VÉGÉTATION BASSE
(ANCIENNES CLAIRIÈRES EN RÉGÉNÉRATION) PRODUISENT MOINS DE POINTS DE MESURES AU SOL**

La couverture lidar est ici définie par un pourcentage de cellules raster documentée par au moins un point de mesure lidar au sol, analyse réalisée pour chaque mètre carré de la zone d'étude, par l'usage d'une fenêtre flottante circulaire de cinq cellules de diamètre.

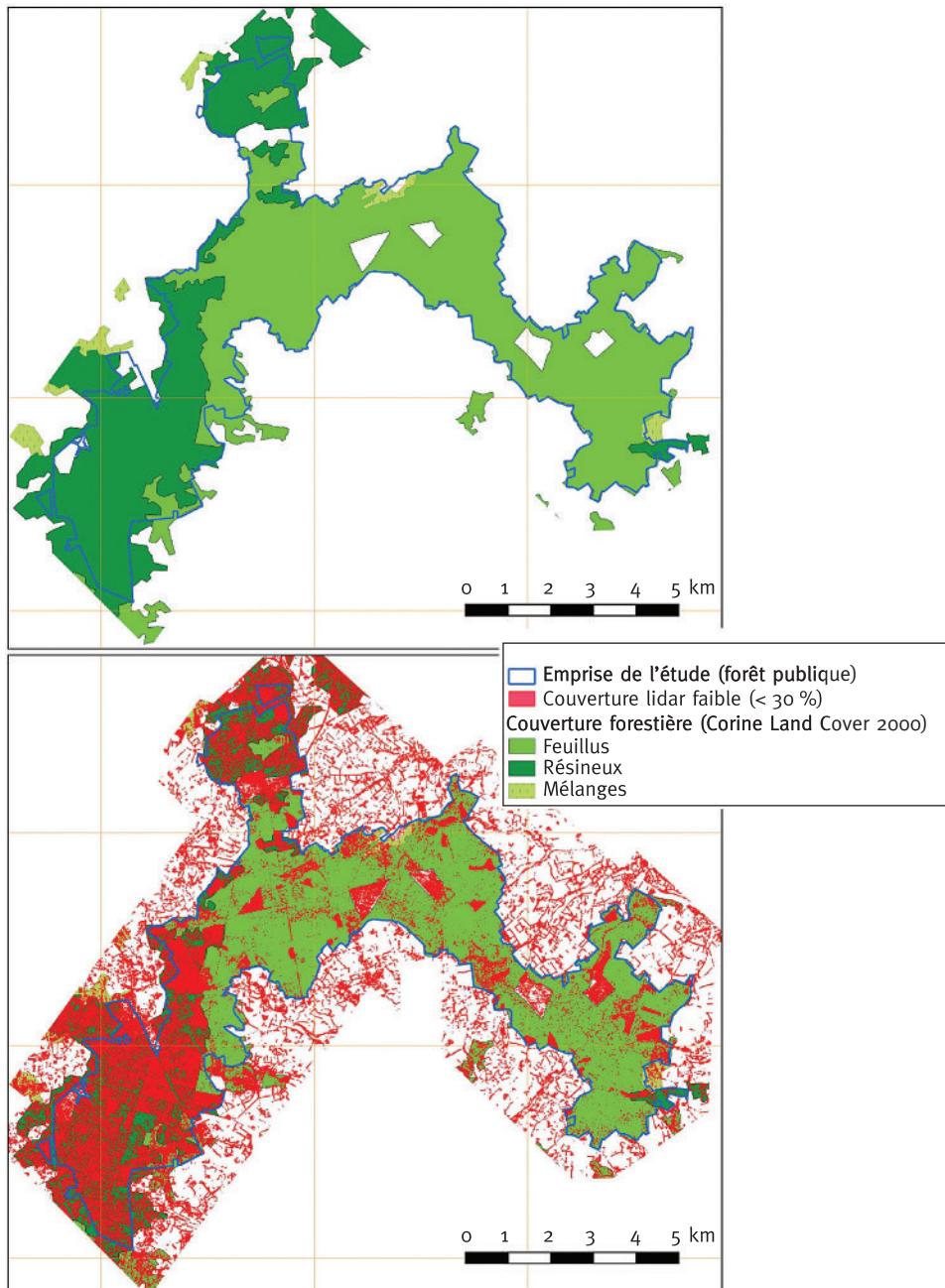
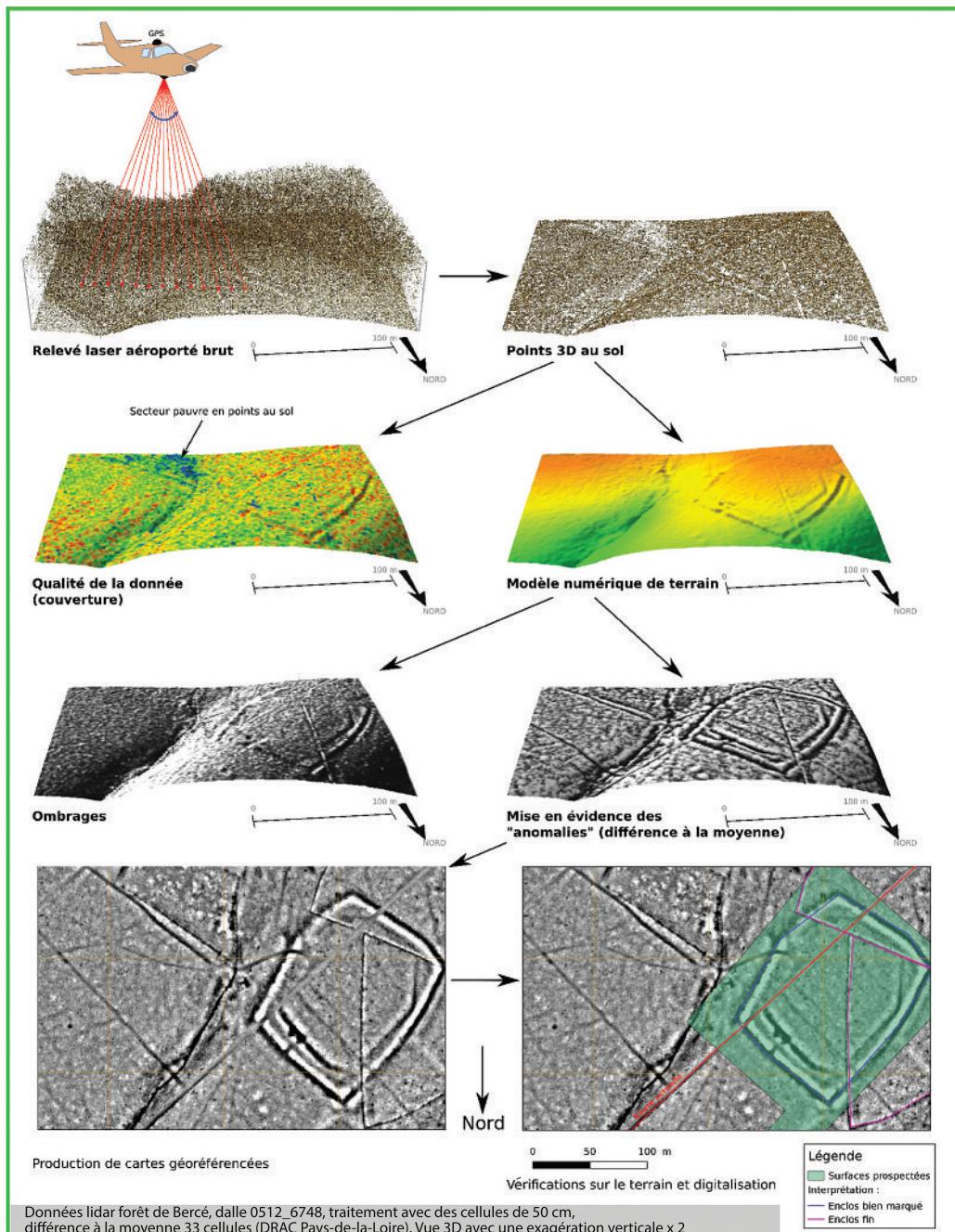
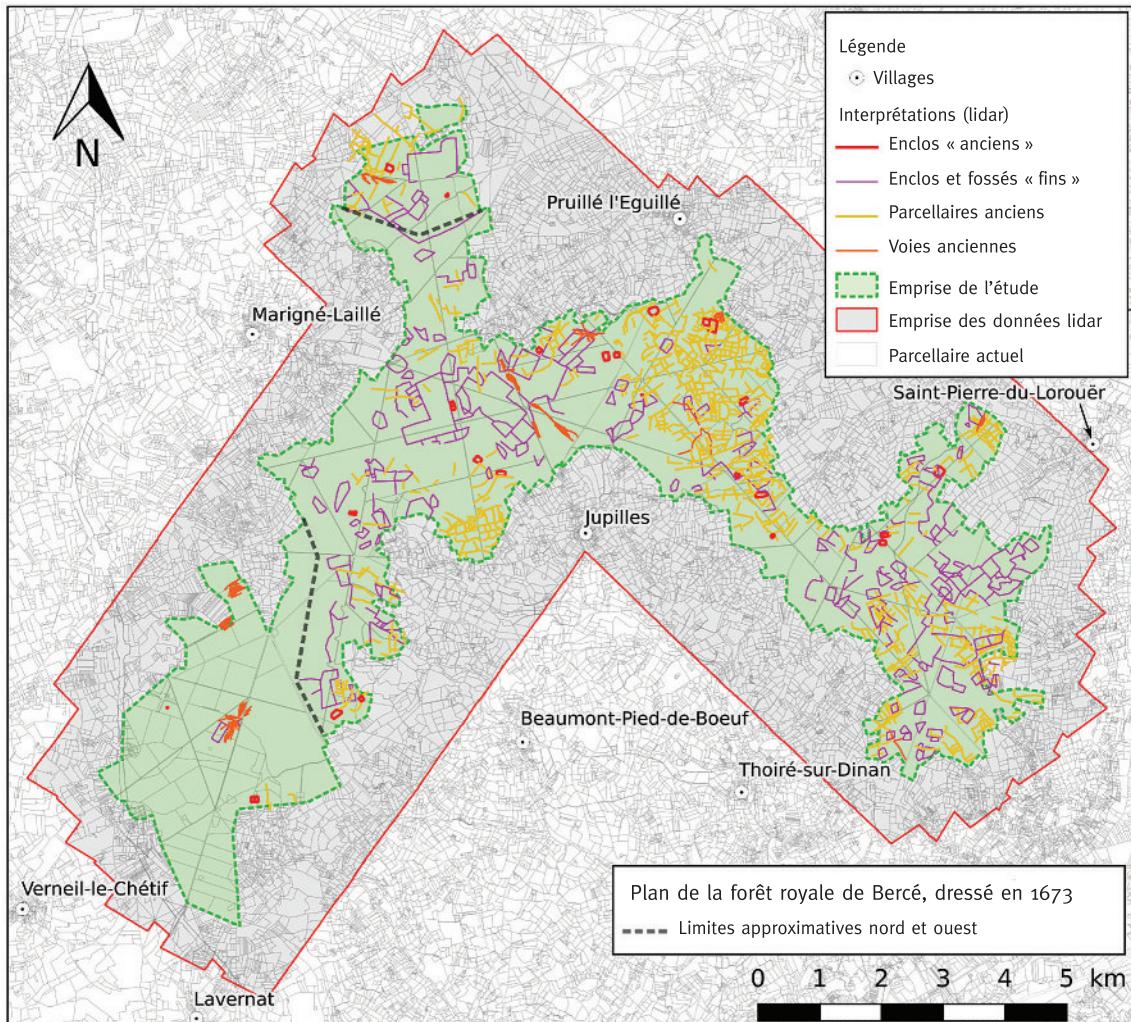


