

Annexes - Sommaire

Tous les titres sont actifs et renvoient aux pages correspondantes.



Ce bouton permet le retour à cette page sommaire.

Annexes - Chapitre 1. *Conditions environnementales de l'exploitation des espaces ruraux en Gaule du Nord*

Annexe 1. L'exploitation des zones humides, fluviales et littorales de la Gaule du Nord soumises aux aléas hydrologiques

Annexe 2. À la recherche des crises de mortalité animale et humaine en Gaule du Nord durant l'Antiquité

Annexes - Chapitre 7. *L'aménagement du sol. Les systèmes parcellaires tardo-laténiens et gallo-romains*

Annexe 1. Approche morphologique des systèmes parcellaires fossiles de la Forêt de Haye

Annexe 2. Approche morphologique des systèmes parcellaires fossiles de la Forêt de Châtillon (Côte-d'Or). Comparaison des ensembles parcellaires étudiés en Forêt de Châtillon et en Forêt de Haye (Meurthe-et-Moselle)

Annexe 3. Approche des ensembles parcellaires du Piémont vosgien et analyse de données LiDAR autour du col de Saverne

Annexe 4. Télédétection de systèmes parcellaires aux Maillys (Côte-d'Or). Mise en relation de données obtenues par photo-interprétation et par utilisation de données LiDAR

Annexe 5. Évaluation de la nature du système parcellaire aligné sur la voie romaine Dijon-Langres ("centuriation de Mirebeau")

L'exploitation des zones humides, fluviales et littorales de la Gaule du Nord soumises aux aléas hydrologiques

Christophe Petit, Nicolas Bernigaud, Philippe Fajon, Jérôme Spiesser

Dans notre zone d'étude, l'analyse de l'occupation et de l'exploitation des plaines alluviales et littorales contribue à la compréhension de l'économie rurale du Nord de la Gaule. Ces différents milieux naturels humides offrent une diversité de ressources dont les hommes ont diversement tiré profit au fil du temps, en fonction de facteurs culturels, sociaux et politiques. Ces questions nécessitent de traiter dans une perspective interdisciplinaire, l'inventaire des sites archéologiques, les aménagements nécessaires à l'exploitation de ces milieux, les productions dans un contexte environnemental où le risque d'inondation doit être évalué.

LES PLAINES ALLUVIALES : EXPLOITATION, AMÉNAGEMENTS ET RISQUE FLUVIAL

Problématique

Les styles fluviaux se sont profondément transformés après la dernière glaciation weichsélienne, au cours du Tardiglaciaire et de l'Holocène. Les cours d'eau et les plaines alluviales constituent des milieux mis en valeur depuis la Préhistoire (pêche, navigation) et fortement aménagés durant la période romaine, voire dès la fin de l'âge du Fer. Les différentes ressources offertes par ces milieux alluviaux ont été largement exploitées dès le Néolithique, comme en témoigne la découverte de villages implantés le long des principales rivières du bassin hydrographique de la Seine. L'étude des relations entre l'homme et les cours d'eau qui se développe depuis plus d'une décennie (Bravard & Magny 2002 ; Burnouf & Leveau 2004), nécessite d'analyser finement l'implantation des sites ruraux, en particulier les grandes *villae* dont l'inventaire nous est le mieux connu, en fonction des différentes unités géomorphologiques (zone de source, vallées étroites plus ou moins encaissées, larges vallées) en tenant aussi compte de l'hydrologie des cours d'eau (risque de crue) et de leurs transformations dans la longue durée (défluviations, migration du lit mineur).

Les plaines alluviales, des espaces privilégiés pour les implantations humaines

L'accès à l'eau de surface, source ou rivière est un critère important pour l'implantation d'un établissement agricole. Les agronomes romains rappellent souvent que pour sa bonne conduite il fallait qu'il fût implanté à proximité d'un point d'eau indispensable aux hommes et aux animaux, aux abords de sols variés (Pline l'Ancien, *Nat.* 18. 6). Des établissements ruraux de statuts différents parsèment les plaines alluviales pour lesquelles il semble difficile de modéliser les formes de peuplement. D'après les recherches menées dans notre zone d'étude, les stratégies d'implantation semblent en effet différentes en fonction de la taille des rivières et de la largeur des plaines. Par exemple, si un semis relativement dense de petits établissements en amont de la confluence entre la Seine et l'Yonne, en Bassée (vol. 1, chap. 10), le fond de vallée tourbeux de la Somme autour

d'Amiens semble en revanche peu occupé (vol. 1, chap. 7, 252), de même qu'en Bourgogne dans la basse vallée des Tilles¹. Il faut toutefois rappeler que ces vallées n'ont été que faiblement investies par l'archéologie préventive, contrairement à la Bassée qui a fait l'objet de recherches intenses. Il existe donc encore aujourd'hui des biais de recherches qui limitent la portée des comparaisons.

En Bourgogne, la cartographie des établissements gallo-romains de plus fort statut qui est aujourd'hui très aboutie (Nouvel 2016) permet de discuter de la relation entre les *villae* et le réseau hydrographique. La proximité aux sources des fleuves a certainement été un critère de choix pour l'implantation de certains établissements ruraux. On peut en identifier quelques-uns implantés à proximité de sources qui sourdent en fond de vallons ou dans les plaines alluviales, ou encore près de résurgences au pied des cuestas. La grande *villa* de Saint-Martin-les-Langres est par exemple installée dans le fond d'un vallon tourbeux. D'autres grandes *villae* localisées au pied de la cuesta du Châtillonnais exploitaient très certainement les zones de marais proches, comme celles de Griselle "Lornay" et de Laignes "Sur Lornay". D'autres *villae* ont encore été construites sur des terres entourées par un ancien méandre devenu marécageux comme à Saint-Martin-sur-Armançon "l'Abbaye"². Un autre établissement rural gallo-romain a été identifié dans la boucle de la Motte le long de la Laigne, en face de l'agglomération de *Vertillum* (Berti *et al.* 1998). Les zones humides et les marais ne doivent donc pas être considérés comme des zones répulsives mais, bien au contraire, des écosystèmes largement exploités (Burnouf & Leveau 2004).

Souvent, les *villae* sont implantées le long des versants des vallées. Dans de nombreux cas, elles se répartissent en suivant le tracé de la rivière, située en contrebas de l'enclos et parfois à l'intérieur même. Dans les petites vallées encaissées du bassin amont de la Seine, les établissements de fort statut occupent tous les espaces alluviaux. Nombreux sont ceux qui ont été repérés par prospection aérienne au cœur même des vallées étroites de la Cure, du cours amont de l'Yonne, du Serein, de l'Aube, ou, plus à l'Est encore, dans la vallée de la Cuisance (Nouvel 2016). Ces petites rivières bordent le plus souvent l'enclos du domaine³. Certaines *villae* à plan allongé occupent toute la largeur de la vallée, le ruisseau traversant ainsi la cour de l'établissement comme on peut l'observer à Villiers-Vineux "Marcey-Pré des Ormes". Il est évident que ce ruisseau du Cléon, affluent de l'Yonne, faisait partie intégrante de cet établissement, mais en l'absence de fouilles, ses usages nous restent inconnus. Dans la Vallée de l'Aube, les *villae* de Bayel "les Varennes au Pierres" et "les Varennes" sont implantées au centre de la vallée étroite. Le long de l'Arce, c'est le même cas de figure pour la *villa* de Chervey "Les Landes", ou celle de Landreville "Villenoix". Le modèle d'implantation, établi dans la vallée de du Serein vers Noyers (Nouvel 2017, 710) ou plus en aval dans la zone de confluence Serein-Armançon (Nouvel 2017, 707), montre que le chapelet d'établissements de fort statut exploitait différentes ressources issues de la plaine, des coteaux et des rebords de plateaux. Ce modèle peut être étendu à la vallée de la Laigne, comme probablement à de nombreuses autres vallées moyennes de Gaule du Nord. Dans les vallées moins encaissées, les *villae* se trouvent fréquemment dans le fond de petits vallons, souvent humides⁴.

1. Dans la plaine des Tilles, où de nombreux chenaux divagants ont été reconnus lors des opérations archéologiques liées à la LGV Rhin-Rhône, aucun établissement romain n'a été mis au jour (Sordoillet *et al.* 2013).

2. La découverte en photographie aérienne d'un enclos fossoyé indique probablement l'origine laténienne de cette *villa*.

3. À Montaulin "le Perrey", l'extrémité de la *pars rustica* de la *villa* est bordée par la Gavanne, un affluent de la Seine. La *villa* de Nolay "Les Creuses" est implantée en bordure du chenal de la Renèvre, petit affluent de la Nièvre. La grande *villa* de Bligny-les-Beaune est limitée à l'aval par le cours de la Dheune. Cette configuration géographique est fréquente dans la vallée du Serein et de l'Armançon. Le long du Serein, s'égrènent les *villae* de La Chapelle-Vaupelteigne "les Roches" et de La Chapelle-Vaupelteigne/Poinchy-près-Chablis "le Sureau", les deux établissements de Givry "Champ de la Bataille et de Givry "Champs du Trillot". Le long de l'Aaron, affluent de la Loire, se trouvent les *villae* de Champvert "les Mazerolles" et de Biches "Villars". Cette dernière se développe en longueur sur plus de 200 m, jusque vers le chenal de la rivière. Dans le sud du pays éduen, un petit affluent de l'Alène se positionne à l'arrière de la *pars urbana* de la *villa* d'Avrée "Buisson des Chétifs Prés". Autre exemple encore, la *pars urbana* de villa de Champlitte-la-ville "Le Pasquis" est implantée en bordure du Salon, affluent de la Saône. Le petit ruisseau actuel de la Bresse traverse obliquement la cour de la grande *villa* d'Arrentières au plan allongé et d'origine gauloise probable.

4. Dans la plaine dijonnaise, les *villae* d'Aiserey "Potengey" et de Longecourt-en-Plaine "La Saunoise" s'implantent le long de l'Oucherotte. La villa d'Argilly "Les Chaintres" est localisée le long du Meuzin, celle de Bessey-les-Citeaux "Sur Levey" le long du Ru de Bessey et celle de Saint-Aubin "Le Mazeret" (Jura) au bord de la Sablonne.

Au sein des larges plaines alluviales où subsistent des dômes graveleux, des occupations parfois importantes ont été identifiées sur ces formations dans les vallées de l'Yonne⁵, de l'Aisne⁶ et de la Veyle⁷. Dans les larges vallées, le plus souvent parcourues par des rivières navigables comme le Doubs, l'Ognon, l'Yonne, la Marne, la Loire, la Saône, les gros établissements sont tout aussi nombreux alors que le risque de crue destructrice est plus fort. De très grosses *villae* sont même implantées le long même des rivières (Doubs, Ognon, Arroux, Yonne) (Nouvel 2016). Dans la vallée du Doubs, en aval de l'agglomération d'Osselle⁸, la grande *villa* de "Labourelle" est implantée en bordure du lit mineur. La très grande *villa* de Thoraise "les Gravieres" occupe l'intérieur d'un large méandre du Doubs. Dans la haute vallée du Doubs, les *villae* de Port-Lesnay "Aux Murats" et de Salans "Sur la Digue", implantées sur la rive du Doubs, ont dû bénéficier des transports fluviaux pour importer et exporter des productions. Le long de l'Yonne, sont repérées les *villae* d'Auxerre "Poiry" coincées entre le versant et le chenal de l'Yonne, celle d'Auxerre "Sainte-Nitace" celle de Mailly-la-Ville "La Coutaude, la Gravelle", à Prégilbert "Crisenon" où l'arrière du bâtiment résidentiel est positionné en bordure de l'Yonne. Dans la *villa* de Lichères-sur-Yonne "Faulin", les bâtiments résidentiels bordent la rivière. Au sud de Sens, celle de Gron "Chalecy, les Salcys" est implantée à proximité d'un gué de l'Yonne. La *villa* de Cravant "Val Suzon, Bréviandes"⁹ se développe parallèlement au cours de la rivière ; quelques kilomètres en aval, la *villa* d'Escolives-Sainte-Camille est plus éloignée du cours de l'Yonne, car elle est implantée le long de la voie d'Agrippa reliant Lyon à Boulogne, mais elle bénéficie d'une source de pied de versant pour alimenter ses thermes. La résidence de la *villa* de Velleuxon "la Grosse Ville" jouxte la rive sud de la Saône. Celle d'Apremont-Montoche s'étend jusque dans la plaine inondable. Bien que le risque de crue destructrice ait été grand pour ces établissements, l'avantage d'une implantation le long d'une rivière navigable était économiquement plus grand que les pertes potentielles liées à l'aléa fluvial. Outre ces aspects économiques, il est probable également que cette implantation en bordure de rivière relève également d'un souci de mise en scène paysagère, pour avoir une "belle vue", mais pas nécessairement en position dominante (Bertoncello & Gazenbeek 1996, 601-620 ; Balmelle 2001).

Des travaux d'aménagement ou de dérivation du cours d'eau ont été entrepris pour implanter certaines très grandes *villae* au cœur des vallées. Sur le site de la *villa* de Metz "Grigy" où a été découvert un vaste bassin avec un plancher en sapin, le chenal antique qui occupe une partie de la cour a été exploité pour des besoins en eau liés à des activités artisanales (tanneries ?, sparteries) ou piscicoles (Brkojewitch *et al.* 2014 ; 2017). Le bassin piscicole de la *villa* de Molesme "Sur-les-Creux", implanté au cœur d'un large chenal de la Laigne, est équipé d'un canal d'amenée et un exutoire direct à la rivière (Petit *et al.* 2006). De nombreux aménagements (quai, grand bassin, etc.) ont encore été repérés dans la grande *villa* de Famechon "Le marais" sur un site occupé depuis de début de l'âge du Fer, en bordure du ruisseau des Evoissons¹⁰ (Vermeersch 1981). La *villa* de Burgille "Champs d'Ougney" située au centre de la plaine alluviale de l'Ognon, possède un chemin d'accès conduisant à une porte monumentale implantée en bordure d'un gué traversant un chenal secondaire. La *villa* très étendue de Rennepont "Les Varennes"- Maranville "Irceville", occupant la plaine de l'Aujon, affluent de l'Aube, a nécessité la dérivation de son lit. Dans la vallée de Veyle, le tracé actuel de la rivière contourne l'enclos de cette très grande *villa* de Limé (Duvette 2017, 383), ce qui résulte sans doute d'un détournement intentionnel du cours d'eau lors de l'implantation de la *villa*. La grande *villa* de Bliesbruck s'implante au centre de la vallée de la Moselle, déportant probablement le cours de la rivière sur le côté¹¹ (Petit 2005).

Certains gros établissements ont même été implantés dans des secteurs où les divagations fluviales sont fréquentes. Il semble que la proximité du fleuve ait été recherchée dans le secteur de Cologne au bord du Rhin (vol.1, chap. 1, 56). Dans le finage dolois, la très grande *villa* de Molay "Corvée Haute"¹² datée des I^{er}-III^e s. p.C. (vol. 1, chap. 17, 848) est installée à proximité des zones de divagation du Doubs.

5. Le long de la vallée de l'Yonne, les prospections ont identifié des établissements ruraux de fort statut le long du lit mineur de l'Yonne dont le tracé a peu changé depuis l'époque romaine (Delor 2002 ; Nouvel 2016). Par exemple, les *villae* de Mailly-la-Ville "La Gravelle / Coutaule" et de Prégilbert "Plaine de Crisenon".

6. Par exemple, la grande *villa* de Mercin-et-Vaux "Le Quinconce" (Aisne) implantée sur une terrasse de l'Aisne (Ferdrière *et al.* 2010).

7. Par exemple, la grande *villa* de Limé, dite *villa* d'Ancy (Duvette 2017).

8. Agglomération de plaine qui se développe au passage de la voie romaine franchissant le cours du Doubs.

9. Des investigations géoarchéologiques inédites de C. Petit ont montré que les paléo-chenaux visibles en photographie aérienne n'étaient pas actifs durant la période romaine et que le tracé de l'Yonne a été stable au moins depuis l'Antiquité.

10. Petit affluent de la Selle qui se jette dans la Somme.

11. Plan simplifié dans Ferdrière *et al.* 2010.

12. On peut noter que les grandes *villae* de Molay "La Corvée-Haute" et Molay-Gevry s'implantent à proximité du tracé du Doubs ; par la suite, il semble que les déplacements de ce chenal aient en partie détruit ces sites (Chouquer 1993).

Pour autant, cette implantation préférentielle des *villae* à proximité des cours d'eau importants, patente en Bourgogne et en Allemagne, n'est pas partout la norme. Dans plusieurs régions du nord de la France, les *villae* semblent même absentes ou rares dans les fonds de vallée, comme dans la région d'Amiens où les nombreuses *villae* reconnues par les prospections aériennes et l'archéologie préventive se concentrent plutôt sur les plateaux. On trouve cependant dans les vallées du bassin versant de la Somme des exploitations rurales plus modestes entourées d'enclos (vol. 1, chap. 7, 255). Dans la vallée de la Moselle, en aval de Metz, les très nombreuses opérations d'archéologie préventive réalisées jusqu'à Thionville ont aussi mis au jour des établissements ruraux que l'on qualifiera plus volontiers de ferme que de *villa*. Le seul exemple de *villa* aujourd'hui connu est celui de Haute-Yutz, localisé en rive droite de la Moselle, à environ 500 m du fleuve (Bernigaud *et al.* 2016). Les grandes *villae* semblent donc quasiment absentes dans la vallée fluviale. Celles-ci se concentrent plutôt au sud-est de l'agglomération, de part et d'autre des voies romaines (vol. 1, chap. 12, 558).