FIGURE 7

**LES GRANDES ÉTAPES DU TRAITEMENT DES DONNÉES LIDAR :
EXEMPLE SUR UN ENCLOS DE LA FORÊT DE BERCE,**
**DE L'ACQUISITION DES DONNÉES LIDAR
À LA DÉTERMINATION DES ZONES À VÉRIFIER SUR LE TERRAIN**



**FIGURE 8 CARTOGRAPHIE DES ENCLOS, TRACES DE PARCELLAIRES ANCIENS IDENTIFIÉS À CE JOUR
AINSII QUE CELLE DES LIMITES NORD ET OUEST DE LA FORÊT ROYALE (1673)**
(cf. figure 3, p. 523)



Données : limites forestières et digitalisation (ONF, 2015), emprise des données lidar (DRAC Pays-de-la-Loire, 2014), cadastre 2017 (DGFiP)

De nombreux vestiges archéologiques anciens ont été identifiés à partir des données lidar. Ils apparaissent recoupés par le parcellaire forestier, ainsi que par le réseau viaire du XVIII^e siècle. Les plus communément rencontrés peuvent être regroupés en 6 types particuliers :

- Enclos talutés « anciens » (figure 9, p. 534) : parfois très bien marqués, ils sont généralement constitués d'un fossé extérieur et d'un talus intérieur et peuvent être associés avec un parcellaire « ancien ». Ils sont souvent quadrangulaires, avec une superficie proche de l'hectare. On observe parfois la présence de talus interne suggérant une segmentation des espaces. Un seul enclos circulaire a pu être observé, il est en connexion avec des traces de parcellaire « ancien ». Ces enclos « anciens » sont implantés en accord avec la topographie locale, placés sur le plateau ou en bordure de celui-ci.

— Parcellaire « ancien » (figures 9 et 10, pp. 534 et 535) : il est marqué par des talus souvent fortement érodés et formant des reliefs faibles, étalés sur plus de 5 m de large. Aucune superposition au sein de ce parcellaire « ancien » n'a pu être observée. Il est en revanche fréquemment recoupé par des enclos « fins ». De manière générale, cette trame parcellaire prend en compte la topographie et en épouse autant que possible les courbes.

— Enclos « fins » (figure 10, p. 535) : par opposition aux enclos « anciens », les enclos « fins » marquent moins le relief et apparaissent sous la forme de traces beaucoup plus fines sur les images lidar. Les fossés sont moins larges et les talus peu ou pas marqués. Ils sont parfois coalescents et forment alors un réseau parcellaire, plutôt polygonal avec une grande variété de formes (triangle, rectangle, losange, autre). De tailles très variables, ces enclos peuvent atteindre des surfaces dépassant 40 ha. Ils ne prennent habituellement pas en compte la topographie et peuvent ainsi être localisés en travers d'un vallon.

— Anciens chemins (figure 11, p. 536) : la forêt garde la trace de cheminements antérieurs à la mise en place du réseau viaire forestier du XVIII^e siècle. Ces vestiges prennent la forme de chemins creux formant parfois des chevelus en tête de vallons du fait de la contrainte topographique.

— Minières (figures 12 et 13, pp. 537 et 538) : des traces d'extraction du minerai de fer apparaissent sous la forme de puits assez larges (3 à 5 m) entourés de déblais importants.

— Ferriers (figure 12, p. 537) : des amoncellements de scories forment des reliefs plus ou moins marqués. Ces zones de rejets ont été parfois réexploitées, formant des reliefs très chaotiques. Les prospections de terrain montrent qu'il s'agit exclusivement de scories de fer denses, que l'on associe d'ordinaire à une paléométallurgie de bas-fourneaux.

La mise en évidence d'un patrimoine archéologique dense

Parmi tous les vestiges archéologiques identifiés dans la forêt de Bercé, peu ont pu être datés avec certitude. De très rares éléments mobiliers offrant une attribution chronologique ont été retrouvés. Cependant l'analyse des images lidar ainsi que les prospections permettent d'avancer des éléments de chronologie relative entre les différents types de vestiges.

Les éléments les plus anciens correspondent aux « enclos anciens » et « parcellaire ancien » qui semblent liés et manifestement antérieurs aux autres éléments. Ils sont fréquemment recoupés par les autres types de vestiges, notamment les enclos « fins », les faisceaux de chemins anciens et le réseau parcellaire actuel. Les liens chronologiques avec les éléments liés à la métallurgie du fer ne sont pas clairement définis. Effectivement, peu de minières ou ferriers semblent recouper ou être recoupés par des éléments de parcellaire ou des enclos « anciens » et les images lidar sont insuffisantes pour proposer une chronologie relative entre ces structures.

Quelques éléments de mobilier (céramique) ont été retrouvés dans un enclos ancien et ont pu être datés du deuxième âge du Fer-Antiquité. De plus, par comparaison avec d'autres éléments de parcellaires agricoles identifiés et datés dans d'autres forêts, notamment en forêt domaniale de Haye (Meurthe-et-Moselle, Georges-Leroy *et al.*, 2011), de La Londe-Rouvray, Brotonne et Roumare (Seine-Maritime), il est possible que le parcellaire « ancien » de Bercé puisse être rattaché à la fin de la Protohistoire ou à l'Antiquité. Remarquons cependant qu'aucun habitat antique n'a été identifié sur le massif. Il est donc possible que ces enclos et éléments de parcellaires aient été implantés à la fin de la Protohistoire. Leur forme est effectivement conforme de manière générale avec celles connues pour cette période (Chouquer, 2005).

Les éléments liés à la métallurgie ne sont pas tous datés avec certitude. S'ils sont manifestement antérieurs aux enclos « fins » (recoupés par ces derniers), leur position chronologique par rapport aux enclos et parcellaire « anciens » est moins certaine. Les ferriers étant assez ponctuels, on n'observe aucun lien avec ces structures.

FIGURE 9 EXEMPLES DE MICRORELIEFS RENCONTRÉS EN FORÊT DE BERCE
(traitement de différence à la moyenne, les creux apparaissent en noir et les reliefs en blanc) :
ENCLOS ANCIENS TALUTÉS AVEC FOSSE ET PARCELLAIRE ANCIEN

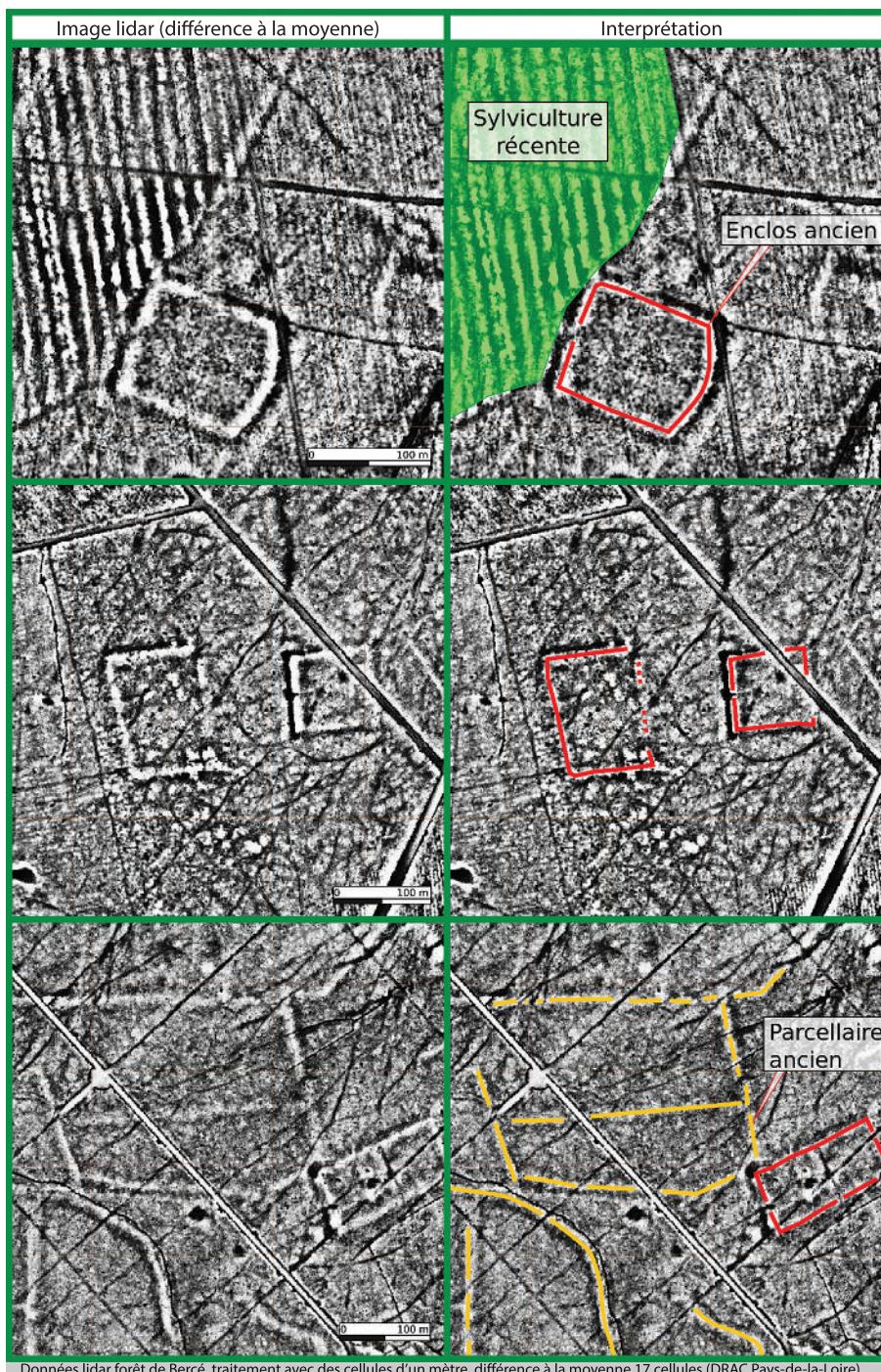
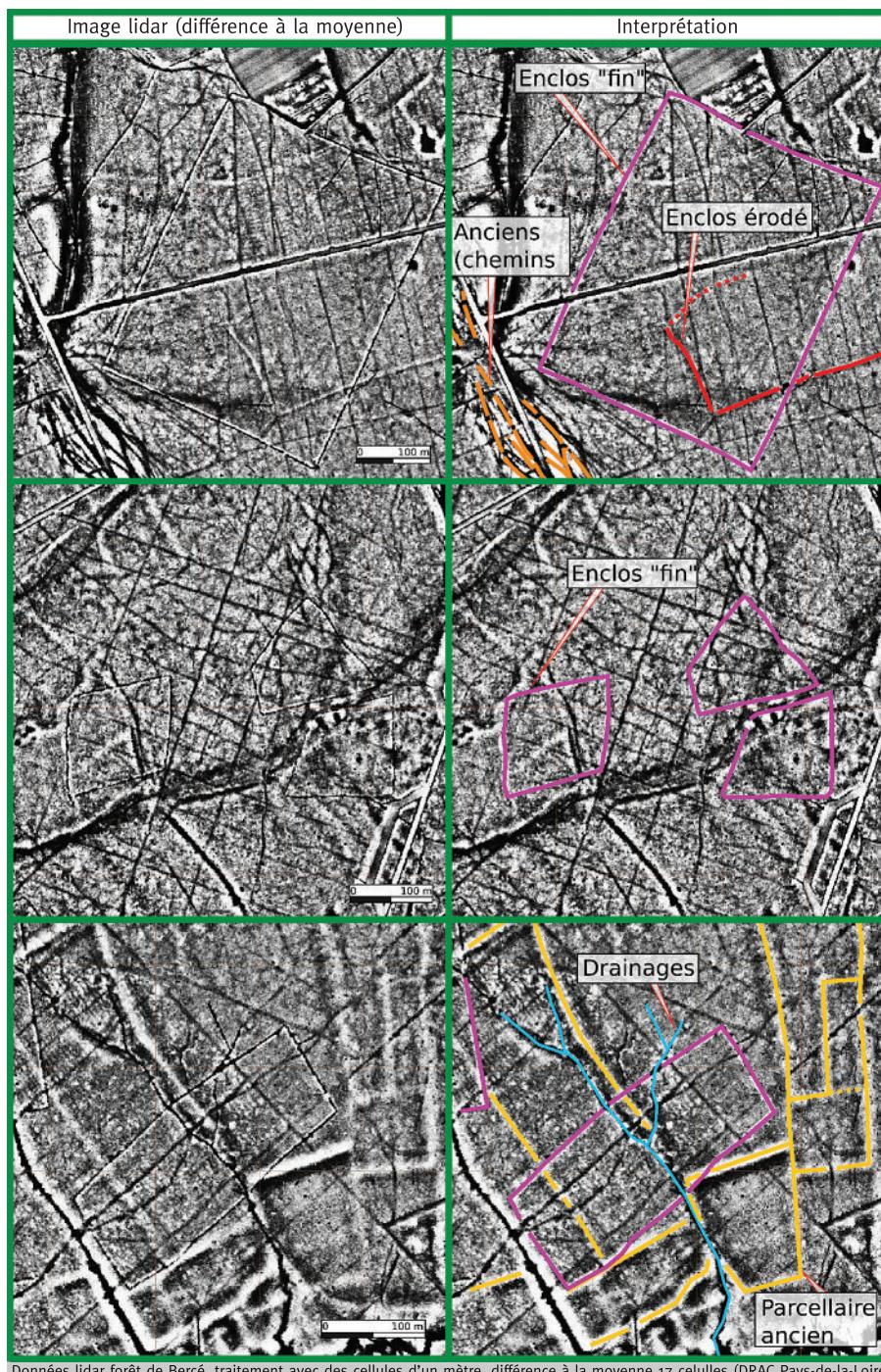