L'exploitation des rivières et des milieux alluviaux

Si l'inventaire planimétrique des *villae* est aujourd'hui imposant dans certaines régions comme le Centre-Est de la France (Nouvel 2016), grâce aux nombreuses prospections et vérification sur le terrain, relativement peu d'établissements ont en revanche fait l'objet de fouilles extensives qui nous permettent de documenter l'exploitation des différents milieux, comme les plaines alluviales. Les données de terrain restent encore peu nombreuses, mais il est certain que les aménagements de berges (quais, aire de déchargement), les ponts et les moulins hydrauliques se sont multipliés sur les cours d'eau pendant la période romaine (Brown 1997 ; Leveau 1995 ; Vermeulen 2009). Le Haut-Empire est très certainement une période de forte artificialisation des hydrosystèmes, même si l'on mesure encore mal l'importance et la fréquence des travaux le long des cours d'eau. Dans le nord de la Gaule, les premières traces d'aménagements hydrauliques sont attestées par quelques rares fouilles (Petit 2005 ; Petit *et al.* 2006). À Montaigu-la-Brisette (Manche), l'alimentation des thermes (II^e - IV^e siècle p.C.) entraîne un contrôle hydraulique total du petit cours d'eau voisin, dès lors équipé d'un barrage, d'un moulin et de multiples dérivations (Legailhard & Cavanillas 2011). Dans les *villae* au bord des rivières ou des sources, une activité piscicole peut être identifiée sur quelques sites, par exemple celui de Molesme en Bourgogne (Petit *et al.* 2005). Les premières pêcheries à batardeaux installées en travers des cours d'eau en Gaule du Nord remontent à l'époque romaine à Chelles (Seine-et-Marne) (Lecomte-Schmitt 2009) ou à Saint-Victor/Vaux (Allier) implanté sur un seuil du Cher (Troubat 2016) ; il semble que la pêche en rivière soit en revanche restée pendant la période gallo-romaine une activité marginale, si l'on en croit la rareté des restes ichtyologiques identifiés sur les sites de consommation. On retrouve néanmoins en faible quantité sur certains sites du matériel de pêche (hameçons, lests de filets, etc.) ou encore des nasses en osier. Quelques-unes de ces nasses de la période gallo-romaine ont par exemple été découvertes à l'aval de Chalon-sur-Saône dans un méandre fossile de la rivière (Monthel *et al.* 2000). Plus récemment, une remarquable pêcherie datée du I^{er} siècle p.C. avec plusieurs nasses, a été mise au jour dans la vallée de la Seine à Pont-de-Seine (Champagne-Ardenne), dans les carrières Saint-Christophe¹³.

La mise en valeur des plaines alluviales passe notamment par le creusement de réseaux de drainage qui permet d'assécher les terres les plus humides et ressuyer les champs après les pluies. Dans le sud de la France, les chercheurs se sont beaucoup intéressés à cette question du drainage des terres et de l'assèchement des marais (Leveau 2003). Les Romains ont longtemps été perçus comme d'infatigables terrassiers et de grands dessiccateurs. On s'interroge aujourd'hui sur l'ampleur réelle des travaux de bonification postérieurs à la conquête en Gaule, mais aussi sur ceux qui ont été réalisés dès le second âge du Fer comme par exemple le drainage des terres humides de la Limagne, en Auvergne (Ballut 2001 ; Trément *et al.* 2014). On connaît par exemple, grâce au cadastre B d'Orange, l'existence d'un grand canal de dérivation du Rhône creusé par Quinte Curce qui avait permis de bonifier des terrains humides dans la moyenne vallée du Rhône (Salviat 1986). À l'est d'Arles, une étude palynologique réalisée dans le marais des Baux, en contrebas des célèbres moulins de Barbegal, permet d'envisager une mise en culture des marais pendant le I^{er} s. p.C. (Leveau & Saquet 2000). Un ensemble d'études géoarchéologiques et paléoenvironnementales ont encore permis de mettre en évidence de vastes travaux de bonification des marais de Bourgoin-La Verpillière (Isère), partiellement drainés et mis en culture vers la fin du I^{er} s. p.C. (Bernigaud 2012 ; Bernigaud *et al.* 2014).

13. Données Inrap inédites.

S'il est aujourd'hui bien démontré que les zones humides ont sans doute été largement mises en valeur et cultivées pendant le Haut-Empire en Narbonnaise, grâce au développement des études paléoenvironnementales, de tels travaux ont probablement été aussi menés en Gaule du nord. Les nombreuses opérations d'archéologie préventive réalisées dans la basse plaine de la Bassée (Seine-et-Marne) (vol. 1, chap. 10) mettent régulièrement en évidence des fossés de drainage, souvent difficile à dater, mais dont une partie peut être attribuée avec certitude à la période gallo-romaine. Un peu plus au nord, dans la moyenne vallée de l'Oise, un réseau de fossés gallo-romains disposés en arêtes de poissons a été fouillé de part et d'autre d'un ruisseau, mis au jour à Verberie "La Main Fermée". Celui-ci a permis de drainer à partir de la seconde moitié du 1^{er} s. p.C. des terrains marécageux près de la confluence Oise-Automne, probablement pour les mettre en culture (vol. 1, chap. 8, 322). En Lorraine, les études pédosédimentaires sur plusieurs sites concluent aussi à un assèchement des fonds de vallée pendant la période gallo-romaine (Gebhardt *et al.* 2014). Des travaux de drainage (Saint-Epvre) ou d'empierrement (Haut-Clocher) permettent d'accélérer la mise en valeur des derniers terrains encore humides. À Moyenvic, des labours sont attestés dans un chenal comblé. Par contre, le développement ponctuel de gleys ou de tourbes observé dans certaines vallées secondaires du bassin parisien (Beuvronne, Esche, Serre) pourrait y marquer des perturbations importantes du drainage naturel des terres par les activités ou installations humaines (Pastre *et al.* 2014, 101).

Le plus souvent, les apports sédimentaires ont rendu les sols alluviaux plus légers et plus fertiles, mais la végétation paraît appauvrie, ainsi que les malacocénoses (Granai 2014). Le fait que même des herbes hautes ne se développent pas, suggère une gestion intensive des basses terrasses par les sociétés humaines. Les terrains sont probablement cultivés et chaumés ou intensément pâturés et fauchés pour le fourrage. Le fauchage des prairies pour le fourrage reste difficile à mettre en évidence par les études archéobotaniques, mais la découverte de lames de faux et d'enclumettes sur certains sites atteste de pratiques de fauchages dans des fonds alluviaux, comme en Bassée. En outre, au sein des grands établissements établis sur les sols alluviaux, riches et bien alimentés en eau, vergers et vignobles devaient participer à l'harmonie visuelle des jardins. Les fouilles de ces jardins implantés dans les plaines alluviales restent rares dans le Nord de la Gaule. On dispose encore de peu de données, mais les fonds de vallées humides pouvaient notamment être exploités pour les cultures maraîchères, dont témoignent par exemple les études carpologiques réalisées dans la vallée de l'Oise à Longueil-Sainte-Marie (Marinval *et al.* 2002). On pouvait cultiver dans ces fonds humides des salades, des cucurbitacées (concombre, melon, gourde calebasse) qui nécessitaient de fréquents arrosages. Face à l'importance de la demande de marché concernant les objets en vannerie, on peut supposer que les saulaies qui servaient à produire l'osier devaient être assez développées dans les plaines alluviales et les milieux humides, même si on peine à en évaluer objectivement l'importance.

L'effet des crues exceptionnelles sur les sites alluviaux

Les occupations humaines implantées dans des zones inondables étaient exposées au risque de crues, dont les plus exceptionnelles pouvaient avoir un effet destructeur. D'épais dépôts alluviaux identifiés lors de la fouille de certains sites viennent témoigner de ces grandes crues. Certaines ont été reconnues sur l'agglomération gallo-romaine d'Oedenbourg (Alsace), implantée le long d'un des principaux chenaux du Rhin antique (Ollive *et al.* 2006), et celle de Mathey-Mandeure, le long du Doubs. Sur les sites ruraux, les traces de crues ayant eu un impact sur les installations sont plus rarement mises en évidence par les études géoarchéologiques. Néanmoins, lors de la fouille de la ferme gallo-romaine de Molesme "Sur-les-Creux", un dépôt de crue exceptionnel de la Laigne a été identifiée et daté des années 20 p.C. (Petit *et al.* 2006). Celle-ci a entraîné une modification majeure du paysage alluvial et provoqué l'effondrement du mur de clôture de la ferme, ultérieurement reconstruit et renforcé (Petit *et al.* 2006, fig.11). On ne peut donc pas relier l'abandon de ce site alluvial vers les années 70 p.C. à une crise hydrologique. L'épais dépôt de la Laigne repéré sur le site de Molesme est probablement contemporain d'un autre identifié à Vix, dans la vallée voisine de la Seine. Son analyse géoarchéologique n'a malheureusement pas pu être conduite à son terme pour apporter la preuve de l'exacte contemporanéité de ces deux dépôts¹⁴. On peut cependant supposer que cette crue exceptionnelle a pu atteindre une intensité comparable à la célèbre crue centennale de 1910 qui a inondé Paris. Ses potentiels effets néfastes sur l'économie gallo-romaine restent toutefois difficiles à démontrer. Il est probable que le caractère exceptionnel de certaines crues ait été accentué pendant la période gallo-romaine par la forte anthropisation des bassins versants (construction urbaine,

14. Observations personnelles de F. Cruz et C. Petit.

extension des zones agricoles, déboisement des versants, etc.). On peut signaler aussi que c'est au cours de ce I^{er} s. de notre ère qu'une crue de la Deûle a été enregistrée à Lille, à une date postérieure à 14 p.C. (observation de Deschodt *et al.* 2006).

D'une manière générale, ces quelques exemples témoignent pendant le Haut-Empire d'une forte activité hydro-sédimentaire par ailleurs mise en évidence plus au sud dans le bassin du Rhône, auquel de nombreuses études géoarchéologiques ont été consacrées (Provansal *et al.* 1999). Les fouilles menées à Lyon et à Vienne dans le cadre de différents chantiers urbains ont permis de mettre en évidence des "crues débordantes relativement sérieuses" provoquées par des pulsations climatiques (Bravard 1997). Si ces crues ont bien entendu été occasionnées par des épisodes répétés de pluies intenses ou prolongées, l'importance des dépôts sédimentaires traduit toutefois une érosion qui pourrait être la conséquence de défrichements et d'une mise en valeur agricole accrue des bassins-versants.

Les plaines alluviales au cœur du système agraire.

Les systèmes agraires de Gaule du Nord se sont adaptés à des configurations géographiques diverses construisant une diversité de paysages culturels (Lespez 2012). Les plaines alluviales sont largement occupées et un grand nombre d'établissements des plus luxueux s'y sont implantés, parfois en dépit des risques d'inondation. Les différentes ressources qu'offrent ces milieux alluviaux ont pu être largement exploitées : gestion sélective des ripisylves favorisant probablement le saule, assèchement de marais pour une mise en culture. Plus localement, les modifications de l'hydrographie par l'aménagement des cours d'eau (captage d'eau, retenue, aménagements de canaux, bassins piscicoles, aqueducs) ont modifié l'hydrographie et le fonctionnement écologique de ces zones environnementales sensibles.

LE LITTORAL, UN MILIEU FRAGILE AUX MULTIPLES RESSOURCES (CP, NB, PF, JS)

Le secteur occidental de notre zone d'étude correspond aux côtes normandes, picardes, du Pas-de-Calais, belges, néerlandaises et allemandes. Dès le Mésolithique, les espaces littoraux ont été abondamment fréquentés, exploités et aménagés par les sociétés anciennes (Marchand 2014 ; Dupont & Marchand, 2017) pour de multiples activités : installations portuaires, pêche, collecte de coquillage et exploitations agro-pastorales des terrains littoraux, exploitation du sel, etc. Ces zones sont particulièrement sensibles aux aléas hydro-géomorphologiques¹⁵ à l'origine d'importants changements paléogéographiques¹⁶ et de la destruction d'installations et d'aménagements anthropiques. Les données concernant les estuaires, plus particulièrement à l'époque romaine, sont encore peu nombreuses : le tracé exact du littoral demeure mal connu et les cartes archéologiques restent souvent indigente¹⁷. L'évolution géomorphologique peut cependant être esquissée dans ses grandes lignes afin de mieux saisir la logique d'implantation des occupations gallo-romaines exploitant des ressources variées. Nous discuterons enfin de l'hypothèse du rôle des tempêtes dans la réorganisation territoriale du Bas-Empire dans certains secteurs du littoral.

L'évolution géomorphologique du littoral et des occupations humaines durant l'Antiquité romaine

Le niveau des plus hautes mers de vives eaux (PMVE¹⁸) peut être identifié par les analyses géomorphologiques : il correspond au changement de faciès entre slikke et schorre¹⁹. Après la déglaciation, la remontée du niveau marin²⁰ au cours du Tardiglaciaire et de l'Holocène est globalement connue pour les côtes françaises de la Manche et de la Mer du Nord (Jelgersma 1961 ; Ters 1973 ; Behre 2004). Elle a été progressive, à un rythme qui tend à décroître depuis 9000 ans a.C. jusqu'à aujourd'hui.

15. Remontée du niveau marin, tempêtes, tsunamis.

16. Recul des falaises, atterrissement...

17. On peut cependant signaler les études géoarchéologiques conduites dans le delta Rhin-Meuse.

18. Le niveau des PMVE correspondant au coefficient de marée de 120.

19. La slikke est la vasière inondée à chaque marée, et le schorre est immergé seulement lors des pleines mers de vives eaux, caractérisé par une flore halophyte appréciée des moutons, dit de prés salés.

20. 120 m environ.

Pour la plaine maritime du nord de la France, la vitesse de remontée a été proche de 1 mm/an²¹ ; en revanche, elle n'aurait que de 0,5 mm/an pour l'estuaire de la Seine (Stéphan & Gosselin 2014) comme pour l'ensemble de la Mer du Nord (Jelgersma *et al.* 1979 ; Behre 2004). En baie du Mont-Saint-Michel, cette vitesse de remontée passerait de 60 cm/siècle au Boréal, à 33 cm/siècle durant l'Atlantique puis à seulement 10 cm/siècle au début du Subboréal (Clet 2005). Dès le début de la Tène, le niveau marin a atteint la côte actuelle sur la côte de Normandie ; la mer a ainsi pénétré dans les vallées incisées lors de la dernière glaciation, parfois à plus de 30 km à l'intérieur des terres. Tenant compte des incertitudes de calage chronologique ou d'erreurs de positionnement des données analysées, aucune oscillation du niveau marin relatif n'a été mise en évidence au cours des derniers millénaires (Stéphan & Gosselin, 2014). Les phases régressives et transgressives Dunkerque II et III identifiées aux Pays-Bas (Jelgersma *et al.* 1979) et sur la côte française (Ters 1973), datées respectivement de l'époque antique et médiévale, doivent être remises en cause (Stéphan & Gosselin 2014), même si plusieurs publications récentes y font encore référence (Behre 2004 ; Gandouin *et al.* 2007).

Le long des falaises côtières, l'érosion continue sur plusieurs millénaires a fait disparaître de nombreux sites archéologiques (Letortu *et al.* 2014). Il est probable qu'une partie de l'espace urbain de Dieppe a par exemple aujourd'hui disparu à cause de l'érosion des falaises littorales dont le recul est estimé à 600 m depuis l'Antiquité romaine (Di Méo 2001, 124). L'*Oppidum* de Braquemont/Dieppe "Le Camp de César" a perdu son accès à la mer par une valseuse²² et une grande partie de sa surface suite à l'érosion de la falaise (Beurion & Fajon 1996).

Vers le changement d'ère, se mettent en place des barrières littorales (iles de la barrière de la Frise) en Mer du Nord, devant les marais de Saint-Omer dans le Pas-de-Calais (Gandouin *et al.* 2007) et le long de la plaine picarde (Beun & Broquet 1980 ; Ters *et al.* 1980). Dans les estuaires et les plaines côtières, ce sont les sédiments fins issus des sols transportés en suspension dans les rivières et les fleuves qui vont se déposer dans les côtes abritées de l'action des houles (Poirier *et al.* 2011). Les activités humaines ont certainement favorisé l'engraissement des littoraux par la déforestation des bassins versants et l'érosion provoquée par l'agriculture, l'élevage et l'exploitation minière. Si cet envasement côtier commence dès l'Antiquité sur le pourtour méditerranéen, il semble plus tardif dans le nord de l'Europe de l'ouest (Poirier *et al.* 2011). Sur les côtes de la Manche et de la Mer du Nord, ce colmatage sédimentaire – qui favorise la poldérisation de ces espaces côtiers – est bien mis en évidence dès le Moyen Âge en France (Marais poitevin, Baie du Mont-Saint-Michel, Bas-Champs de Cayeux), aux Pays-Bas et en Saxe (Behre 2004). Il pourrait même avoir débuté dès la fin de l'Antiquité romaine, mais les données demeurent rares et discutables.

Dans la Baie de Seine, à partir de 1100 a.C., les environnements proches du littoral enregistrent toujours des conditions tidales, alors que les environnements plus continentaux indiquent le retour à une sédimentation fluviale détritique et l'édification des plaines alluviales. À partir de l'âge du Fer, les zones tourbeuses de la basse vallée de la Seine sont colmatées par des sédiments détritiques d'origine continentale, hormis le Marais Vernier qui reste protégé des flux alluviaux (Frouin *et al.* 2010). Le tracé antique du littoral (PMVE) est a priori dans une position proche ou équivalente à l'actuelle. Dans la Baie de Seine, la cote de 5 m NGF peut être retenue pour identifier approximativement le niveau de la mer²³. Il faut toutefois tenir compte des remblaiements sédimentaires antiques et postérieurs, qui atteignent près d'un mètre dans les vallées de la Rançon, de la Sainte-Gertrude ou de l'Austreberthe et dont les altitudes actuelles varient de 3 à 6 m. Les cotes des quais antiques connus à Aizier²⁴ et à Rouen²⁵ indiquent un sommet de quai durant le Haut-Empire à plus de 4 m NGF. De grandes *villae* s'installent dans la vallée de la Seine en amont²⁶ et en aval²⁷ de Rouen entre le II^e et le IV^e s. p.C. Les terrains de la basse plaine devaient être mis en culture comme en témoignent divers outils agricoles trouvés dans ces établissements ruraux²⁸.

Sur la côte picarde, comme sur la côte des Flandres, les tourbes littorales riches en saules et aulnes se sont développées jusque vers 300 a.C., avant qu'un système dunaire ne se mette en place vers la fin de l'Empire romain. Les Bas-Champs de

21. De 0,9 mm/an au cours des derniers 5700 ans pour la côte du Nord, 1 mm/an en moyenne pour la côte picarde.

22. Vallée sèche débouchant sur la mer.

23. Données acquises à Caudebec-en-Caux, Yainville et dans le Marais Vernier.

24. Site d'Aizier, Mouchard 2011 et 2013.

25. Fouille du métro – station Théâtre des Arts, Lequoy, 2009, 2004.

26. Les villae d'Aubevoye "Le Chemin Vert", Val de Reuil "Le Chemin des Errants", d'Elbeuf "Le Buquet".

27. Par exemple, villae de la Mailleraye-sur-Seine "Landin" et la "mosaïque", de Maulévrier Sainte-Gertrude, le "Trou à Rouzée".

28. Des serpettes et faucilles ont été mises au jour sur les habitats gallo-romains de Val-de-Reuil et Porte-Joie.

Cayeux²⁹ se sont probablement édifiés depuis l'âge du Fer. Au fur et à mesure de l'avancée vers le nord du cordon de galets, des terrains alors exondés ont pu être exploités pour l'élevage³⁰.

Dans le Calaisis, on identifie plusieurs zones tourbeuses, décrites comme un immense marais par le Panégyrique de 297 (*Panégyriques latins*, 4, 8, 2), où une occupation dense est archéologiquement attestée. Il s'agit notamment de l'agglomération secondaire des Noires-Terres à Ardres (début 1^{er} s. à 269 p.C.) mais également des amas d'os et de tessons et plusieurs ateliers de sauniers (Florent & Cabal 2005), le long des côtes belges et dans le nord de la France, comme en témoignent les découvertes de moules à sel (Van Den Broeke 1996). Il est intéressant de noter qu'aucune monnaie postérieure à 269 (règne de Gallien) n'a été retrouvée dans l'agglomération des Noires-Terres alors qu'elles sont encore nombreuses sur les autres agglomérations voisines, situées hors de l'influence maritime. Il est alors envisageable que cette agglomération ait été abandonnée en raison de sa destruction par des tempêtes.

En Allemagne, sur la côte de Basse Saxe, une importante régression marine survenue peu de temps avant le changement d'ère, a permis la formation d'un sol et le développement d'une occupation humaine de grande envergure dans le district de Clay. À partir du 1^{er} s. p.C., la population locale a construit des habitats surélevés, constituant de véritables tells (Behre 2004) dont on connaît divers exemples qui peuvent être plus anciens le long des côtes de la mer du Nord, comme le célèbre terp d'Ezinge aux Pays-Bas (Broes *et al.* 2012).

Dans le delta du Rhin-Meuse, les récentes synthèses géoarchéologiques montrent que les modèles d'occupation durant le premier millénaire changent localement en fonction des défluviations et des fréquences des crues. La densité d'occupation du delta est la plus importante durant le Haut-Empire puis est divisée par trois durant le Bas-Empire, période durant laquelle la fréquence des crues est plus importante. Cette baisse de densité d'occupation s'explique principalement par l'abandon vers 270 p.C., du *limes* suivant le tracé du Rhin³¹ au profit du bras de la Meuse situé plus au sud, expliquant une forte dépopulation du delta soumis fréquemment aux aléas hydrologiques (Verhagen *et al.* 2016) ; elle ne remontera significativement qu'après 725 p.C. (Pierik & van Lanen 2017).

Les ressources exploitées

L'exploitation de ces marais devait être plus tournée vers l'élevage que la céréaliculture à l'image actuelle des zones marécageuses littorales de Flandre et des côtes basses de la Seine au Pas-de-Calais. Les études bioarchéologiques nous font toutefois encore largement défaut pour préciser les formes d'exploitation de ces biotopes humides.

Depuis la Protohistoire, ces zones côtières ont fait l'objet d'une intense production de sel dans le cadre d'ateliers de "briquetages" connus sur le littoral atlantique (Daire 1994) et le long de la Manche (Thoen 1990 ; Malrain, ce volume, chap. 8). Dans le Calaisis, les fours à sel antiques des Noires-Terres à Ardres s'inscrivent dans cette tradition technique protohistorique. Celle-ci est également observée à Steene, Pitgam et Leffinge. Par contre, dans les régions côtières situées plus au sud, les sauniers privilégient, dès le III^e s. a.C. les fours à grilles, caractéristiques d'un changement d'échelle de la production. À l'époque romaine, la proto-*villa* augustéenne de Conchil-le-Temple a livré une telle structure (Lemaire & Rossignol 1996 ; 1998). Cette activité a atteint un mode de production que l'on peut qualifier d' "industriel" au sein de grandes exploitations agricoles du Haut-Empire. Au vu de l'éloignement de la mer, il est peu probable qu'on y ait stocké une saumure sans traitement préalable. Peut-être une forme de marais salant existait-elle en contrebas du plateau. Les ateliers de sauniers du littoral flamand semblent ne pas avoir subi un bouleversement d'ordre socio-économique comparable, qui aurait pu justifier l'adoption de nouveaux modes de production. Pour l'instant, le seul site de production ayant livré des individus du type *thin-walled orange-red pottery* est Ardres. Cette production était probablement destinée à des marchés lointains, qu'ils soient civils au nord de la Gaule ou militaire sur le *limes* rhénan. L'existence de ce dernier marché est attestée par des inscriptions jumelles trouvées en Italie à Rimini où les *salinatores* de la cité des Morins et de la cité des Ménapiens y remercient le centurion L. Lepidus Proculus, basé à Neuss sur le Rhin de c. 70 à 75 p.C.

29. Zone de schorre.

30. Actuellement, régions réputées pour ses moutons de prés salés.

31. Le limes du haut-Empire suit le tracé du Rhin passant par Utrecht situé au nord du delta.

Les pêcheries de la Manche et de la Mer du Nord étaient peu actives, avec une zone d'exploitation halieutique se limitant aux estuaires et à la côte, comme en témoigne la découverte de restes de poissons plats³² des fonds vaseux ou sableux, pêchés dans les estuaires ou en mer peu profondes (Oueslati 2013 ; Clavel & Lepetz 2014) et sur la côte atlantique (Borvon 2017). Les poissons frais sont retrouvés dans les villes (Amiens, Arras) parfois éloignées de plus de 80 km du littoral. Sur les sites urbains de l'ensemble de la Gaule, ils sont commercialisés sous d'autres formes : salaisons, poissons séchés, *garum*. La production de ce dernier est même maintenant attestée sur les côtes belges³³ et anglaises à une période où le commerce à longue distance venu de Méditerranée semble s'essouffler (Van Neer *et al.* 2010 ; Clavel & Lepetz 2014). Sur les sites ruraux normands, les petits paysans semblent privilégier la consommation de poissons d'eau douce à ceux de la mer, bien que de nombreux fruits de mer y soient retrouvés, principalement des huîtres et des moules³⁴. Cette activité de récoltes a probablement été pratiquée sur les littoraux du nord de la Gaule. Les huîtres romaines après une étape dite de trompage³⁵, peuvent voyager plusieurs semaines. Elles constituent de bons marqueurs d'axe de circulation et de diffusion des fruits de mer dans l'intérieur des terres. Elles sont retrouvées sur des *villae*, très éloignées du littoral puisqu'on en retrouve jusqu'en Bourgogne³⁶, ligne de partage des eaux entre Manche et Méditerranée, alors qu'elles ne sont présentes que sur les sites côtiers pour l'époque laténienne (Bardot-Cambot 2013, 32).

Le développement de la batellerie le long du littoral nécessite un artisanat textile spécifique. Si la présence du lin est attestée sur les sites côtiers des Pays-Bas, ses traces sur le littoral français restent rares, bien qu'attestées dès le Néolithique final dans le marais de la Deûle (Pas-de-Calais) (Martial 2008). Pour l'époque antique, la documentation archéologique fait défaut (Zech-Matterne *et al.* 2008), bien que la culture du lin soit mentionnée pour la fabrication de voiles de bateaux par Pline (*Nat.* 18, 2, 1) chez les Calètes et les Morins. Sa culture aurait donc pu être favorisée par les peuples littoraux comme cela était encore le cas sur les côtes du Pays de Caux au XIX^e s., où l'on utilisait toujours dans la fabrication des bateaux (Joanne 1873, 36-38). À noter que de grands métiers à tisser verticaux gaulois sont attestés en Pays de Caux³⁷, ainsi que la présence probable de grands bassins destinés au foulage identifié dans la vallée de Lillebonne (Rogeret 1997, 349) Il est possible que la culture du lin sur le littoral du Pays de Caux, actuellement première région productrice mondiale, remonte à l'Antiquité, où elle était déjà renommée dans la fabrication de bateaux.

Quel est le rôle des tempêtes sur la restructuration du littoral au Bas-Empire ?

Dans ce contexte de colmatage des estuaires avec un niveau marin quasi constant depuis cinq mille ans, les tempêtes ont remodelé cet environnement fragile exploité par les sociétés antiques. Les études récentes sur l'évolution holocène des prismes côtiers montrent que les fluctuations millénaires³⁸ ont un impact majeur sur la sédimentation littorale (Billeaud *et al.* 2009). Reconnues à l'échelle de l'Atlantique Nord, ces fluctuations se caractérisent par des crises climatiques marquées par un refroidissement général et une intensification des tempêtes. Ces crises durent quelques siècles et se succèdent tous les 1500 ans. De nombreux exemples le long des côtes européennes (Sorrel *et al.* 2012) montrent qu'au cours de ces crises climatiques, des mouvements sédimentaires intenses se produisent sur les littoraux et sont à l'origine de bouleversements profonds et durables des paysages, matérialisés notamment par la destruction et/ou la submersion des barrières littorales (Billeaud *et al.* 2009). À l'échelle pluri-annuelle à pluri-décennale, la NAO³⁹ module l'impact des houles en contrôlant l'intensité et la fréquence des

32. Pleuronectidés dont le carrelet.

33. Site de Tirelemont, Belgique.

34. Site d'Orival "Grésil" (Seine-Maritime) (Spiesser 2014, 96).

35. Cette méthode, connue au moins dès l'Antiquité, permet à l'huître de s'habituer à vivre hors de l'eau ; sa coquille va se durcir et raffermir le muscle, pour devenir une huître de garde qui peut voyager.

36. Plusieurs sites illustrent ce propos. Des huîtres sont attestés dans les niveaux datés du milieu du I^{er} siècle p.C sur l'établissement rural de Molesme "Sur-les-Creux" (Côte-d'Or) situé en pays Lingon, en contrebas de l'agglomération de Vertillum en pays éduens à Autun (Rebourg 1993). On peut également mentionner la présence d'huîtres sur le site antique de Vieville "Les haies de Buxières" (Haute-Marne) (Bardot 2003, p. 249).

37. Sites gaulois de la "RN15" à Saint-Aubin de Routot et de "l'A150" à Motteville ont chacun livré des très nombreux pesons.

38. Événement de Bond.

39. L'oscillation nord-atlantique (sigle anglais NAO) décrit les variations du régime océan-atmosphère du nord de l'Océan Atlantique et se mesure généralement comme la différence de pression atmosphérique entre l'Anticyclone des Açores et la dépression d'Islande.

tempêtes. Par contre, aucun effet destructeur lié à des tsunamis historiques n'a été reconnu sur cette partie des côtes françaises à l'exception de celui⁴⁰ de 1865 en Baie de Seine.

Pour les périodes néolithique et protohistorique, il a été démontré dans le golfe du Morbihan, que des événements de plus forte énergie de type tempête, combinés à des périodes d'accélération de la remontée du niveau marin, semblent coïncider avec des changements culturels majeurs (Baltzer *et al.* 2015). Au cours du Bas-Empire, des modifications géomorphologiques d'ampleur ont été repérées sur les côtes de la Manche et de la Mer du Nord : surcotes marines liées à des tempêtes et installations de nouveaux massifs dunaires. Le haut niveau marin appelé Dunkerque II⁴¹ ne correspond pas à une longue période de transgression mais résulte probablement d'inondations post-tempête (Stéphan & Gosselin, 2014). Dans tous les cas, cet espace littoral a subi des transformations géomorphologiques profondes durant le Bas-Empire expliquant des modifications importantes de la plaine des Flandres. Le site de Cassel, chef-lieu de la cité des Ménapiens, commercialise du sel issu des salines de la côte⁴², du Calaisis à la frontière belge. L'abandon durant le II^e s. p.C. de la ville de Cassel, est probablement lié à la fermeture des salines côtières (Loridant 2004, 78), mais cette question reste débattue. En effet, sur la côte belge vers Ostende, l'apparent abandon des sites littoraux ne peut pas être clairement expliqué par des récurrences de tempêtes comme cela avait été généralement proposé ; il reflète probablement plus un changement dans la gestion de ces espaces entre l'époque antique et le Haut Moyen Âge.

CONCLUSION

Ce premier état des lieux archéologiques rend bien compte du fait que les zones humides, fluviales ou littorales font partie intégrante de l'économie romaine du Nord-Est de la Gaule. Les fouilles préventives et les quelques fouilles programmées en complément de l'inventaire des prospections aériennes montrent que les rivières et les plaines alluviales le plus souvent aménagées et exploitées, sont très fréquemment au cœur des terroirs exploités.

Au cours de l'Antiquité, la métamorphose des zones humides, alluviales et maritimes, se traduit par l'assèchement lié à l'arrivée massive de colluvions engendrées par la mise en culture généralisée des terroirs. Ces conditions environnementales ont favorisé l'implantation et l'exploitation de ces milieux fluviaux. De nombreux établissements des plus luxueux s'y sont implantés, en dépit d'un risque fluvial toujours présent. Ils ont largement bénéficié de la présence de la rivière et des nombreuses ressources des plaines alluviales. Les forêts alluviales ont très tôt été exploitées pour le bois de construction, de chauffe ou encore comme ressource fourragère. La gestion plus ou moins sélective des ripisylves a pu transformer leur composition écologique, favorisant certaines espèces végétales au détriment d'autres. Le fonctionnement écologique de ces zones sensibles a été encore plus drastiquement modifié par l'aménagement des cours d'eau et l'artificialisation du réseau hydrographique pendant la période romaine et peut-être même antérieurement pendant les âges du Fer⁴³. La création de réseaux de drainage a permis de gagner des terres cultivables dans les plaines alluviales, permettant sans doute une colonisation accrue de ces milieux durant l'Antiquité romaine, avec toutefois pour conséquence une plus grande exposition au risque fluvial. Les recherches géoarchéologiques montrent que les risques d'inondations fluviales ou littorales existaient, détruisant parfois certaines structures ou sites implantées en plaine ; cependant, ces risques environnementaux semblent limités et il semble qu'il faille interpréter l'abandon de certaines zones côtières comme le résultat de réorganisations territoriales politiques et non d'une réponse à l'augmentation des fréquences des tempêtes.

40. Tsunami du 25 sept. 1865, Le Havre (<http://tsunamis.brgm.fr/>).

41. Ter (1976) définit ce haut niveau marin romain.

42. À Pitgam, Looberghe, Capellebrouck.

43. Captages d'eau, retenues, aménagements de canaux, bassins piscicoles, aqueducs...

Références bibliographiques

- Ballut, C. (2001) : "Evolution géomorphologique et hydrologique dans les marais de Limagne au cours de la seconde moitié de l'Holocène (Massif central, France)", *Quaternaire*, 12-1-2, 43-51.
- Balmelle, C. (2001) : *Les demeures aristocratiques d'Aquitaine : sociétés et culture de l'Antiquité tardive dans le sud-ouest de la Gaule*, Bordeaux.
- Baltzer, A., S. Cassen, A.-V. Walter-Simonnet, H. Clouet, A. Lorin et B. Tessier (2015) : "Variations du niveau marin Holocène en Baie de Quiberon (Bretagne sud) : marqueurs archéologiques et sédimentologiques", *Quaternaire*, 26/2, 105-115.
- Bardot, A. (2003) : *Les coquillages en Gaule romaine. Étude régionale : les sites de Bourgogne et Franche-Comté. Provenance et usages*, Mémoire de Maîtrise, Université de Franche-Comté, Besançon.
- Bardot-Cambot, A. (2013) : *Les coquillages marins en Gaule romaine. Approche socio-économique et socio-culturelle*, BAR Int. Ser. 2481, Oxford.
- Behre, K.E. (2004) : "Coastal development, sea-level change and settlement history during the later Holocene in the Clay District of Lower Saxony (Niedersachsen), northern Germany", *Quaternary International*, 112, 37-53.
- Berger, J.-F., F. Bertoucello, F. Braemer, G. Davtian, M. Gazebeek, dir. (2005) : *Temps et espaces de l'homme en société. Analyses et modèles spatiaux en archéologie*, Actes des XXV^e rencontres internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, 21-23 oct. 2004, Sophia-Antipolis.
- Bernigaud, N. (2012) : *Les anthrosystèmes des marais de Bourgoin-La-Verpillière (Isère) du néolithique final à l'antiquité tardive (3000 av. J.-C. - 600 ap. J.-C. : archéologie du paysage et de l'environnement*, thèse de doctorat inédite, Université de Nice-Sophia Antipolis, Nice.
- Bernigaud, N., J.-F. Berger, L. Bouby, C. Delhon et C. Latour-Argant (2014) : "Ancient canals in the valley of Bourgoin-La-Verpillière (France, Isère): morphological and geoarchaeological studies of irrigation systems from the Iron Age to the Early Middle Ages (8th century BC-6th century AD)", *Water History*, 6, 73-93.
- Bernigaud, N., P. Ouzoulias, S. Lepetz, J. Wiethold, V. Zech-Matterne, J.-M. Séguier et M. Reddé (2016) : "Exploitations agricoles et pratiques agropastorales dans les campagnes du nord-est de la Gaule (I^{er} s. av J.-C. - V^e s. ap. J.-C.) : l'apport des données de l'archéologie préventive d'Île-de-France et de Lorraine", in : Reddé, éd. 2016, 65-139.
- Berti, L., C. Petit et P. Wahlen (1998) : *Molesme en vallée de Laigne, Histoire et environnement d'un terroir entre Bourgogne et Champagne*. Molesme.
- Bertoucello, F. et F. Braemer, dir. (2012), *Variabilités environnementales, mutations sociales : nature, intensités, échelles et temporalités des changements*, Actes des XXXII^e rencontres internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, Sophia-Antipolis.
- Bertoucello, F. et M. Gazebeek (1997), "Dynamique du peuplement en moyenne montagne : le massif des Maures (Var) entre le deuxième Âge du Fer et la fin de l'Antiquité", in : Burnouf et al., éd. 1997, 601-620.
- Beun, N. et P. Broquet (1980) : "Tectonique quaternaire (Holocène ?) dans la plaine littorale picarde des Bas-Champs de Cayeux et de leurs abords orientaux", *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, 17,1-2, 47-52.
- Beurion, C. et P. Fajon (1996) : "Bracquemont / Dieppe, Le Camp de César ou Cité de Limes", *Bilan scientifique régional 1996*, Rouen.
- Billeaud, I., B. Tessier et P. Lesueur (2009) : "Impacts of Late Holocene rapid climate changes as recorded in a macrotidal coastal setting (Mont-Saint-Michel Bay, France)", *Geology*, 37, 1031-1034.
- Bravard, J.-P. (1997) : "Géo-archéologie des vallées alluviales de Rhône-Alpes depuis le Tardiglaciaire", in : Bravard & Prestreau, éd. 1997, 129-150.
- Bravard, J.-P. et M. Prestreau, éd. (1997) : *Dynamique du paysage. Entretiens de géoarchéologie. Table ronde tenue à Lyon les 17 et 18 novembre 1997*, Lyon.
- Bravard, J.-P. et M. Magny (2002) : *Les fleuves ont une histoire : Paléoenvironnement des rivières et des lacs français depuis 15 000 ans*, Paris.
- Brokewitsch, G., S. Marquié, G. Daoulas, R. De Oliveira, G. Jouanin, N. Garnier, M. Brunet, S. Sedlbauer, W. Tegel, N. Cantin et V. Thirion-Merle (2014) : "La villa gallo-romaine de Grigy à Metz (I^{er} s. apr. J.-C.-V^e s. apr. J.-C.) : Caractérisation fonctionnelle des structures et identification des activités artisanales", *Gallia*, 71, 2, 261-305.
- Brokewitch G., S. Sedlbauer, W. Tegel, A. Morel et M. Brunet (2017) : "Les structures artisanales de la villa de 'Grigy' à Metz (Moselle) : apport de l'analyse morphologique des équipements et de l'étude du mobilier métallique à la caractérisation fonctionnelle des structures artisanales de la pars rustica", in : Trément, éd. 2017, 731-755.