FIGURE 10 EXEMPLES DE MICRORELIEFS RENCONTRÉS EN FORêt DE BERcÉ
 (traitement de différence à la moyenne, les creux apparaissent en noir et les reliefs en blanc) :
ENCLOS « FINS » POSTÉRIEURS AU PARCELLAIRE ANCIEN



Données lidar forêt de Bercé, traitement avec des cellules d'un mètre, différence à la moyenne 17 cellules (DRAC Pays-de-la-Loire)

FIGURE 11 EXEMPLES DE MICRORELIEFS RENCONTRÉS EN FORÊT DE BERCE
(traitement de différence à la moyenne, les creux apparaissent en noir et les reliefs en blanc) :
ANCIENS CHEMINS (SOUVENT « CREUX »)

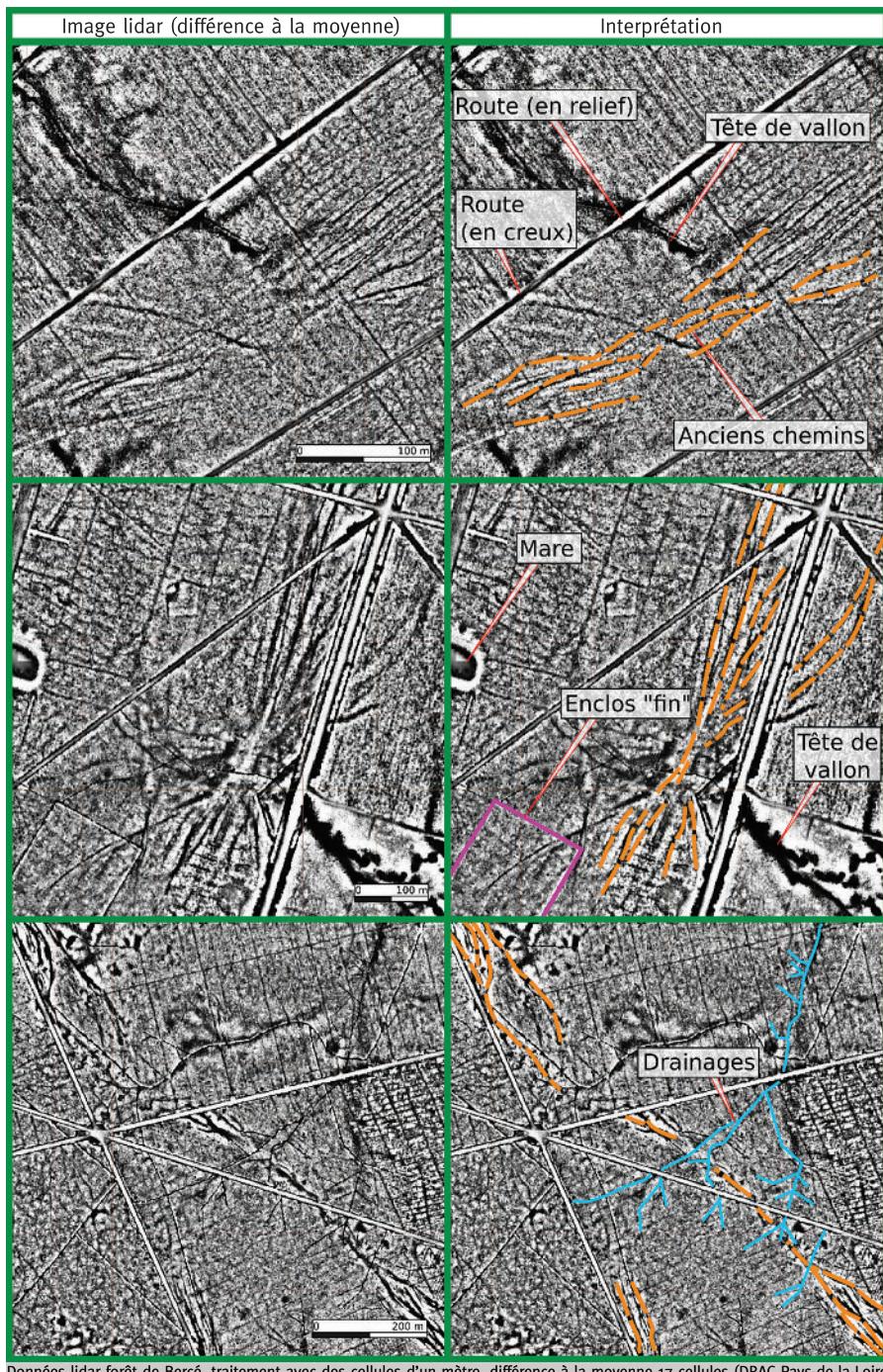
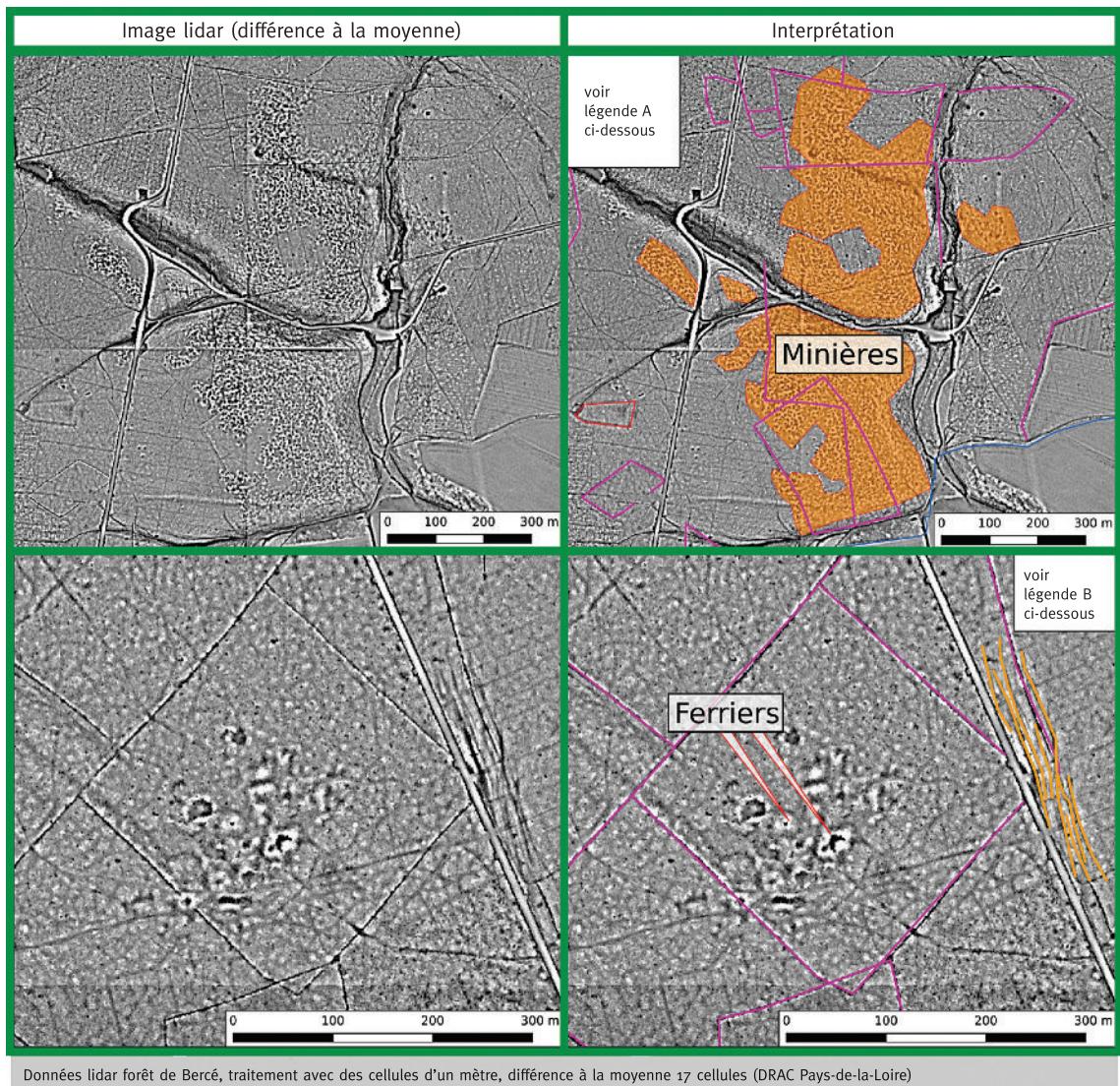


FIGURE 12

EXEMPLES DE MICRORELIEFS RENCONTRÉS EN FORÊT DE BERCE
 (traitement de différence à la moyenne, les creux apparaissent en noir et les reliefs en blanc) :
MINIÈRES ET FERRIERS

**Légende A**

- Emprise de l'étude
- Interprétations
- Enclos ancien
- Enclos fin
- Minières

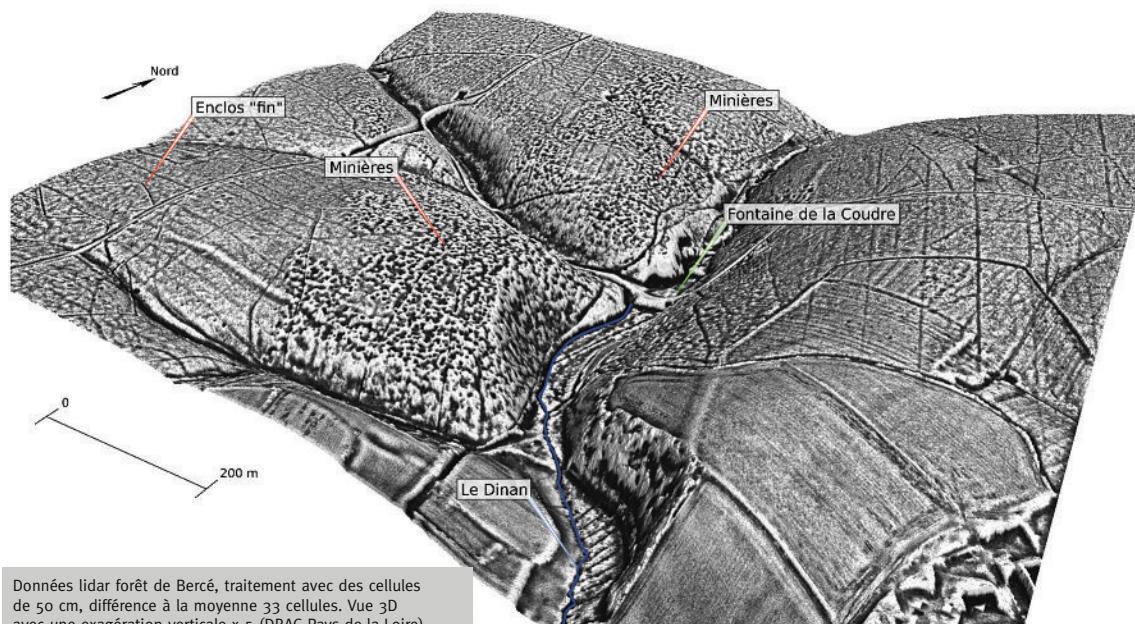
Légende B

- Interprétations
- Enclos fin
 - Voies anciennes

FIGURE 13

VUE 3D DES MINIÈRES
DU SECTEUR DE LA FONTAINE DE LA COUDRE

La forêt de Bercé comporte de nombreuses surfaces couvertes de traces d'anciennes minières dont les puits entourés de leurs déblais sont encore bien visibles sur les traitements lidar (point noirs entourés de reliefs en blanc).



Il semblerait cependant qu'une grande zone de minière recoupe des linéaires de parcellaire ancien mais sans grande certitude. Quelques éléments de céramique ont été trouvés sur certains ferriers et correspondent à La Tène finale et au I^{er} siècle de notre ère (Noël, 2007 ; Choplín et Le Carlier, 2014). Enfin deux datations par le carbone 14 ont été effectuées sur des charbons prélevés dans un ferrier et donnent des dates comprises entre - 50 et + 25 ap. J.-C. (Choplín et Le Carlier, 2014). Si une exploitation métallurgique semble donc attestée entre la fin de la Protohistoire et le début de l'Antiquité, rien ne permet d'affirmer que l'ensemble de l'activité métallurgique se situe dans ce créneau chronologique.

Les enclos « fins » sont clairement postérieurs aux enclos et parcellaire « anciens » qu'ils recoupent en de nombreux endroits. Ces structures recoupent également une partie des vestiges liés à la métallurgie. Elles semblent en revanche coupées par les réseaux de chemins creux et le sont avec certitude par le réseau viaire du XVIII^e siècle. Aucun élément de datation n'est disponible actuellement pour ces enclos. Un tesson de céramique a cependant été trouvé dans un chablis présent à l'angle d'un de ces enclos. Il est daté du Bas-Empire – haut Moyen Âge mais il est toutefois plus probable qu'il soit lié à un enclos « ancien » et aux éléments de parcellaire « ancien » situés à proximité.

Ces enclos « fins » seraient donc postérieurs à l'Antiquité et antérieurs au XVIII^e siècle. Compte tenu de leur état de conservation et du fait qu'ils ne sont pas très érodés, il est peu probable

qu'ils remontent au Moyen Âge mais plus à la période Moderne. Même si aucun élément actuellement ne permet d'avancer des hypothèses quant à leur fonction, ils apparaissent le plus souvent isolés, sans lien avec les réseaux parcellaires agricoles (anciens ou actuels), font abstraction de la topographie et pourraient avoir été implantés à une époque où la forêt était présente.

Les faisceaux de chemins creux encore conservés sur Bercé ne sont pas facilement positionnables d'un point de vue chronologique. Il est certain qu'ils sont postérieurs aux enclos et parcellaire « ancien » qu'ils recoupent fréquemment. Par rapport aux enclos « fins », certains semblent recoupés par ces structures, d'autres plus nombreux semblent les recouper. Ces anciennes voies sont pour la plupart probablement d'époque Moderne, antérieures au XVIII^e siècle (recoupées par le réseau viaire actuel) mais peuvent avoir également été implantées pour certaines d'entre elles plus anciennement et en tout cas avoir une utilisation potentiellement longue.

L'ensemble de ces différents éléments nous permettrait d'avancer ces hypothèses de chronologie :

- enclos anciens et parcellaire ancien : Protohistoire / Antiquité ;
- vestiges liés à la métallurgie : Protohistoire / Antiquité pour une partie au moins ;
- enclos fins : Moderne (antérieurs au XVIII^e siècle) ;
- chemins creux : Moderne pour la plupart et antérieurs au XVIII^e siècle ;
- réseau viaire : XVIII^e siècle.

Au final, cette étude a permis la découverte de nombreux vestiges archéologiques, dont certains avaient déjà été repérés auparavant. Si les enclos « fins » et certains enclos « anciens » sont encore bien visibles dans le paysage, le parcellaire « ancien » l'est très difficilement alors que bien discernable sur les images lidar. L'enclos dit « des Sarmates » encore bien visible dans la topographie était ainsi connu, mais le réseau parcellaire qui y est associé n'avait pas été mis en évidence (figure 14, p. 540).

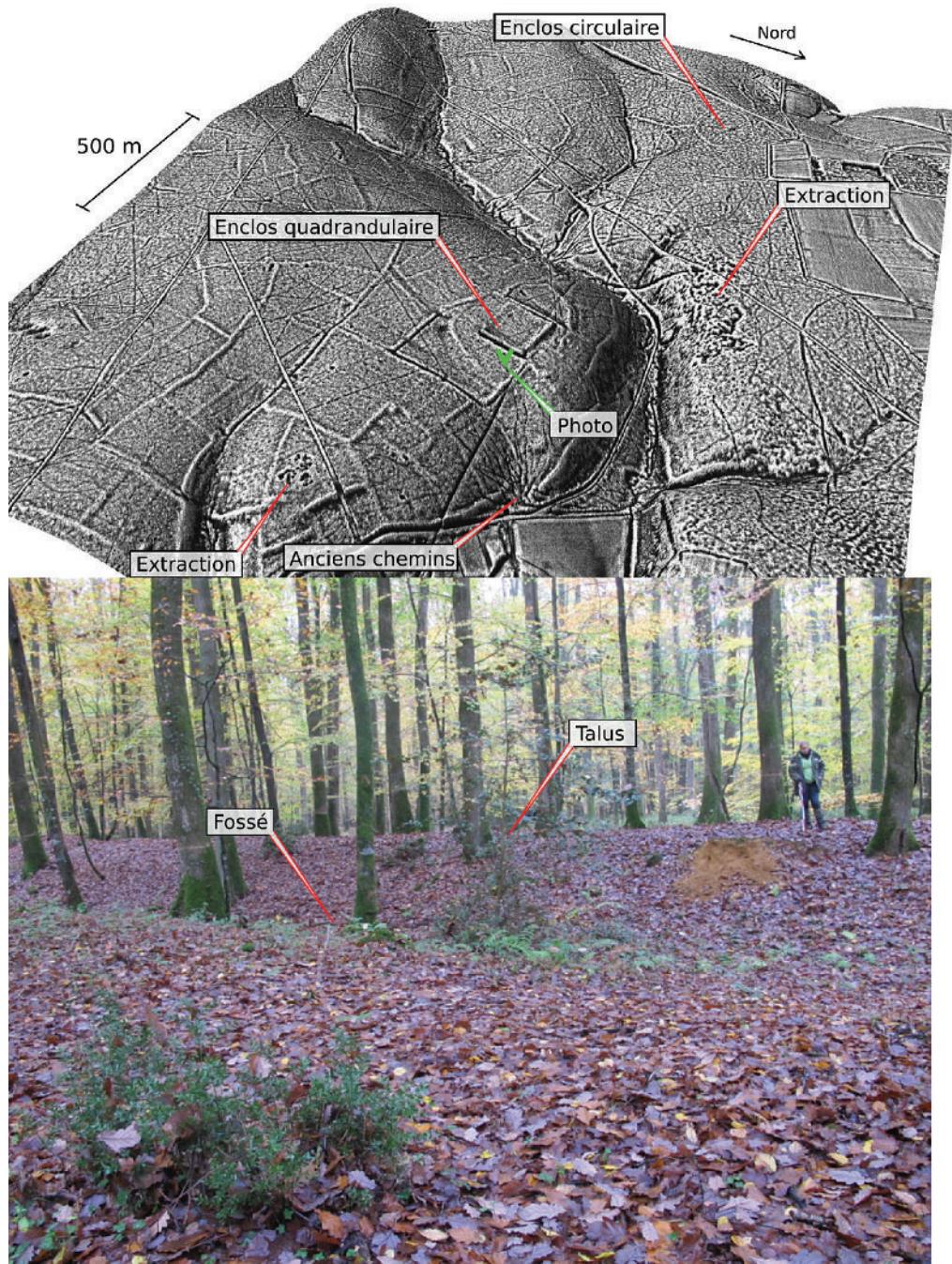
Forêt ancienne, vestiges archéologiques et biodiversité