- Broes, F., V. Clavel, W. de Clercq, V. Rouppert et J. Vanmoerkerke (2012) : "A la recherche de espaces de stabulation : étude pluridisciplinaire d'habitats du Néolithique au Moyen Age dans le nord de la France", *Archéopages*, 35, 6-15.
- Brown, A.G., (1997) : *Alluvial geoarchaeology, floodplain archaeology and environmental change*, Cambridge.
- Burnouf, J., J.-P. Bravard et G. Chouquer, éd. (1997) : *La dynamique des paysages protohistoriques, antiques, médiévaux et modernes, XVII^e Rencontres internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes*, Sophia-Antipolis.
- Burnouf, J., et P. Leveau (2004) : *Fleuves et marais, une histoire au croisement de la nature et de la culture*, Paris.
- Carcaud, N. et G. Arnaud-Fassetta, dir. (2014) : *La géoarchéologie française au XXI^e siècle*, Paris.
- Chouquer, G. (1993) : *Entre Bourgogne et Franche-Comté. Histoire d'un paysage de l'époque gauloise à nos jours*, Paris.
- Clavel, B. et S. Lepetz (2014) : "La consommation des poissons en France du nord à la période romaine. Marqueur socioculturel et artefacts taphonomiques", in : Deru & Gonzalez Villaescusa, éd. 2014, 93-108.
- Clet, M. (2005) : "L'holocène : généralités et évolution de la végétation en Normandie", in : *Une journée Holocène, un point sur les recherches réalisées sur l'Holocène*, Caen-Rouen.
- Daire, M.-Y., C. Bizien-Jaglin, J.-H. Clément, P. Gouletquer, D. Kleinmann, M. Langouët et O. Weller (1994) : *Le sel gaulois. Bouilleurs de sel et atelier de briquetages armoricains à l'âge du Fer*, Saint-Malo.
- Daire, M.-Y., C. Dupont, A. Baudry, C. Billard, J.-M. Large, L. Lespez, E. Normand et C. Scarre, éd. (2013) : *Anciens peuplements littoraux et relation Homme/Milieu sur les côtes de l'Europe atlantique*, Oxford.
- Delor, J.-P. (2002) : *L'Yonne*, CAG 89/2, Paris.
- Deru, X. et R. Gonzalez Villaescusa, éd. (2014) : *Consommer dans les campagnes de la Gaule Romaine, Actes du X^e congrès de l'Association AGER*, Lille.
- Deschodt, L., M. Boulen, C. Cercy et N. Dessaux (2006) : "Nouvelles données archéologiques sur la Deûle lilloise : d'une crise érosive du II^e s. ap. J.-C. à l'urbanisation du lit mineur", *Revue du Nord*, 368, 8-31.
- Di Méo, G. (2001) : *Géographie sociale et territoires*, Paris.
- Dumasy, F. et F. Querel, éd. (2009) : *Archéologie et environnement dans la Méditerranée antique*, Paris,
- Dupont, C. et G. Marchand (2016) : *Archéologie des chasseurs-cueilleurs maritimes : de la fonction des habitats à l'organisation de l'espace littoral, Actes de la séance de la Société Préhistorique Française de Rennes, 10-11 avril 2014*, Paris.
- Duvette, L. (2017) : "Chapitre 9, la vallée de l'Aisne", in : Reddé, éd. 2017, 353-388.
- Ferdière, A., C. Gandini, P. Nouvel et J.-L. Collart (2010) : "Les grandes villae 'à pavillons multiples alignés' dans les provinces des Gaules et des Germanies : répartition, origine et fonctions", *RAE*, 59-2, 357-446.
- Florent, G. et M. Cabal (2004) : "La céramique gallo-romaine d'Ardres (Pas-de-Calais)", *Revue du Nord*, 358, 53-111
- Frouin, M., D. Sebag, A. Durand et B. Laignel (2010) : "Palaeoenvironmental evolution of the Seine River estuary during the Holocene", *Quaternaire*, 21, 1, 71-83.
- Gandouin, E., B. Van Vliet-Lanoe, E. Franquet, V. Andrieu-Ponel, D.H. Keen, P. Ponel, M. Meurisse, J. Bruhlet et M. Brocandel (2007) : "Analyse en haute résolution de l'enregistrement de la transgression holocène dans un secteur subsident du littoral français : le bassin-marais de Saint-Omer (Pas-de-Calais, France)", *Géologie de la France*, 1, 11-32.
- Gebhardt, A., S. Occhietti et K. Fechner (2014) : "Grandes phases de pédogenèse, d'érosion et d'anthropisation des sols au cours de la seconde moitié de l'Holocène en Lorraine. Soil anthropisation during the second half of the Holocene (Eastern France)", *ArcheoSciences* 38, 7-29.
- Granai, S. (2014) : *L'anthropisation des milieux du Néolithique à l'âge du Fer dans le bassin de la Seine enregistrée par les malacofaunes continentales*, thèse de doctorat, Université de Paris I Panthéon-Sorbonne.
- Guilaine, J., dir. (1976) : *La Préhistoire française, Tome 2, civilisations néolithiques et protohistoriques*, Paris.
- Jelgersma, S. (1961) : *Holocene Sea Level Changes in the Netherlands*, Maatschappij.
- Jelgersma, S., E. Oele et A.J. Wiggers (1979) : "Depositional history and coastal development in The Netherlands and the adjacent North Sea since the Eemian", in : Oele *et al.*, éd. 1979, 115-142.
- Joanne, A. (1873) : *Géographie de la Seine-Inférieure*, Paris.
- Lecomte-Schmitt, B. (2009) : "Pêche en milieu fluvial : deux sites sur la Seine et la Marne utilisés du Néolithique au Moyen Âge", *Archéopages*, 26, 32-33.
- Le Gaillard, L., J. Cavanillas et A. Beauchamp (2015) : "Un aménagement de ruisseau dans l'agglomération antique de Montaignu-la-Brisette : apport de l'analyse micromorphologique", *Aquitania*, 33, 319-326.
- Le Jeune, Y., C. Leroyer et J.-F. Pastre (2012) : "L'évolution holocène de la basse vallée de la Marne (Bassin parisien, France) entre influences climatiques et anthropiques", *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 4, 459-476.
- Lequoy, M.-C. (2004) : *Rouen*, CAG 76/2, Paris.
- Lemaire, F. et P. Rossignol (1996) : "Un exemple exceptionnel d'établissement agricole romain précoce à Conchil-le-Temple 'le Fond de la Commanderie' (Pas-de-Calais). Résultats préliminaires", *RAPic N° spécial* 11, 185-202.

- Lemaire, F. et P. Rossignol (1998) : "La céramique de La Tène et du début de l'époque gallo-romaine de Conchil-le-Temple (Pas-de-Calais)", *Nord-Ouest Archéologie*, 9, 59-76.
- Leveau, P. (1995) : "Les moulins de Barbegal, les ponts-aqueducs du vallon des Arcs et l'histoire naturelle de la vallée des Baux (bilan de six ans de fouilles programmées)", *Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, 139-1, 115-144.
- Leveau, P. (2004) : "Le Rhône et les Romains, 'terrassiers infatigables, hydrauliciens habiles'. La géoarchéologie et le renouvellement d'un paradigme", in : Burnouf & Leveau, éd. 2004, 85-92.
- Lequoy, M.-C. (2009) : "Rouen : Le port de la ville antique de Rouen", *L'Archéologie*, 102, 28-29.
- Lespez, L., éd. (2012) : *Paysages et gestion de l'eau – Sept millénaires d'histoires de vallées et de plaines littorales en Basse-Normandie*, Caen.
- Lespez, L. (2012) : "Le temps des paysages, de l'environnement et des plaines littorales bas-normandes", in : Lespez, éd. 2012, 199-234.
- Letortu, P., S. Costa, A. Bensaid, J.-M. Cador et H. Quénot (2014) : "Vitesses et modalités de recul des falaises crayeuses de Haute-Normandie (France) : méthodologie et variabilité du recul", *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 20, 2, 2014, 133-144.
- Leveau, P. et J.-P. Saquet, dir. (2000) : *Milieu et sociétés dans la vallée des Baux, Etudes présentées au Colloque de Mourès (11-12 mai 1996)*, Montpellier.
- Loridant, F. (2004) : "Décadence urbaine et Antiquité tardive à *Bagacum* et dans la *civitas camaracensium*", *RACF*, 25, 75-82.
- Marchand, G. (2014) : *Préhistoire atlantique : fonctionnement et évolution des sociétés, du Paléolithique au Néolithique*, Arles.
- Marinval, P., D. Maréchal et D. Labadie (2002) : "Arbres fruitiers et cultures jardinées gallo-romains à Longueil-Sainte-Marie (Oise)", *Gallia*, 59, 253-271.
- Martial, E. (2008) : "Exploitation des végétaux et artisanat textile au Néolithique final sur les sites de la vallée de la Deûle (Nord-Pas-de-Calais)", *Les Nouvelles de l'archéologie*, 33-41.
- Monthel, G., N. Blanc et F. Gury (2000) "Les vanneries gallo-romaines du Petit-Creusot à Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire)", *Gallia*, 57, 159-180.
- Mouchard, J. (2011) : "Aizier (Eure), géoarchéologie d'un paléoport estuarien", *Journées archéologiques de Haute-Normandie*, Rouen et Havre, 209-218.
- Mouchard, J. (2013) : "Le port romain d'Aizier (Eure) : principaux résultats de la campagne 2011", *Journées archéologiques de Haute-Normandie*, Rouen et Havre, 93-102.
- Nouvel, P. (2016) : *Entre ville et campagne. Formes de l'occupation et élites gallo-romaines dans le Centre-est de la Gaule: Apport de 20 années de prospections et de fouilles archéologiques*, mémoire de HDR, Vol. 3, Université de Franche-Comté, Besançon.
- Nouvel, P. (2017), "Chapitre 14, Le Centre-Est de la France", in : Reddé, éd. 2017, 683-732.
- Oele, E., R. T. E. Schüttenhelm et A.J. Wiggers, éd. (1979) : *The Quaternary history of the North Sea*, Uppsala.
- Ollive, V., C. Petit, J.-P. Garcia et M. Reddé (2006) : "Rhine flood deposits recorded in the Gallo-Roman site of Oedenburg (Haut-Rhin, France)", *Quaternary International*, 150, 28-40.
- Oueslati, T. (2013) : "Analyse ichtyoarchéologique de la place du poisson de mer dans les pratiques alimentaires romaines du Nord de la France", in : Daire *et al.*, éd. 2013, 535- 544.
- Pastre, J.-F., C. Leroyer, N. Limondin-Lozouet, P. Antoine, C. Chaussé, A. Gauthier, S. Granai, Y. Le Jeune et P. Wuscher (2014) : "L'Holocène du Bassin parisien (France). Apports de l'étude géoécologique et géoarchéologique des fonds de vallée", in : Carcaud & Arnaud-Fassetta, éd. 2014, 89-106.
- Petit, C., dir. (2005) : *Occupation et gestion des plaines alluviales dans le Nord de la France de l'âge du Fer à l'époque gallo-romaine, Actes de la table-ronde tenue à Molesme, 17-19 septembre 1999*, Besançon.
- Petit, J.-P. (2005) : *Bliesbruck-Reinheim : Celtes et Gallo-romains en Moselle et en Sarre*, Paris.
- Petit, C., C. Camerlynck, E. Deweirdt, C. Durllet, J.-P. Garcia, E. Gauthier, V. Ollive, H. Richard et P. Wahlen (2006) : "Géoarchéologie du site antique de Molesme en vallée de Laignes (Côte-d'Or) : mise en évidence de l'impact anthropique sur la sédimentation alluviale", *Gallia*, 63, 263-281.
- Petit, C., P. Wahlen, J. Arrignon (2005) : "Le bassin gallo-romain de Molesme (Côte-d'Or) : questions et perspectives de recherche sur les viviers antiques d'eau douce", in : Petit, éd. 2005, 47-62.
- Peytremann, E., dir. (2016) : *Des fleuves et des hommes à l'époque mérovingienne, Actes des 33^e journées internationales d'archéologie mérovingienne, 28-30 septembre 2012, Strasbourg*, Dijon.
- Pierik, H.J. et R. J. van Lanen, (2017) : "Roman and early-medieval habitation patterns in a delta landscape : The link between settlement elevation and landscape dynamics", *Quaternary International*, 1-14.
- Poirier, C., E. Chaumillon et F. Arnaud (2011) : "Siltation of river-influenced coastal environments : respective impact of late Holocene land use and high-frequency climate changes", *Marine Geology*, 290 (1-4), 51-62.
- Provansal, M., J.-F. Berger, J.-P. Bravard, P.-G. Salvador, G. Arnaud-Fassetta, H. Bruneton et A. Vero-Bourrely (1999) : "Le régime du Rhône dans l'Antiquité et au haut Moyen Âge", *Gallia*, 56, 1-32.
- Rebourg, A. (1993) : *Autun*, CAG 71-1, Paris.