La présence de traces archéologiques, conservées en forêt et traduisant un usage agricole ancien a pu être établie, par le biais d'études palynologiques (Étienne *et al.*, 2010), par celui d'analyses lidar (Georges-Leroy *et al.*, 2009) ou plus classiquement par des prospections pédestres (Doyen *et al.*, 2004). Par ailleurs, les études menées avec le même protocole qu'à Bercé, notamment celles de Sénart (Seine-et-Marne et Essonne, Dardignac et Le Jeune, 2011) et des forêts périurbaines de Rouen (Seine-Maritime), amènent toutes à une conclusion commune : la forêt que l'analyse de cartographie régressive nous indique comme la plus « ancienne » est celle où, de manière générale, les vestiges archéologiques sont les mieux conservés. Ces « forêts anciennes » ou « coeurs de forêts » sont de véritables réserves archéologiques gardant le plus souvent des traces d'occupations antérieures à la mise en place du massif. À Bercé, l'emprise de la forêt royale (figure 3, p. 523), avant l'extension sur les landes à l'ouest et au nord, correspond à la plus forte densité de vestiges archéologiques observés (figure 8, p. 532) et à la présence majoritaire de feuillus (figure 6, p. 530).

Les espaces de forêt plus récents ont probablement subi une érosion agricole aplaniissant la topographie, entraînant la destruction totale ou partielle des vestiges, l'étalement et la fragmentation du mobilier. L'impact anthropique a été lissé, intégré aux sols labourés. Les apports en nutriments liés à ces occupations (épandages, pâture, pacage ou simplement occupation anthropique durable), ou les traces d'anciennes productions industrielles ou proto-industrielles (ferriers et charbonnières par exemple), ont été affectés par une diffusion mécanique, reprise par la mobilisation hydrologique favorisée par la fragmentation et la remobilisation parfois cyclique des sols.

FIGURE 14

EXEMPLE DE RELIEF MARQUÉ PAR UN COUPLE TALUS-FOSSÉ :
L'ENCLOS DIT « DES SARMATES »



À l'inverse, les forêts dites anciennes, d'après les documents cartographiques, n'ont pas subi d'érosion agricole récente. Ces espaces riches en vestiges archéologiques bien préservés et mis en lumière par les traitements lidar, ont conservé leurs topographies. Dans de tels contextes, les gradients de nutriments sont forts, encore mesurables actuellement (Dupouey *et al.*, 2002 ; Georges-Leroy *et al.*, 2009). Les occupations anciennes sont encore perceptibles dans les sols actuels et, si l'on s'en donne les moyens, il est possible de lire par exemple la présence d'espaces de stabulation ayant plus de 4 000 ans par la présence de phosphore (Broes *et al.*, 2012).

Dans une perspective d'analyse de la biodiversité, ces résultats nous semblent devoir être pris en compte. Si les forêts anciennes sont des réserves archéologiques et que l'impact anthropique apporte de la variabilité environnementale, alors l'étude de la relation entre l'ancienneté des forêts et la biodiversité ne peut faire l'économie d'une approche archéologique.

Sans avoir la précision d'analyses géochimiques, le traitement lidar nous apparaît comme la technique la plus simple à mettre en œuvre pour repérer en forêt les traces d'occupations anthropiques anciennes susceptibles d'avoir modifié sensiblement des paramètres pouvant influer directement sur la biodiversité. Si l'étude palynologique permet de lire en partie l'impact de l'homme sur la forêt, elle manque cruellement de précision spatiale et reste tributaire de la présence de pièges sédimentaires adéquats. Il nous semble cependant important qu'elle puisse être mise en œuvre en lien avec un traitement lidar et des prospections archéologiques. Le lidar seul atteint déjà l'objectif de spatialiser les traces d'anthropisation non érodées et donc susceptibles de générer de l'hétérogénéité environnementale forte, mais ne permet que partiellement d'appréhender la chronologie des phénomènes.

Il reste à mettre en perspective ces résultats avec l'hypothèse de forêts pérennes pendant l'Holocène et qui, bien que n'étant pas « primaires », ont traversé les âges sans qu'aucune trace d'occupation anthropique ou d'agriculture ne les ait impactées. À Bercé la question se pose dans certains secteurs où la forêt apparaît comme antérieure au XVIII^e siècle mais ne présente pas de traces de parcellaires « anciens ».

CONCLUSIONS

L'étude menée à Bercé s'ajoute au cortège de forêts déjà étudiées avec une méthodologie commune, basée sur l'usage de données lidar couplées à une prospection archéologique et à l'étude des cartes anciennes. De nombreuses traces de vestiges archéologiques ont été mises en évidence, notamment paléométallurgiques, en particulier sur l'emprise de l'ancienne forêt royale. L'analyse des cartes anciennes sur les trois derniers siècles montre par ailleurs une augmentation de la surface boisée depuis le XIX^e siècle. Cette approche croisée nous semble efficiente pour aborder avec une lecture critique la problématique des forêts « anciennes », surtout en lien avec celle de la biodiversité, favorisée par les impacts anthropiques anciens.

À Bercé, la recherche de pièges à sédiments n'a pas été couronnée de succès, mais mériterait d'être poursuivie. Le manque de données palynologiques est ici dommageable. Ces dernières permettraient de bénéficier d'un signal diachronique à même de trancher entre la présence d'une forêt ancienne pérenne et l'érosion de traces d'anthropisation, la présence d'agriculture ne générant pas systématiquement des microreliefs (pacage, absence de parcellaire, clairières néolithiques, etc.).

La recherche d'une certaine profondeur temporelle pour l'approche des forêts « anciennes » nous semble fondamentale, au-delà de ce que peut apporter l'étude des cartes ou des sources textuelles. Ce dernier type de source ne doit pourtant pas être négligé. À Bercé, nous n'avons pu

réaliser de recherche historique poussée. Le travail reste à mener et l'ensemble des données que nous avons collectées est disponible aux chercheurs sous licence ouverte (*open data*). L'étude sur la forêt de Bercé rentre en effet dans un projet global porté par la DRAC Pays-de-la-Loire, qui vise à mettre à la disposition des chercheurs des données lidar sur les principaux massifs forestiers de la région.

Si la prise en compte des traces anthropiques anciennes nous apparaît comme fondamentale, elle pose de manière plus large la question de la part de l'homme dans les problématiques liées à la biodiversité. Ce type d'approche nous semble important et très actuel, afin d'interroger de nouveau la frontière entre les notions de nature et de culture et de réviser avec bienveillance certains mythes comme celui de la forêt des Carnutes.