- Reddé, M., éd. (2016) : *Méthodes d'analyse des différents paysages ruraux dans le nord-est de la Gaule romaine* [En ligne], mis en ligne le 13 janvier 2016, consulté le 11 février 2017. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253470>
- Rogeret, I. (1997) : *La Seine-Maritime*, CAG 76, Paris.
- Salviat, F. (1986) : “Quinte Curce, les insulae Furianae, la fossa Augusta et la localisation du cadastre C d’Orange”, *RAN*, 19, 101-116.
- Sordoillet, D., L. Joan et O. Girardclos (2013) : “La basse vallée de l’Ognon (Doubs et Jura, France) de l’Antiquité au Moyen Âge Dynamique sédimentaire et dynamique du peuplement”, in : Bertoncello & Braemer, dir. 2012, 93-99.
- Sorrel, P., M. Debret, A. Billeaud, S.L. Jaccard, J.F. McManus et B. Tessier (2012) : “Persistent non-solar forcing of Holocene storm dynamics in coastal sedimentary archives”, *Nature Geoscience*, 5, 12, 892-896.
- Spiesser, J. (2014) : *La villa gallo-romaine du “Grésil” (76)*, Rapport intermédiaire de fouille programmée, SRA Rouen.
- Stéphan, P. et J. Goslin (2014) : “Évolution du niveau marin relatif à l’Holocène le long des côtes françaises de l’Atlantique et de la Manche : réactualisation des données par la méthode des ‘sea-level index points’”, *Quaternaire*, 25, 4, 295-312.
- Ters, M. (1973) : “Les variations du niveau marin depuis 10 000 ans, le long du littoral atlantique français”, in : *Le Quaternaire : géodynamique, stratigraphie et environnement : travaux français récents. 9^e congrès international de l’INQUA*, Paris, 114-135.
- Ters, M. (1976) : “Les lignes de rivage holocène, le long de la côte atlantique française”, in : Guilaine, dir. 1976, 27-30.
- Ters, M., G. Delibrias, M. Denèfle, A. Rouvillois et A. Fleur (1980) : “Sur l’évolution géodynamique du Marquenterre (Basse-Somme) à l’Holocène et durant le Weichsélien ancien”, *Bulletin de l’Association française pour l’étude du quaternaire*, 17,1-2, 11-23.
- Thoen, H. (1990) : “La production du sel à l’époque celtique”, in : *Les Celtes en France du Nord et en Belgique, VI^e-I^{er} siècle avant J.-C.*, Crédit Communal éd., 56-60.
- Trément, F., éd., avec la collab. d’A. Ferdière, P. Leveau et F. Réchin (2017) : *Produire, Transformer et stocker dans les campagnes des Gaules Romaines. Problèmes d’interprétation fonctionnelle et économique des bâtiments d’exploitation et des structures de production agro-pastorale, Actes du XI^e colloque de l’Association d’étude du monde rural gallo-romain, Clermont-Ferrand, 11-13 juin 2014*, Bordeaux.
- Trément, F., J. Argant, J.-G. Bréheret, M. Cabanis, B. Dousteysier, A. Fourmont, G. Fournier, J.-A. Lopez-Saez, J.-J. Macaire, B. Prat et G. Vernet (2005) : “Paysages et peuplement dans le bassin de Sarliève du Néolithique au Moyen Âge (Puy-de-Dôme, France). Éléments pour un nouveau modèle socio-environnemental”, in : Berger *et al.*, dir. 2005, 485-498.
- Troubat, O. (2016) : “Pêcheries fixes du I^{er} au VII^e siècle dans le lit du Cher à Saint-Victor et Vaux (Allier)”, in : Peytremann, dir. 2016, 119-130.
- Van den Broeke, P.W. (1996) : “Southern Sea Salt in the Low Countries: A Reconnaissance into the Land of the Morini”, *Acta Archeologica Lovaniensia, Monographiae*, 8, 193-205.
- Van Neer, W., A. Ervynck et P. Monsieur (2010) : “Fish bones and amphorae : evidence for the production and consumption of salted fish products outside the Mediterranean region”, *Journal of Roman Archaeology*, 23, 161-195.
- Verhagen, P., I. Vossen, M. R. Groenhuijzen et J. Joyce (2016) : “Now you see them, now you don’t: defining and using a flexible chronology of sites for spatial analysis of Roman settlement in the Dutch river area”, *Journal of Archaeological Science : Reports*, 10, 309-321.
- Vermeersch, D. (1981) : “Le site archéologique du Marais de Famechon (Somme). Bilan provisoire”, *RAPic*, 8, 147-156.
- Vermeulen, F. (2009) : “Prospection géo-archéologique dans la vallée de la Potenza (Les Marches, Italie) : évolution d’un paysage adriatique dans l’Antiquité”, in : Dumasy & Querel, éd. 2009, 81-93.
- Zech-Matterne, V., M. Derreumaux et S. Preiss (2008) : “Production et utilisation des plantes ‘techniques’, de l’âge du Bronze à l’époque médiévale en France du Nord”, *Les nouvelles de l’archéologie*, 114, 9-17.

À la recherche des crises de mortalité animale et humaine en Gaule du Nord durant l'Antiquité

Annelise Binois, Christophe Petit, Benoît Rossignol

Le mode d'exploitation des espaces ruraux est essentiellement soumis à l'influence des facteurs climatiques, géographiques et géologiques (ce volume, chap. 1). Si ces trois facteurs naturels jouent un rôle prépondérant dans le développement économique des sociétés, d'autres facteurs naturels sont également à même d'exercer une influence significative, quoique plus limitée, sur la production agricole. Il s'agit notamment du facteur microbiologique et, plus spécifiquement, des organismes pathogènes : la pathocénose locale est partie prenante de la démographie des populations tant humaines qu'animales, et les crises de mortalité épidémiques et épizootiques¹ peuvent apporter un sérieux frein au développement des sociétés.

Si la recherche historique s'est intéressée de longue date aux crises de mortalité humaine, elle ne s'est que récemment tournée vers l'étude des pandémies animales, longtemps considérées d'importance négligeable. Le sujet fait toutefois l'objet d'un regain d'intérêt récent, et l'histoire des deux types de crises de mortalité commence à être relativement bien documentée, du moins à partir de la période médiévale.

Le développement économique de la Gaule durant l'Antiquité a pu être interrompu ou freiné par des épidémies humaines entraînant des crises démographiques ou par des épizooties, affectant les cheptels d'animaux domestiques. En complément des attestations textuelles des pandémies, les témoignages archéologiques de ces crises, qu'elles soient humaines ou animales, sont en revanche assez rares, et la mise en évidence archéologique de mortalités de masse n'en est qu'à ses débuts (Castex 2007; Binois 2017).

CRISES DE MORTALITÉ ANIMALE (AB, CP)

Les crises de mortalité animale, et plus particulièrement les épizooties, ont affecté les troupeaux depuis les origines de la domestication animale et sont attestées dans les sources écrites depuis le début du second millénaire avant notre ère (Binois 2017). Leur impact sur les sociétés agro-pastorales anciennes pouvait être majeur : une mortalité massive de bétail, en particulier de bovins, privait leurs propriétaires d'un capital, d'un revenu et d'une ressource alimentaire, et pouvait à plus grande échelle compromettre gravement la mise en culture et la production céréalière de régions entières. C'est ainsi qu'une crise de mortalité animale pouvait engendrer une crise de subsistance à grande échelle et conduire rapidement à une crise sanitaire, économique et sociale.

Ces crises n'épargnaient pas le cheptel romain, comme en témoignent de multiples écrits agronomiques, vétérinaires, et historiques (ce volume, chap. 1, fig. 27e). Les maladies contagieuses du bétail y figurent comme des occurrences à la fois graves et courantes : Virgile écrit ainsi que les épidémies emportant des troupeaux entiers sont plus fréquentes sur le bétail

1. L'épizootie est l'équivalent animal de l'épidémie, c'est-à-dire le développement et la propagation rapide d'une maladie dans une population animale donnée, frappant brutalement une région définie sur une période de temps limitée.

que les tempêtes sur la mer (Virgile, *Géorgiques* III, l. 470, éd. Saint-Denis 1998). Il est toutefois impossible de dresser une chronologie des principales crises de la période romaine : les mentions datées sont très rares, et fortement soumises à caution. C'est uniquement à partir des IV^e-V^e s. que quelques épisodes majeurs de mortalité bovine sont mentionnées : l'un en Italie et en Gaule à la fin du IV^e s.² ; un autre vers 569-570 en France, en Allemagne et en Italie ; un dernier en 699-701 en Grande-Bretagne et en Irlande (Binois 2017, 36-37). Ces trois occurrences sont attribuées à des maladies contagieuses non spécifiées ; les caractéristiques cliniques et épidémiologiques des épizooties de la fin du IV^e s. et de 569-570 pourraient toutefois évoquer plus spécifiquement la peste bovine. Des maladies épizootiques des ovins et des porcins sont également rapportées par les auteurs agronomiques et vétérinaires, qui décrivent leur origine et la marche à suivre en cas d'infection. L'image qui en ressort est celle d'accidents fréquents, voire récurrents, occasionnant de fortes mortalités, mais d'échelle plutôt locale.

Les traces matérielles et archéologiques de ces épisodes de mortalité animale sont en revanche rares (Binois 2017). Cela peut être imputé à une combinaison de facteurs : d'une part l'analyse des textes d'époque romaine faisant mention du devenir des victimes d'épizootie montre que, si leur inhumation était à l'occasion pratiquée, il ne s'agissait sans doute pas de la modalité de gestion des carcasses la plus courante (Binois 2017, 134-138). D'autre part, les dépôts archéologiques de carcasses animales sans mobilier associé n'ont que récemment attiré l'intérêt des archéologues, et le processus de validation de l'interprétation en termes de mortalité de masse est encore très neuf. De ce fait, le corpus archéologique de dépôts témoignant des crises de mortalité animale est encore maigre ; pour l'Antiquité, les deux assemblages les plus convaincants sont ceux de La Croix Saint-Ouen (Oise, I^{er}-II^e s. p.C.), site sur lequel onze ovins ont été inhumés en deux fosses, suite à une probable mortalité accidentelle (Binois, in Malrain 2016), et celui de Poundbury (Dorset, Royaume-Uni, I^{er}-II^e s. p.C) qui a vu le dépôt de sept agneaux en une seule fosse et dont les décès ont été interprétés comme faisant suite à des intempéries hivernales ou à une maladie, peut-être la clavelée (Binois 2017, 489-499). Cinq autres dépôts antiques ont été identifiés dans le Bassin parisien comme de possibles témoins de crises de mortalité animale ; deux concernent des bovins³, un des ovins⁴ et deux des volailles⁵ (Binois 2017, 169).

La rareté de ces témoignages ne doit toutefois pas conduire à mettre en doute l'impact de ces crises sur l'économie rurale gallo-romaine ; la recherche archéologique sur ces phénomènes n'en est qu'à ses débuts, et de multiples travaux récents d'historiens laissent à penser que l'importance économique et sociale de ces crises a été jusqu'à présent largement sous-estimée⁶.

CRISES DE MORTALITÉ HUMAINE (BR, AB, CP)

Les crises de mortalité humaine sont pour leur part mieux documentées, et quatre pestes majeures sont connues dans l'Antiquité (ce volume, chap. 1, fig. 27e). L'une des plus anciennes serait "la peste d'Athènes", datée du V^e s. a.C., dont Thucydide relate les ravages dans son *Histoire de la guerre du Péloponnèse*. Des analyses paléogénétiques sur de supposées victimes de l'épidémie ont mis en évidence de l'ADN de *Salmonella enteritica*, (Papagrigrakis et al. 2006), permettant d'attribuer l'épidémie à la fièvre typhoïde.

La seconde, la "peste Antonine" affecta l'Empire Romain entre 165 et 190 de notre ère (ce volume, chap. 1, fig. 27e). Il s'agit de l'une des épidémies les mieux documentées de l'Antiquité, et de nombreuses sources littéraires, historiques, médicales et épigraphiques en font mention ; la description qu'en fournit Galien est particulièrement précise, et permet de l'attribuer vraisemblablement à une forme de variole épidémique (Biraben 1995 ; Gourevitch 2007). Duncan-Jones mettait en évidence en 1996 par une approche statistique de séries matérielles la rupture majeure que constituait cette épidémie pour le monde romain, et estimait la mortalité à un quart de la population (Duncan-Jones 1996). Si plusieurs travaux sont venus depuis nuancer ses conclusions et discuter l'impact de l'épidémie (Lo Cascio 2012), son importance est certaine (Harper 2017).

2. Épisode dont l'importance a sans doute été exagérée par certains auteurs anciens (Newfield 2017).

3. L'une à Jublains "le Bourg Est" (I^{er}-III^e s. p.C. (Bocquet *et al.* 2012, in Binois 2017), l'autre à Moissy-Cramayel "Chanteloup" (III^e-V^e s. p.C.) (Cotté *et al.* 2013).

4. La cave de la villa de Longjumeau "Les Champrier des Cerisiers" (Frère *et al.* 2007).

5. À Baron-sur-Oise, sur le site du Buisson Saint-Cyr, (Lepetz 1996, in Binois 2017), et sur le site de Chessy "Le Bois de Paris" (Bonin, 1992).

6. Voir par exemple Newfield 2017, 2015a, 2015b ; Slavin 2015, 2013a, 2013b ; Vallat 2009.

Au III^e s. sévit la “peste de Cyprien” (249-262) qui doit son nom à sa description par Saint Cyprien de Carthage. Son étiologie reste inconnue ; Harper propose comme hypothèse diagnostique une pandémie de grippe analogue à la grippe espagnole de 1918, ou une fièvre hémorragique virale semblable à Ébola (Harper 2017). Cet auteur souligne également le rôle majeur qu’a pu jouer cette crise de mortalité dans la période déjà troublée de l’Empire romain.

La dernière pandémie majeure de l’Antiquité est aussi la plus grave d’entre toutes. Il s’agit de la dite “peste de Justinien”, la première épidémie documentée de peste au sens strict (due à *Yersinia pestis*). Elle affecta les pays du bassin méditerranéen entre le V^e et le VIII^e s. p.C., avec un premier épisode pandémique entre 541 et 592, suivi de multiples résurgences jusqu’en 767 (Kacki 2015). Cette épidémie est documentée archéologiquement sur plusieurs sites européens⁷. La maladie demeura principalement limitée aux régions côtières ; sa pénétration continentale, se limitant au long de quelques axes fluviaux (Rhône, Loire, Elbe) (Kacki 2015) fut plus lente car elle passait sans doute par les populations de rongeurs (Harper 2017). Ses répercussions démographiques et économiques furent majeures, même s’il est difficile de proposer une estimation précise de son impact ; la ponction démographique fut néanmoins telle que la population d’Occident connut alors son niveau le plus bas depuis le début de l’Empire (Kacki 2015).

Si les crises de mortalité humaine durant la période antique sont connues, elles restent souvent difficiles à mettre en évidence archéologiquement en dehors des contextes d’inhumations de masse (McCormick 2015). Cela est particulièrement vrai aux périodes où l’incinération était la norme, celle-ci interdisant la recherche de pathogènes ainsi que la plupart des analyses d’anthropologie physique. Deux crises de mortalité épidémique sont reconnues pour l’époque antique dans notre zone d’étude. Elles sont mises en évidence par quatre fosses d’inhumation à Sens “Le clos des Cordeliers” comprenant au moins 73 individus⁸ morts de la peste justinienne (Castex 2007, 114-117 ; Castex 2008, 27-29 ; McCormick 2016,1023). Dans l’espace suburbain d’Autricum (Chartres, Eure-et-Loire), sur le vaste site cultuel de Saint Martin-au-Val, une sépulture de masse de près de 90 individus témoigne probablement de la peste de Cyprien, présente dans la région dans les années 270-280 p.C. (Bazin et al. 2013). Cette inhumation est implantée dans les ruines exploitées par des carrières dès le début du III^e siècle p.C. Faut-il voir dans l’arrêt de la construction de cet imposant lieu de culte dans les années 150 à 200 p.C. une première manifestation d’une crise démographique (peste antonine) ?

Des phénomènes évocateurs de crises de mortalité à grande échelle peuvent également être identifiés par certaines approches statistiques, et notamment par l’analyse des densités d’occupation. Des abandons de sites observés de façon synchrone sur une ou plusieurs microrégions pourraient ainsi refléter de telles crises, même si des explications d’ordre social pourraient être également avancées. Ainsi l’agglomération secondaire de Vertillum dans la cité des Lingons semble avoir été brutalement abandonnée au milieu du III^e s. p.C. En effet, son quartier nord ne livre plus aucune monnaie aux III^e et IV^e s. (Bénard *et al.* 2010, 121) ; de plus, les fouilles montrent que le très abondant mobilier métallique⁹ qui y est mis au jour n’a fait l’objet d’aucune récupération, ce qui fait de ce site une référence pour l’étude du petit mobilier métallique gallo-romain (Guillaumet 2003). Dans l’agglomération voisine d’Alésia, une rétraction de l’occupation semble également perceptible à cette période¹⁰. On peut ajouter que de nombreux sites ruraux sur les plateaux de Bourgogne semblent abandonnés au milieu du III^e s. p.C. Sans nier les causes politiques et monétaires qui ont probablement affecté les sociétés gallo-romaines du milieu du III^e s., sans nier les troubles occasionnés par les raids barbares des Alamans qu’atteste la documentation épigraphique¹¹, on ne peut exclure une aggravation de la déprise économique par les impacts démographiques et sociaux de la “peste de Cyprien”.

7. En France, à Sens (89 (voir plus loin), à Vienne (38) (VII-IX^e s. p.C. ; Drancourt *et al.* 2007 ; Bianucci 2007 ; Rigeade *et al.* 2009) et à Poitiers (V^e et VI^e s. p.C. ; Sansilbano-Collilieux 1994 ; Godo 2010) et en Allemagne à Aschheim (Bavière) (V^e et VII^e s. p.C. ; Reimann *et al.* 2000 ; Wiechmann & Grupe 2005 ; Harbeck *et al.* 2013).

8. Soit 45 adultes et 28 immatures, ne présentant pas de lésions osseuses, datés par radiocarbone du IV^e au VI^e s. p.C. La recherche de *Yersinia pestis* réalisée dans dix dents appartenant à trois individus a été positive à 100 % (Drancourt *et al.* 2004).

9. Outils, huisseries, serrureries, etc.

10. L’analyse des données de fouilles anciennes ne permet pas d’être plus précis.

11. Voir ce vol. chap. 4.

Les indices de mortalités de masse, humaines et animales, recueillis pour la Gaule du Nord sont encore peu nombreux et ponctuels, et restent souvent d'interprétation délicate. Les recherches devront donc être poursuivies pour savoir si certaines déprises économiques pourraient être liées plus ou moins directement à ces mortalités de masse.

Références bibliographiques

- van Andringa, W., éd. (2014) : *La fin des dieux: les lieux de culte du polythéisme dans la pratique religieuse du III^e au V^e siècle apr. J.-C. (Gaule et provinces occidentales)*, Nanterre.
- Auxiette, G. et P. Méniel, éd. (2013) : *Les dépôts d'ossements animaux en France, de la fouille à l'interprétation*, Montagnac.
- Bazin, B. (2014) : "Démantèlement et abandon précoce d'un grand sanctuaire à Chartres/Autricum", in : Van Andringa, éd. 2014, 13-24.
- Bénard, J., Méniel, M., Petit, C. (2010) : *Gaulois et Gallo-romains à Vertillum : 160 ans de découvertes archéologiques, communes de Vertault et Molesme, Côte-d'Or, Gollion, Suisse.*
- Bianucci, R., L. Rahalison, E. Ferroglio, E.R. Massa et M. Signoli (2007) : "Détection de l'antigène F1 de *Yersinia pestis* dans les restes humains anciens à l'aide d'un test de diagnostic rapide", *C. R. Biol.*, 330, 10, 747-754.
- Binois-Roman, A. (2016) : "Étude archéozoologique et paléopathologique de deux dépôts d'ovins", in : Malrain, éd. 2016, 325-354.
- (2017) : *L'archéologie des épizooties. Mise en évidence et diagnostic des crises de mortalité chez les animaux d'élevage du Néolithique à Pasteur*, Thèse de doctorat en archéologie environnementale, Université Paris 1, Paris.
- Biraben, J.-N. (1995) : "Les maladies en Europe : équilibres et ruptures de la pathocénose", in : Grmek, éd. 1995, 283-310.
- Bocquet, A., S. Morin, M. Mortreau et E. Paillot (2012) : *Jublains (Mayenne), Le Bourg : Campagne de fouilles programmées 2011 : [rapport de fouilles]*, Laval.
- Bonin, T. (1992) : *Chessy "Le Bois de Paris" (Seine-et-Marne) - Rapport de sauvetage urgent*, Saint-Denis.
- Brown, A.T., A. Burn et R. Doherty, éd. (2015) : *Crises in Economic and Social History: A Comparative Perspective*, Woodbridge.
- Castex, D. (2007) : "Les anomalies démographiques: clefs d'interprétation des cimetières d'épidémies en archéologie", in : Castex & Cartron 2007, 109-138.
- (2008) : "Identification and interpretation of historical cemeteries linked to epidemics", *Paleomicrobiology Past Hum. Infect.*, 23-48.
- Castex, D. et I. Cartron, éd. (2007) : *Épidémies et crises de mortalité du passé, Actes des séminaires de la Maison des Sciences de l'Homme, année 2005*, Ausonius Études 15, Bordeaux.
- Cotté, O. et G. Desrayaud (2013) : "Un dépôt antique de bovins sur le site de 'Chanteloup' à Moissy-Cramayel (Seine et Marne)", in : Auxiette & Méniel, éd. 2013, 117-122.
- Drancourt, M., V. Roux, V.D. La, L. Tran-Hung, D. Castex, V. Chenal-Francisque, H. Ogata, P.E. Fournier, E. Crubézy et D. Raoult (2004) : "Genotyping, orientalis-like *Yersinia pestis*, and plague pandemics", *Emerg. Infect. Dis.*, 10, 9, 1585-1592.
- Drancourt, M., M. Signoli, V.D. La, B. Bizot, V. Roux, S. Tzortzis et D. Raoult (2007) : "Yersinia pestis Orientalis in remains of ancient plague patients", *Emerg. Infect. Dis.*, 13, 2, 332-333.
- Duncan-Jones, R.P. (1996) : "The impact of the Antonine plague", *Journal of Roman Archaeology*, 9, 108-136.
- Frère, S. et G. Jouanin (2007) : "Étude archéozoologique du site de Longjumeau 'Le Champtier des Cerisiers' Période gallo-romaine", in : Mallet, éd. 2007, 141-156.
- Grmek, M., éd. (1995) : *Histoire de la pensée médicale en Occident. 1. Antiquité et Moyen-Âge*, Paris.
- Godo C. (2010) : *Les inhumations intra-muros de Poitiers entre le IV^e et le VII^e s. biologie, gestes funéraires et essai d'interprétation*, Mémoire de Master 2, Université de Nanterre, Archéologies et Sciences de l'Antiquité.
- Gourevitch, D. (2007) : "Apparition et diffusion d'une maladie nouvelle: la peste de Marc-Aurèle", in : Signoli et al., éd. 2007, 389-396.
- Guillaumet, J.-P. (2003) : *Paléomanufacture métallique. Méthode d'étude*, Gollion, Suisse.
- Harbeck, M., L. Seifert, S. Hänsch et D. Wagner (2013) : "Yersinia pestis DNA from skeletal remains from the 6th century AD reveals insights into Justinianic plague", *PLoS Pathogens*.
- Harper, K. (2017) : *The Fate of Rome: Climate, Disease, and the End of an Empire*, Princeton.
- Kacki, S. (2016) : *Influence de l'état sanitaire des populations anciennes sur la mortalité en temps de peste. Contribution à la paléoepi-*

- démiologie*, Thèse de doctorat en anthropologie biologique, Université de Bordeaux, Bordeaux.
- Lepetz, S. (1996) : "L'animal dans la société gallo-romaine de la France du nord", *RAPic* Numéro spécial, 12, 1-172.
- Lo Cascio, E., éd. (2012) : *L'impatto della "peste antonina". Incontri capresi di storia dell' economia antica*, Bari.
- Mallet, F., éd. (2007) : *Longjumeau "le Champrier des Cerisiers" (Essonne, Île-de-France) Rapport Final d'Opération. Vol. 1 : textes et annexes*. Rapport de fouilles, Pantin.
- Malrain, F., éd. (2016) : *La Croix Saint-Ouen, Oise, "Les jardins" : du Néolithique aux jardins ouvriers*. Rapport de fouille, Amiens.
- McCormick, M. (2015) : "Tracking mass death during the fall of Rome's empire (I)", *JRA*, 28, 325-357.
- (2016) : "Tracking mass death during the fall of Rome's empire (II): a first inventory of mass graves", *JRA*, 29, 1004-1007.
- Newfield, T., éd. (2013) : *Mortality crises between the plagues, c.800-c.1300 CE, workshop held at the University of Stirling 12-13 November 2013*, Conference abstract booklet, Stirling.
- Newfield, T. (2015a) : "Domesticates, disease and climate in early post-classical Europe: the cattle plague of c. 940 and its environmental context", *Post Class. Archaeol.*, 5, 95-126.
- (2015b) : "Human-Bovine Plagues in the Early Middle Ages", *J. Interdiscip. Hist.*, XLVI:I, Summer, 1-38.
- (2017) : "Livestock plagues in late antiquity, with a disassembling of the bovine panzootic of A.D. 376-386", *JRA*, 30, I, 490-508.
- Papagrigrorakis, M.J., C. Yapijakis, P.N. Synodinos et E. Baziotopoulou-Valavani (2006) : "DNA examination of ancient dental pulp incriminates typhoid fever as a probable cause of the Plague of Athens", *International Journal of Infectious Diseases*, 10, 3, 206-214.
- Reimann, D., K. Düwel et A. Bartel (1999) : "Vereint in den Tod: Doppelgrab 166/167 aus Aschheim, Landkreis München, Oberbayern".
- Rigeade, C., B. Bizot, A. Le Bot-Helly et M. Signoli (2009) : "Une sépulture de pestiférés du Haut Moyen Âge à Vienne (Isère)", *Archéologie du Midi médiéval*, 27, 1, 19-29.
- Sansilbano-Collilieux, M. (1994) : *Biologie et espace funéraire au Moyen Âge. Les nécropoles de l'ancien évêché de Poitiers (fin IV^e s.) et Saint-Martin de Cognac (VII^e-XV^e s.)*, Thèse de doctorat, Université Bordeaux 1, Bordeaux.
- Slavin, P. (2012) : "The Great Bovine Pestilence and its economic and environmental consequences in England and Wales, 1318-50", *The Economic History Review*, 65, 4, 1239-1266.
- (2013) : "The Beginning of the End: Sheep Epizootics and Fortunes of Wool Industry in England, 1250-1330 (conference abstract)", in : Newfield, éd. 2013, 6-7.
- (2015) : "Flogging a dead cow : coping with animal panzootic on the eve of the Black Death", in : Brown *et al.*, éd. 2015, 111-135.
- Vallat, F. (2009) : *Les Bœufs malades de la peste, la peste bovine en France et en Europe, XVIII^e-XIX^e siècle*, Rennes.
- de Saint-Denis, E. et J. Pigeaud, éd. (1998) : *Géorgiques, Livre III*, Paris.
- Signoli, M., D. Chevé, P. Adalian, G. Boëtsch et O. Dutour, éd. (2007) : *Peste : entre épidémies et sociétés*, Florence.
- Wiechmann, I. et G. Grupe (2005) : "Detection of *Yersinia pestis* DNA in two early medieval skeletal finds from Aschheim (Upper Bavaria, 6th century A.D.)", *American Journal of Physical Anthropology*, 126, 1, 48-55.

Approche morphologique des systèmes parcellaires fossiles de la Forêt de Haye

Catherine Fruchart,

avec la collaboration de Murielle Georges Leroy, Jean-Luc Dupouey, François Favory.

LA FORÊT DE HAYE ET SON CONTEXTE ARCHÉOLOGIQUE

Résumé des données sur la Boucle de la Moselle (cf. Reddé (dir.) 2017, chapitre 12¹)

La zone atelier de la Boucle de la Moselle (725 km², fig. 1) est au cœur de la Cité des Leuques. Elle est centrée sur le massif forestier de Haye, entre Toul, chef-lieu de Cité à partir du milieu du I^{er} ou début du II^e siècle p.C., et Nancy. La voie impériale Lyon-Trèves passe à Toul. À la Tène D2 et au tout début de l'époque gallo-romaine, le pôle structurant est à une trentaine de kilomètres à l'est de Toul, à Essey-lès-Nancy (*oppidum* de la Butte Sainte-Geneviève, n° 2 sur la fig. 1). Laneuveville-devant-Nancy est une potentielle agglomération gallo-romaine, mal connue, associée à un atelier de sigillée (la Madeleine, II^e-IV^e s. p.C.).

Le plateau de Haye et ses abords se situent dans une boucle de la Moselle, au sud de sa confluence avec la Meurthe, à des altitudes comprises entre 180 et 430 m environ (fig. 2). D'un point de vue géologique (fig. 3), les terrains de plateau sont principalement pierreux et souvent peu épais, sur des formations calcaires du Bajocien et du Bathonien. À l'ouest de la zone atelier, on trouve des argiles de la Woëvre et à l'est, les terrains de plaine sont plus épais, marneux et limoneux. De vastes massifs forestiers recouvrent aujourd'hui les zones de plateau (fig. 4). 40 % de la surface étudiée sont actuellement boisés, 23 % cultivés et 19 % sont artificialisés, en grande partie occupés par l'agglomération nancéienne qui s'étend à l'est du plateau de Haye.

Le massif de Haye (fig. 5) contient les vestiges de parcellaires et d'habitat antiques : 84 établissements ruraux et une nécropole sont attribués à la période romaine, mais aucun site n'est daté de La Tène finale. Ces vestiges sont inscrits dans un ensemble plus vaste entre Nancy et Neufchâteau, qui compte 160 sites inventoriés dans la Carte Archéologique Nationale pour La Tène C/D et la période gallo-romaine, connus pour moitié par des prospections pédestres et de la bibliographie ancienne : 146 établissements ruraux, 4 agglomérations, 5 sites funéraires et 5 zones culturelles. 41 établissements ruraux ont fait l'objet de sondages ou de fouilles. Globalement, peu de sites datent de La Tène C/D (26), beaucoup plus de la période romaine (147). Les sites laténiens sont surtout connus par des opérations préventives, inexistantes en forêt, et les sites romains plutôt par des prospections. Les sites laténiens, dont plus de 40 % sont précisément caractérisés grâce aux fouilles, sont surreprésentés en secteur urbanisé (Toul, Nancy). Les sites gallo-romains, dont seuls 35 % sont bien caractérisés, sont surreprésentés en zones agricoles prospectées. Hormis le massif de Haye, les forêts sont des déserts de connaissance.

Pour la période gallo-romaine, les fermes prédominent sur toute la zone d'étude de la Boucle de la Moselle. Deux-tiers des établissements caractérisés sont interprétés en fermes. Ce sont parfois des établissements relativement importants,

1. Nüsslein A., N. Bernigaud, K. Boulanger, G. Brkojewitsch, G. Daoulas, M. Georges-Leroy, N. Meyer, S. Ritz *et al.* (2017) : "Chapitre 12. La Lorraine", in : Reddé, M., dir., *Gallia Rustica 1. Les campagnes du nord-est de la Gaule, de la fin de l'âge du Fer à l'Antiquité tardive*, p. 555-656.

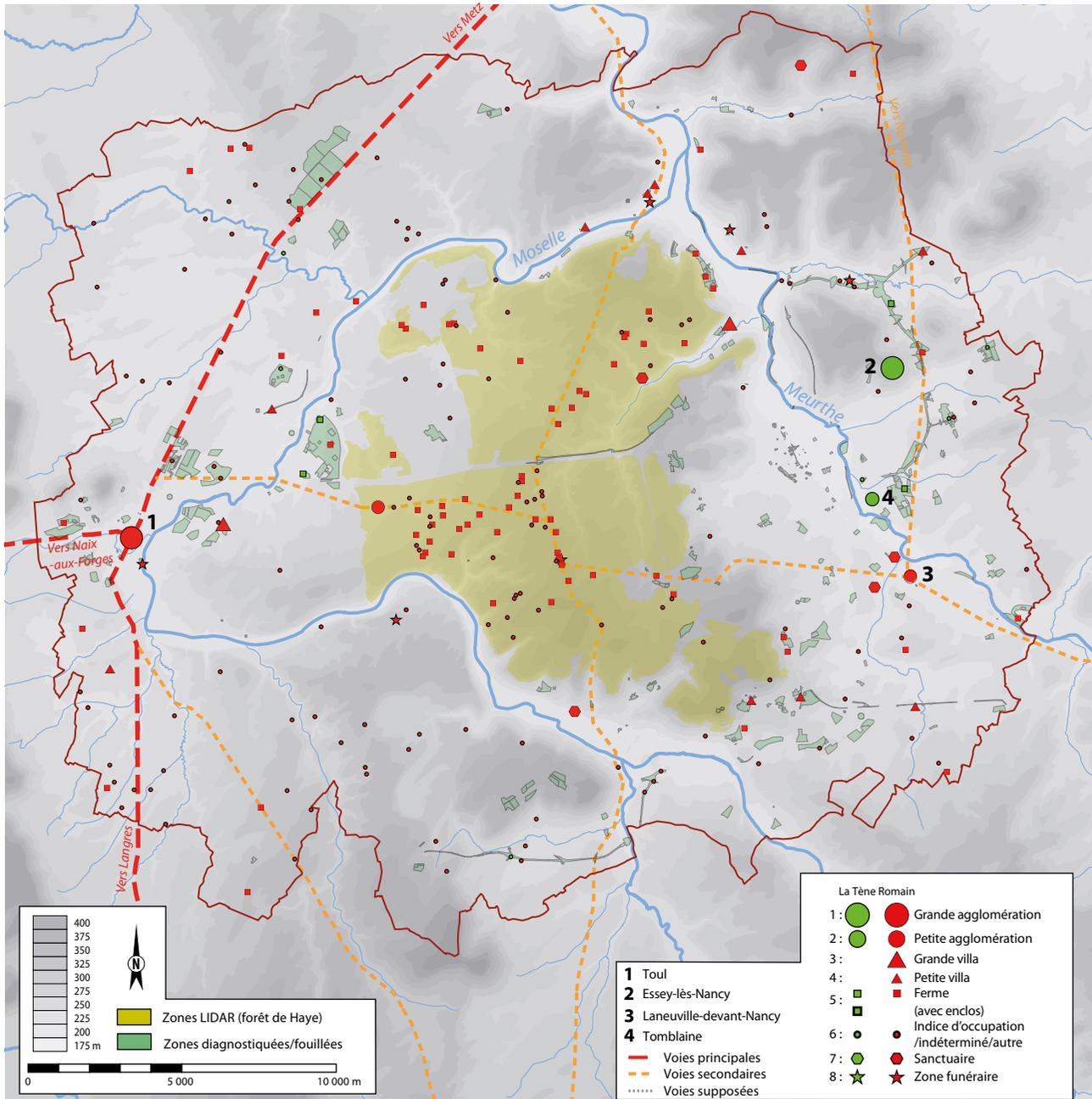


Fig. 1. Vue d'ensemble de la zone-atelier de la Boucle de la Moselle (in : Reddé, dir. 2017, chap. 12, fig. 10).

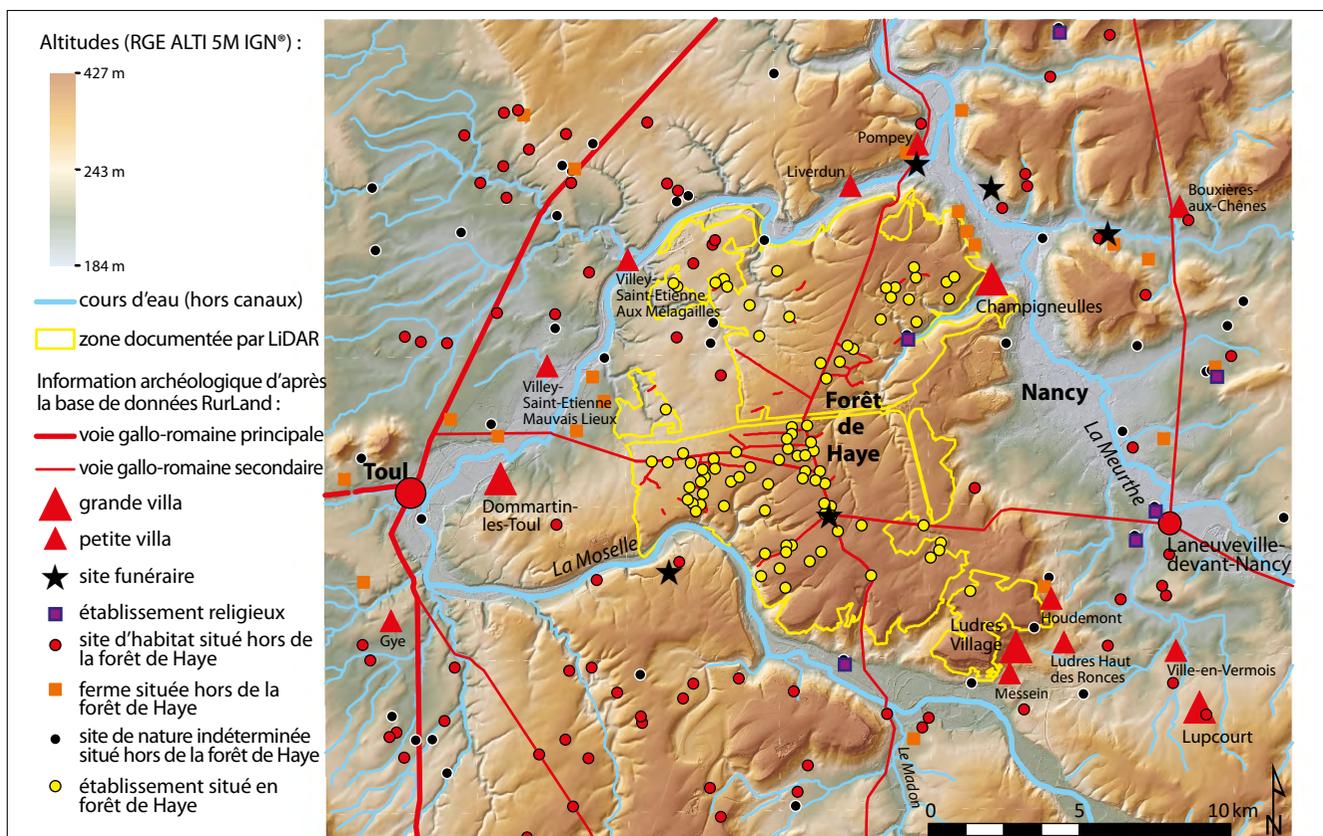


Fig. 2. Aperçu de la topographie du plateau de Haye, entre Toul et Nancy. Répartition des établissements de la Boucle de la Moselle (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données archéologiques de M. Georges-Leroy, DRAC Grand-Est, et les données topographiques RGE ALTI 5M IGN®).