Yann LE JEUNE
Cartographe
DIRECTION RÉGIONALE DES AFFAIRES CULTURELLES
Pays-de-la-Loire
1 rue Stanislas Baudry
F-44035 NANTES CEDEX
(yann.le-jeune@culture.gouv.fr)

Cécile DARDIGNAC
Chargée d'études en archéologie
et patrimoine culture
Agence études
OFFICE NATIONAL DES FORÊTS
Parc de la Faisanderie
F-77300 FONTAINEBLEAU
(cecile.dardignac@onf.fr)

Sophie DAVID
Archéologue et géomaticienne
Agence études
OFFICE NATIONAL DES FORÊTS
Parc de la Faisanderie
F-77300 FONTAINEBLEAU
(sophie.david@onf.fr)

BIBLIOGRAPHIE

- BROES F., CLAVEL V., DE CLERCQ W., FECHNER K., ROUPPERT V., VANMOERKERKE J., 2012. À la recherche des espaces de stabulation. Étude pluridisciplinaire d'habitats du Néolithique au Moyen Âge dans le nord de la France, *Archéopages*, n° 35, pp. 6-16.
- CHOPLIN M., 2016. *La Métallurgie du fer en forêt de Bercé*. Université de Rennes 2. 3 vol., 305 p. (Mémoire de Master 2).
- CHOPLIN M., LE CARLIER DE VESLUD C., 2014. *La Métallurgie du fer en forêt de Bercé*. Rapport de prospection thématique, 98 p.
- CHOUQUER G., 2005. L'Émergence de la planimétrie agraire à l'âge du fer. *Études rurales*, vol. 175-176, n° 3-4, pp. 29-52.
- DARDIGNAC C., 2016. Les forêts anciennes : des forêts sans histoire ?, pp. 17-24. In : *Naturalité des eaux et des forêts* / D. Vallauri, C. Chauvin, J.-J. Brun, M. Fuhr, N. Sardat, J. André, R. Eynard-Machet, M. Rossi, J.-P. De Palma (coord.). Paris : Lavoisier.
- DARDIGNAC C., LE JEUNE Y., 2011. Évolution des masses forestières en Île-de-France. In : *Extension forestière et mosaique paysagère*, Journée d'études Forêt, Environnement et Société, XVI^e-XX^e siècle, IHMC, Paris, École normale supérieure, Cahier d'Études, n° 21, pp. 14-21.
- DUPOUHEY J.-L., DAMBRINE E., LAFFITE J.-D., MOARES C., 2002. Irreversible impact of past land use on forest soils and biodiversity ecology, *Ecology*, vol. 83, n° 11, pp. 2978-2984.
- DOYEN B., DECOCQ G., THUILLIER P., 2004. Archéologie des milieux boisés en Picardie. *Revue archéologique de Picardie*, n° 1-2, pp. 149-164.

- ÉTIENNE D., RUFFALDI P., RITZ F., DAMBRINE E., 2010. Étude des variations de la végétation d'un massif forestier de la plaine lorraine (Moselle, France) depuis le Moyen Âge. *Quaternaire*, vol. 21, n° 3, pp. 317-323.
- FAVRE C., GRANIER E., COSSERAT-MANGEOT R., BACHACOU J., DUPOUHEY J.-L., 2012. *Digitalisation des cartes anciennes. Manuel pour la vectorisation de l'usage des sols et le géoréférencement des minutes 1:40 000 de la carte d'état-major*. Version 11.6, INRA, 41 p.
- GEORGES-LEROY M., BOCK J., DAMBRINE E., DUPOUHEY J.-L., 2009. Le Massif forestier, objet pertinent pour la recherche archéologique. L'exemple du massif forestier de Haye (Meurthe-et-Moselle). *Revue Géographique de l'Est*, vol. 49, n° 2-3.
- GEORGES-LEROY M., BOCK J., DAMBRINE E., DUPOUHEY J.-L., 2011. Apport du lidar à la connaissance de l'histoire de l'occupation du sol en forêt de Haye. *ArcheoSciences*, vol. 35, pp. 117-129.
- GOUCHET Y., 2002. *Le Massif forestier de Bercé*. Ed. Alan Sutton. 128 p.
- NOEL L., 2007. *Essai d'interprétation d'un type de vestige en milieu forestier : l'exemple des structures fossoyées en forêt de Bercé (Sarthe)*, Université de Tours. 2 vol., 212 p. (Mémoire de master 2).
- POTEL R., 1923. La Forêt de Bercé. *Bulletin de la société d'agriculture, sciences et arts de la Sarthe*, II^e série, Tome XLI, années 1923-1924, 1^{er} fascicule, pp. 49-64.
- VALLAURI D., GREL A., GRANIER E., DUPOUHEY J.-L., 2012. *Les forêts de Cassini. Analyse quantitative et comparaison avec les forêts actuelles*. Rapport WWF/INRA, Marseille. 64 p. + CD.

Autres références disponibles auprès du Service régional de l'archéologie des Pays-de-la-Loire ou des auteurs

- DARDIGNAC C., DAVID S., 2013. *Cartographie régressive de la forêt domaniale de Bercé, Sarthe (72)*. Rapport ONF. 50 p.
- DARDIGNAC C., LE JEUNE Y., 2016. *Forêt domaniale de Bercé (72) – Acquisition et traitement de données LIDAR, prospections archéologiques et prospections paléoenvironnementales – Rapport de synthèse*. Rapport ONF-DRAC. 230 p.

BERCÉ AVANT LA FORêt. PREMIERS RÉSULTATS DE L'EXPLOITATION DES CARTES ANCIENNES ET DES DONNÉES LIDAR SUR LA FORêt DE BERCÉ (SARTHE) [Résumé]

La forêt de Bercé (Sarthe) a fait l'objet d'une étude archéologique et d'une cartographie régressive en lien avec l'acquisition et le traitement de données lidar. Cette étude s'ajoute à celles menées avec la même méthodologie sur des massifs forestiers d'Île-de-France et de Normandie. L'évolution de la forêt domaniale apparaît relativement continue depuis le XIX^e siècle. L'étude a mis en évidence un patrimoine archéologique dense localisé dans la partie la plus ancienne de la forêt perceptible par les cartes (forêt royale, 1673). Cette partie importante de Bercé présente des traces de parcelles agricoles anciens et des enclos, antérieurs à la forêt, et d'autres (parcelaires et enclos plus fins) qui pourraient être contemporains de celle-ci. Les résultats interrogent la notion même d'ancienneté de la forêt de Bercé, laquelle apparaît inexiste ou très réduite au début de notre ère. La relation entre l'« ancienneté des forêts » et la biodiversité trouve ici un bon terrain d'étude incluant la part anthropique, sur une forêt qu'il semble difficile d'attribuer encore à celle des Carnutes.

BERCÉ BEFORE THE FOREST. INITIAL FINDINGS OF A STUDY USING ANCIENT MAPS AND LIDAR DATA FOR THE BERCÉ FOREST (SARTHE) [Abstract]

An archaeological study of the Bercé Forest (Sarthe) was conducted along with regressive mapping in combination with the acquisition and processing of LIDAR data. This study follows those already conducted using the same methodology for forest areas in Île-de-France and Normandy. The development of the state forest appears to be almost continuous since the 19th century. The study showed up a dense archaeological heritage located in the most ancient part of the forest that is visible on the maps (royal forest, 1673). This large part of Bercé bears traces of ancient cultivated plots and enclosures, which predate the forest, together with others (smaller sub-plots and enclosures) that are possibly contemporaneous with the forest. These findings challenge the whole notion of old-growth as applied to the Bercé forest, which at the beginning of our era appears nonexistent or very limited. The relation between forest continuity and biodiversity can here be usefully investigated, including the anthropogenic component, in a forest that can no longer be ascribed to the Carnutes.