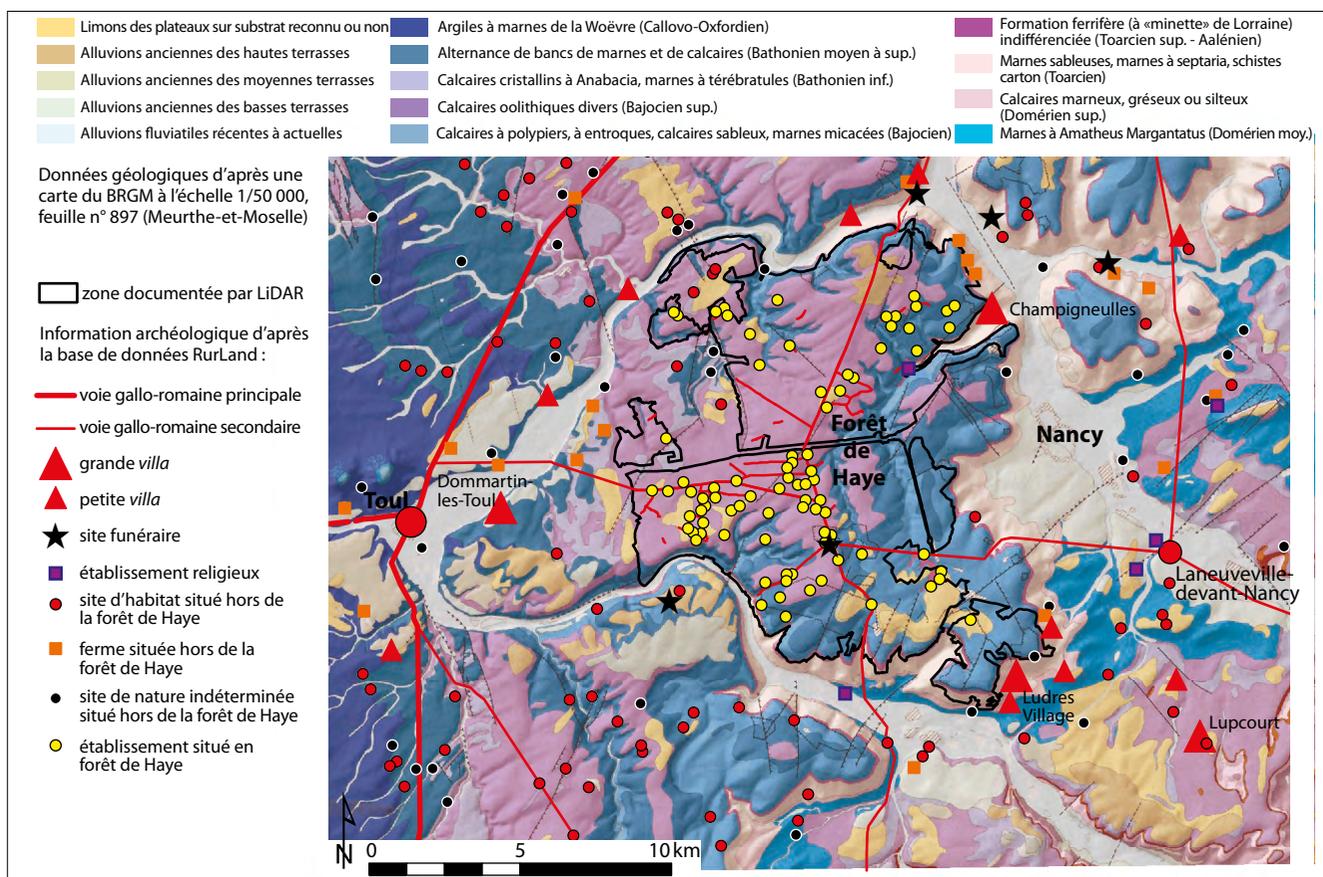


Fig. 3. Aperçu de la géologie du plateau de Haye, entre Toul et Nancy. (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données archéologiques de M. Georges-Leroy, DRAC Grand-Est, et les données du BRGM, Carte géologique 1/50 000 vecteur harmonisée avec MNT, Feuille N°897 - Meurthe-et-Moselle).

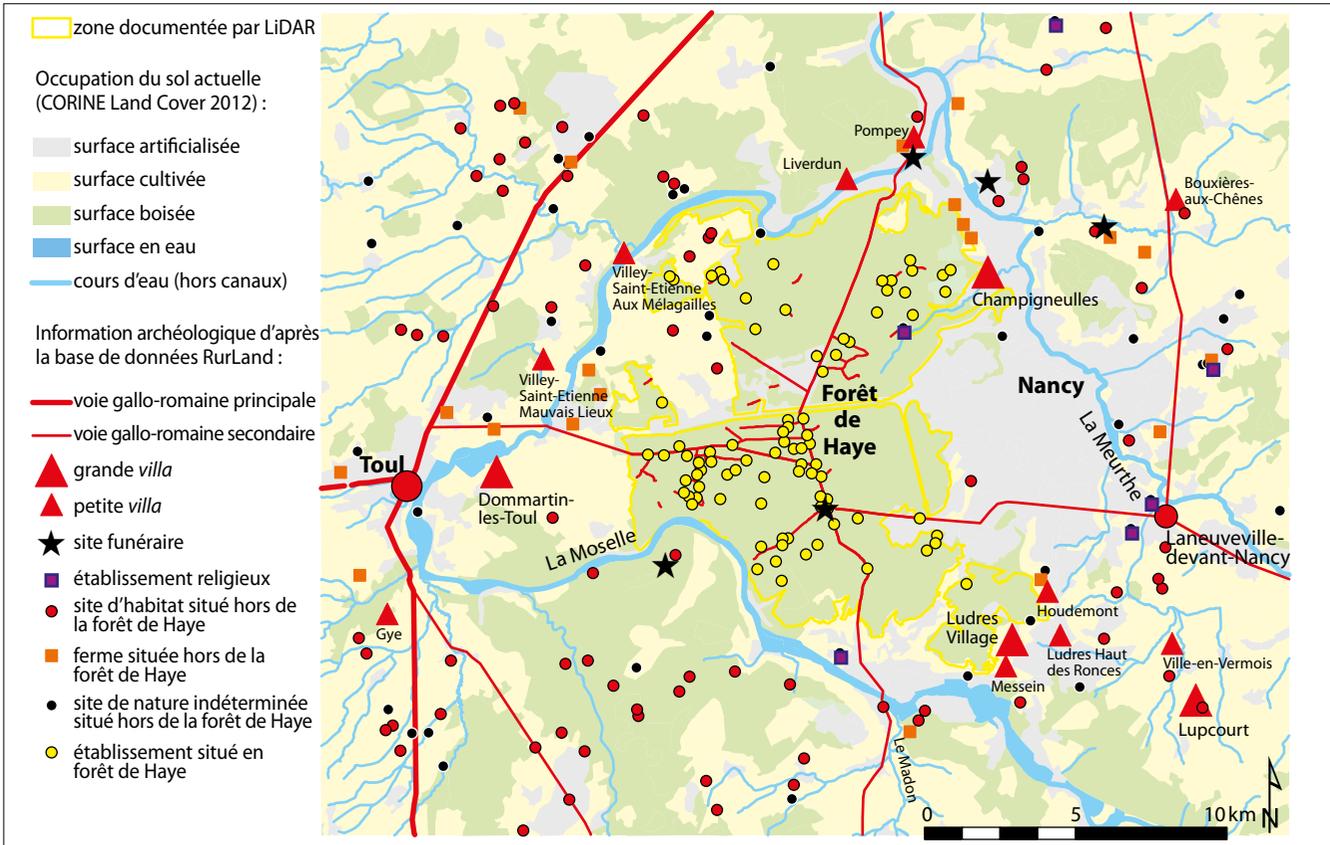


Fig. 4. Aperçu de l'occupation du sol actuelle du plateau de Haye, entre Toul et Nancy. (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données archéologiques de M. Georges-Leroy, DRAC Grand-Est, et les données CORINE Land Cover 2012 © UE - SOeS).

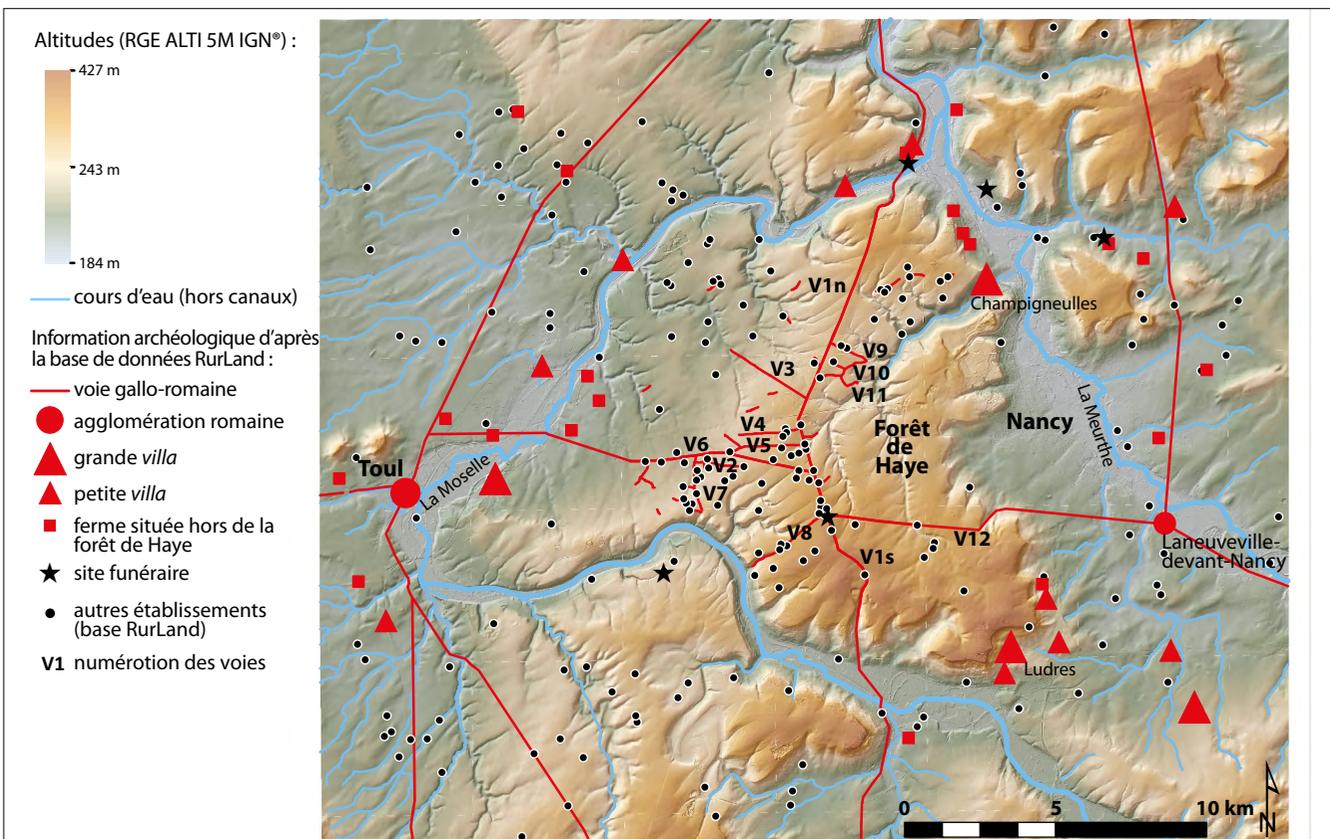


Fig. 5. Localisation des établissements Rurland et numérotation des voies gallo-romaines (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données archéologiques de M. Georges-Leroy, DRAC Grand-Est, et les données topographiques RGE ALTI 5M IGN®).

grosses fermes ou petites *villae*, notamment au pied oriental de la cuesta (relief naturel formé par le plateau de Haye).

Les *villae*, qui sont définies ici comme des établissements disposant d'éléments de confort, représentent moins de 15 % des sites, ce qui peut surprendre à proximité du chef-lieu de Cité. Les bâtiments principaux des petites *villae* (400-600 m²) ont des hypocaustes, une galerie de façade, une pièce d'angle, une cave et sont associés à des bâtiments annexes maçonnés ou sur poteaux, greniers ou étables. Sur l'ensemble de la zone, 4 ou 5 *villae* dotées de bains ont été fouillées. La plus importante, limitrophe de la forêt de Haye, est à Champigneulle. Elle est composée d'une partie résidentielle d'environ 8 500 m² organisée autour d'une cour avec bassin et d'une partie agricole de plus de 3 ha. Les autres grandes *villae* sont à Ville-en-Vermois, avec un bâtiment résidentiel d'environ 1 000 m², à Bouxières-aux-Chênes et à Ludres. On ignore si ces *villae* (Champigneulle et Ludres Village, notamment) contrôlent les fermes du plateau ou si elles sont tournées vers la plaine.

Pour la forêt de Haye, la répartition spatiale des établissements identifiés apparaît inégale : des secteurs sont densément occupés (sites distants de 100 à 200 m), d'autres sont totalement vides. La densité moyenne de sites observée est de 1,1 site/km², ce qui est proche de celle des secteurs diagnostiqués hors forêt (1,4 site/km²).

Dans la forêt de Haye, la vocation agropastorale des établissements est déduite de leur implantation dans des espaces cultivés (interprétation confirmée par des sondages), par la présence de petites dépressions associées aux habitats et interprétables comme des mares, par des découvertes de mobilier (sonnaillles, faisselles), et par des analyses chimiques évoquant notamment la présence de bétail et d'enclos de pacage (taux de phosphore). 70 % des fermes sont entourés d'enclos en pierre, en général uniques, parfois groupés par deux et jusqu'à quatre (un cas), délimitant des surfaces de 800 m² à 1 ha. Ils contiennent un à trois bâtiments rectangulaires de 50 à 300 m² à soubassements de pierres. D'autres bâtiments non enclos sont recensés, également à soubassements de pierres, de surfaces équivalentes, en général isolés, et dans de rares cas groupés par 2 ou 3 ; certains sont probablement des bâtiments annexes plutôt que des fermes. Un habitat groupé s'étend sur environ 1,3 ha le long de la voie menant à Toul (voie V6, fig. 5). Enfin, deux sites pourraient présenter un plan fonctionnel bipartite avec un grand bâtiment associé à des bâtiments annexes, mais l'absence de matériaux de confort empêche de les classer comme petites *villae*. Globalement sur le massif de Haye, l'absence ou quasi-absence d'établissements ruraux pouvant être classés en *villae* est à souligner. Une fonction routière pour certains établissements établis le long d'une des trois voies structurantes (V1, V6, V12) est possible ; des scories de forges ont été découvertes sur deux d'entre eux.

Les lacunes dans la chronologie de ce secteur peu fouillé interdisent une approche séculaire de la dynamique d'occupation. L'absence de sites laténiens dans le massif de Haye peut être un effet de source, car les établissements sur poteaux de La Tène C/D, pauvres en mobilier, ne sont pas identifiables par les prospections à vue. La Forêt de Haye a fait l'objet de nombreuses opérations de prospections au sol, mais n'a pas bénéficié de fouilles. Le mobilier a notamment été mis en évidence par l'examen minutieux des nombreux chablis résultant de la tempête Lothar, qui a fortement touché la Forêt de Haye en décembre 1999. Ce contexte de découverte du mobilier ne permet pas d'établir une chronologie fine de l'occupation, et ne permet pas d'affirmer avec certitude qu'on a obtenu un aperçu représentatif de la chronologie d'occupation du plateau. Ces réserves étant faites, la réalité d'une occupation gallo-romaine sur le plateau de Haye est assurée, et les éléments de datation collectés indiquent qu'on peut situer cette occupation entre le début du I^{er} siècle p.C. et le début du V^e siècle p.C. Les indices les plus nombreux sont compris entre le milieu du I^{er} et le III^e siècle. Quelques établissements pourraient avoir été abandonnés dès la fin du II^e siècle, avec peut-être en parallèle, un redéploiement de l'habitat au profit des zones des coteaux. Ainsi, en bas des coteaux, en périphérie septentrionale et orientale de la forêt de Haye, une densification de l'habitat a été constatée à la fin du II^e et au début du III^e siècle, avec la création de nouveaux établissements s'installant à côté d'autres déjà en place, et qui restent occupés. Cette hypothèse dynamique est toutefois à envisager avec prudence, car les observations sont ponctuelles.

Évolution du paysage agropastoral

À partir d'études menées à l'échelle de la Lorraine, des diagrammes polliniques indiquent des défrichements entraînant une forte diminution de la Chênaie-Hêtraie (essences principalement représentées sur le plateau lorrain) durant l'âge du Fer et la période romaine, puis une phase de reforestation après la chute de l'Empire romain. Le charme, le noyer et le châtaignier sont bien représentés à la période romaine.

Dans la vallée de la Moselle, des études carpologiques offrent un point de vue partiel sur les espèces cultivées durant l'Antiquité (nombreux effets de sources possibles, dus à divers facteurs). Elles recensent l'orge vêtue, le blé commun, le millet, l'épeautre, le blé amidonnier et l'engrain. Le blé nu, le seigle, le millet des oiseaux et l'avoine sont présents mais moins fréquents. On relève des légumineuses et oléagineux : lentilles, pois, vesce, féverole ; cameline, lin, chanvre, pavot somnifère. On observe une modification du corpus céréalier entre La Tène, où l'orge vêtue est l'espèce principale, et la période romaine, où l'épeautre domine, même si l'orge vêtue reste bien présente. Les millets semblent avoir été très consommés durant La Tène, puis leur importance diminue à l'époque romaine. Le taux de blé nu augmente entre La Tène et l'Antiquité tardive.

Parmi les fruits et plantes condimentaires, seul le noisetier est identifié durant La Tène. La diversité taxonomique des fruits est importante à partir du Haut-Empire : noyer, prunelle, ronce, fraise, poirier, vigne, prune. Les études anthracologiques relèvent des prunoidées, des pomoidées et du noisetier. Les plantes condimentaires apparaissent à partir du Haut-Empire : coriandre, céleri sauvage, fenouil, persil. Le corpus se restreint pour l'Antiquité tardive, mais peu de sites/structures ont pu être étudiés de ce point de vue.

Par ailleurs, des mares ou mardelles sont observées de façon récurrente en Lorraine au voisinage de sites d'habitat. Elles sont intégrées aux aménagements parcellaires et peuvent avoir servi de réserves d'eau. Des analyses sédimentaires et des datations radiocarbone prouvent leur mise en eau à la fin de la Protohistoire et à la période gallo-romaine. Des analyses polliniques et de microfossiles non-polliniques indiquent ponctuellement l'existence d'espaces enherbés autour des mares au Haut-Empire et la pratique d'activités agro-pastorales, notamment l'élevage d'ovidés et de caprinés.

Pour la Forêt de Haye et ses alentours, les études permettant d'évaluer le degré d'ouverture du milieu à l'époque gauloise sont encore trop rares pour apporter des résultats décisifs. Toutefois, des fouilles de batteries de silos, notamment à Velaine-en-Haye, indiquent localement une activité agricole importante sur le plateau bajocien à l'âge du Fer, particulièrement à la transition Hallstatt – La Tène. Hors du massif de Haye, des analyses palynologiques montrent une amplification de l'exploitation agricole dans la vallée de la Meurthe au cours de la deuxième moitié du II^e s. a.C., puis un recul de la pression humaine après le règne d'Auguste, et une nouvelle ouverture du milieu en fond de vallée et sur les versants dans le courant du II^e s. p.C..

On ignore selon quelle dynamique précise le plateau de Haye s'est boisé au cours des deux derniers millénaires. La majorité des aménagements parcellaires relevés sont datés de l'époque antique, principalement grâce à la connexion qu'ils ont avec les habitats de cette époque. Ceci indique sans ambiguïté une ouverture importante du plateau à l'époque gallo-romaine. Par ailleurs (fig. 6), des zones assez vastes, en particulier dans les parties septentrionales et orientales du massif, sont des espaces agraires plutôt datables du Moyen Âge (Georges-Leroy & Zeller-Belville 2018). Ceci n'exclut pas la possibilité d'un usage agropastoral de ces zones antérieur au Moyen Âge, mais en l'état actuel des connaissances, c'est une hypothèse qui reste entièrement à démontrer. Leur datation médiévale est justifiée par plusieurs facteurs : elle repose sur l'observation de caractéristiques morphologiques identifiées dans ces espaces, qu'on associe généralement à des pratiques agraires médiévales ou modernes (présence de champs laniérés, de billons ou rideaux de culture curvilignes, associés à des crêtes de labour). Elle repose aussi sur des sources textuelles historiques, notamment pour la partie nord de la Forêt de Haye. Enfin, en particulier pour la partie orientale de la forêt, la datation médiévale des vestiges agraires s'appuie, entre autres, sur le contexte historico-archéologique environnant : une abbaye cistercienne et un hameau s'installent dans un des vallons au cours du XI^e siècle².

L'examen de plans modernes indique (dans les limites des précisions planimétriques offertes par ces documents) un boisement important du plateau dès le début du XVII^e siècle. Certains secteurs d'emprise limitée sont encore cultivés à la période moderne et également au XIX^e siècle (fig. 6, linéaments de couleur verte). Du point de vue de l'occupation du sol aux périodes les plus récentes, une comparaison entre l'état actuel (CORINE Land Cover 2012 – fig. 4) et vers 1830 (carte d'État-Major, fig. 7) montre peu de variation de la couverture forestière pour la forêt de Haye. On constate une légère progression du boisement sur les lisières et une petite fermeture au nord du massif, par rapport à 1830. On observe également l'extension très importante de l'agglomération nancéenne en deux siècles.

2. L'abbaye cistercienne de Clairlieu, située sur la commune actuelle de Villers-les-Nancy, a été construite vers 1160 et le hameau Saint-Barthélémy est attesté dans le texte dès 1130.

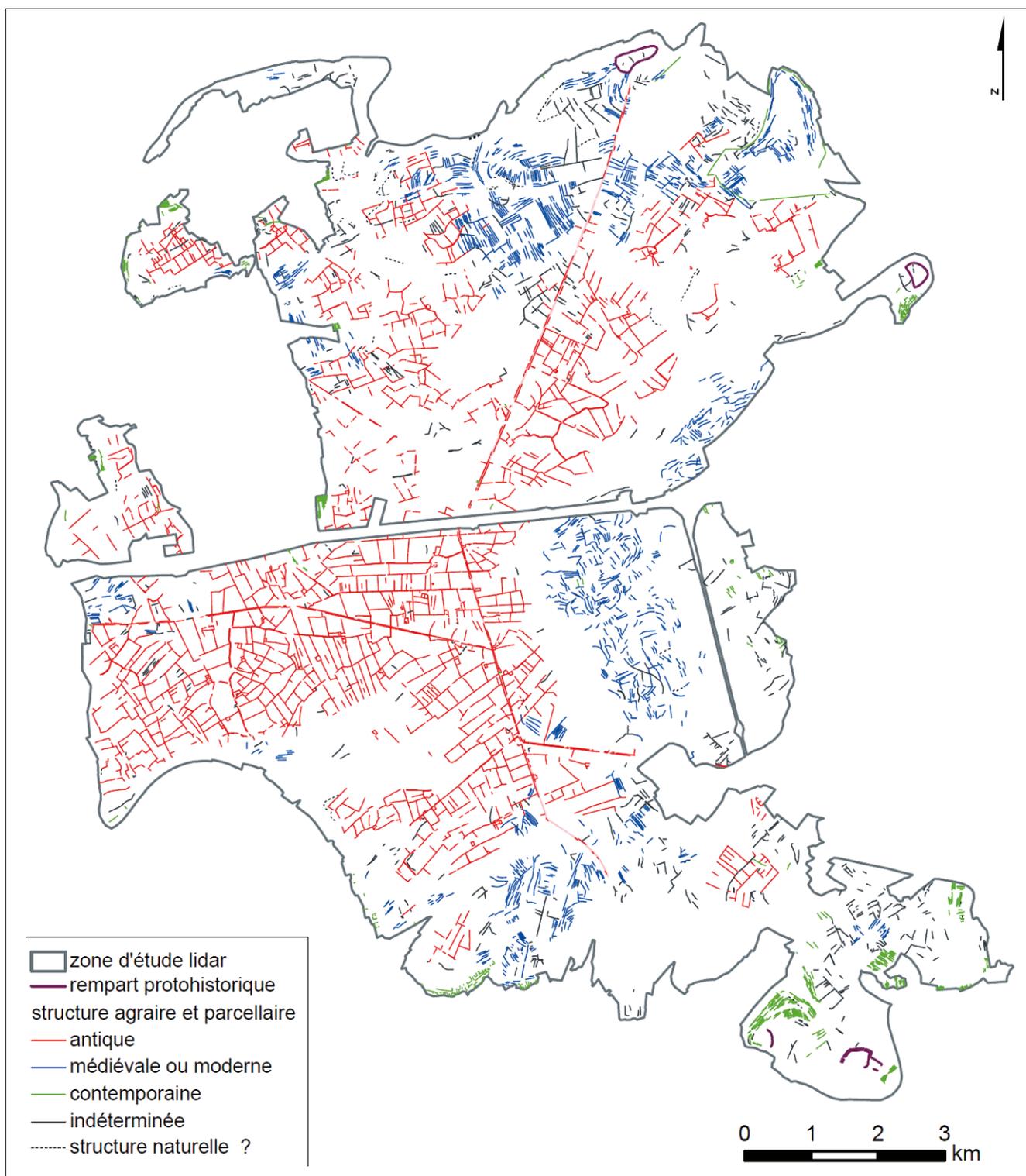


Fig. 6. Cartographie des structures agraires et parcellaires du massif forestier de Haye réalisée à partir du levé lidar de 2007 (in : Georges-Leroy et al. 2014, fig.10 p. 9).

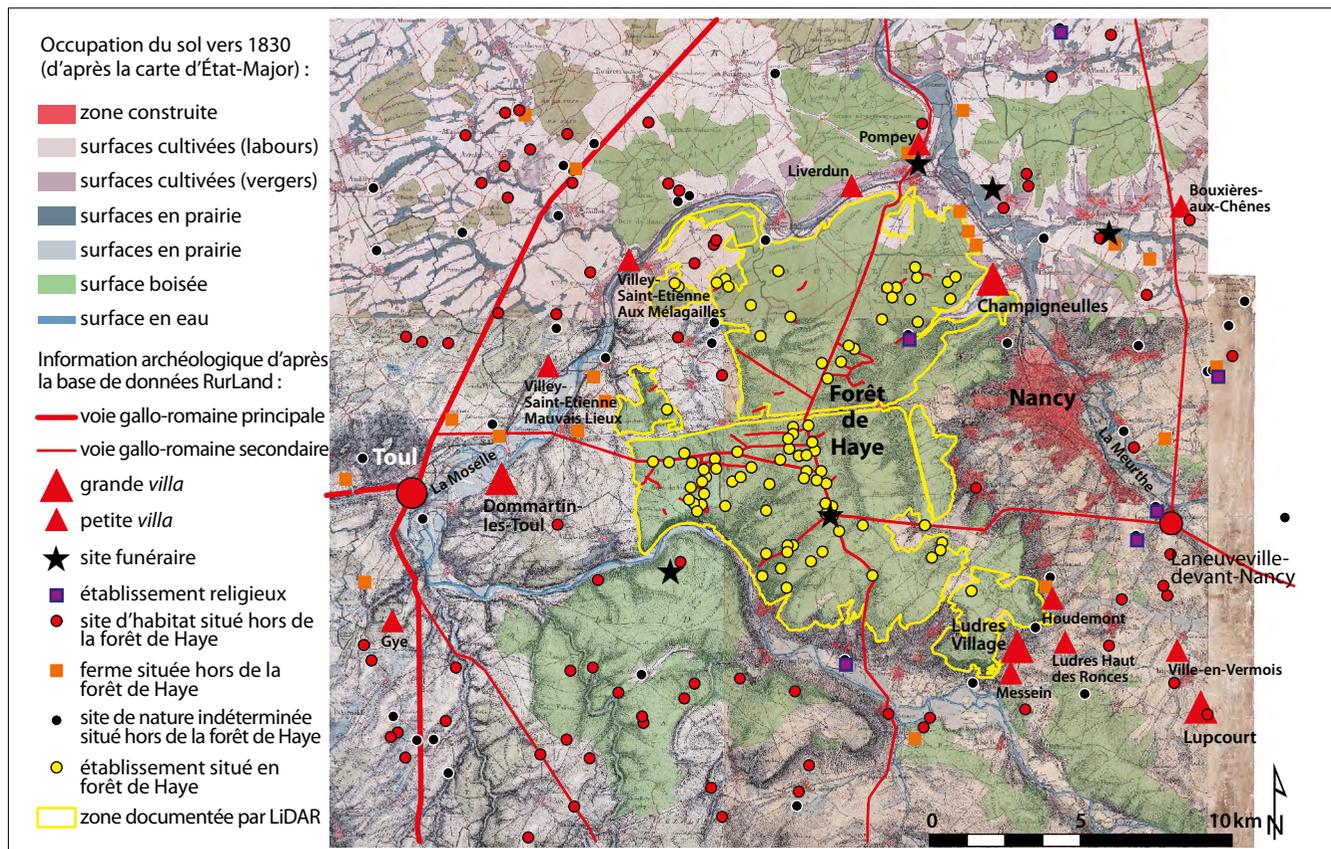


Fig. 7. Aperçu de l'occupation du sol vers 1830 du plateau de Haye, entre Toul et Nancy. (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données archéologiques de M. Georges-Leroy, DRAC Grand-Est, et la carte d'État-Major au 1/40 000, Feuille de Nancy NE, 1833 et Feuille de Commercy SE, entre 1818 et 1835).

Observations sur la topographie des entités archéologiques conservées en Forêt de Haye

La qualité de conservation des structures archéologiques qui affleurent aujourd'hui à la surface du sol en Forêt de Haye apparaît très bonne presque partout, sauf pour deux zones occupant quelques centaines d'hectares chacune, au sud et au centre-ouest de la forêt.

Le sud de la forêt de Haye a fait l'objet d'exploitations minières au cours des XIX^e et XX^e siècles. Les traces de cette activité sont bien visibles dans la microtopographie de surface actuelle, à cause d'effondrements/tassements de terrain massifs provoqués par les cavités minières (fig. 8 et 9).

La partie centre-ouest de la forêt est perturbée par une zone bâtie d'environ 300 ha, au nord de l'A31 (fig. 10). Il s'agit d'un ancien camp américain de l'OTAN, créé en 1951, et transformé en zone d'activité en 1967.

Suggestion de regroupement de sites pour le massif de Haye

On peut proposer un regroupement des établissements combinant leurs répartitions spatiales et des caractéristiques locales (groupes E1 à E7, fig. 11) : la proximité de voies (E3, E4, E5, E6) et la présence de zones de limons épais aux sols fertiles sont de possibles facteurs attractifs (taches beiges sur la carte géologique, fig. 7 : E1, E3, E4, E7).

Le groupe E1 se situe au nord-ouest du plateau. C'est un groupe d'établissements dispersés de façon assez homogène, dans les pentes basses et généralement peu marquées donnant sur la Moselle. Ce groupe pourrait être desservi par la voie V3.

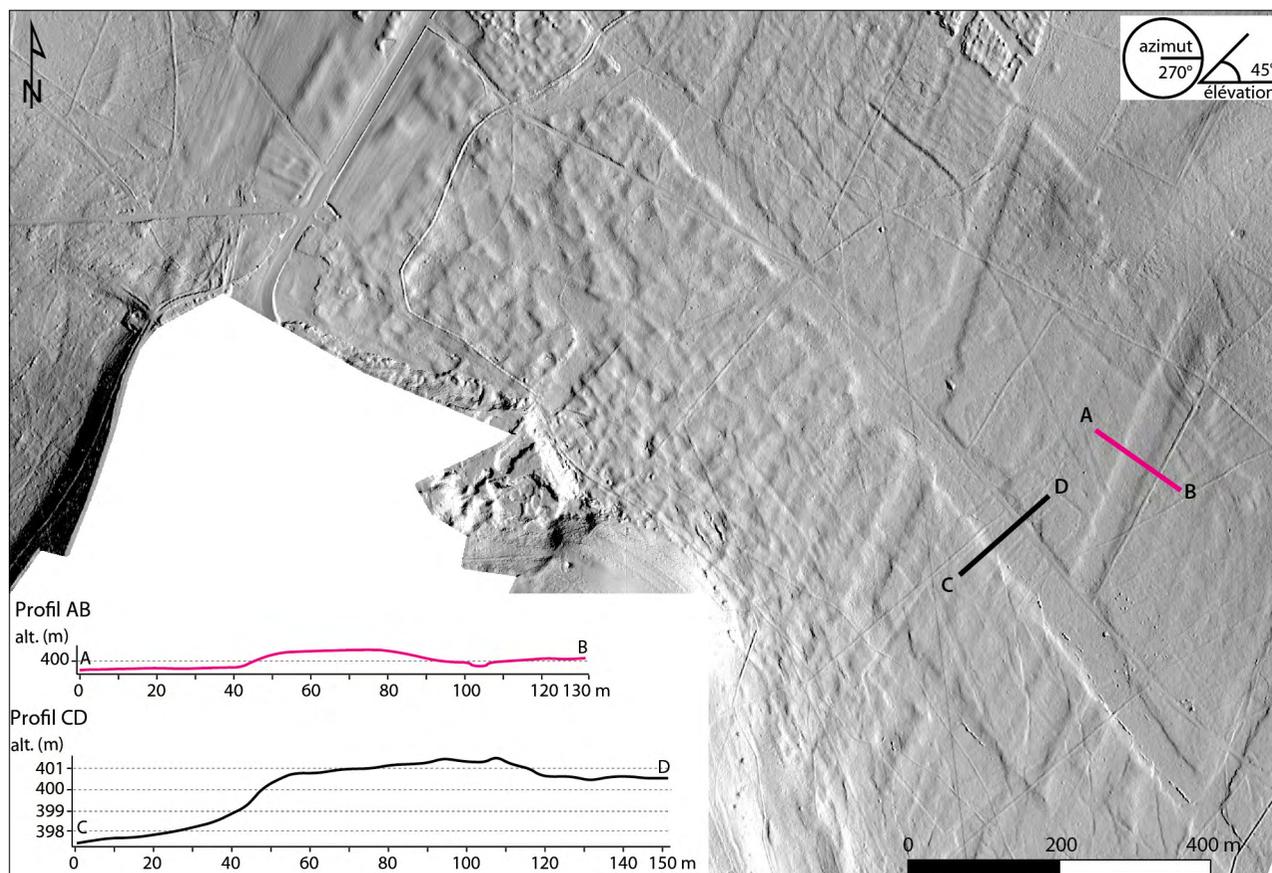


Fig. 8. Aperçu LiDAR (a) et profils (b) de la zone d'effondrements de galeries minières contemporaines au sud de la forêt de Haye (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données LiDAR Haye 2007, DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF).

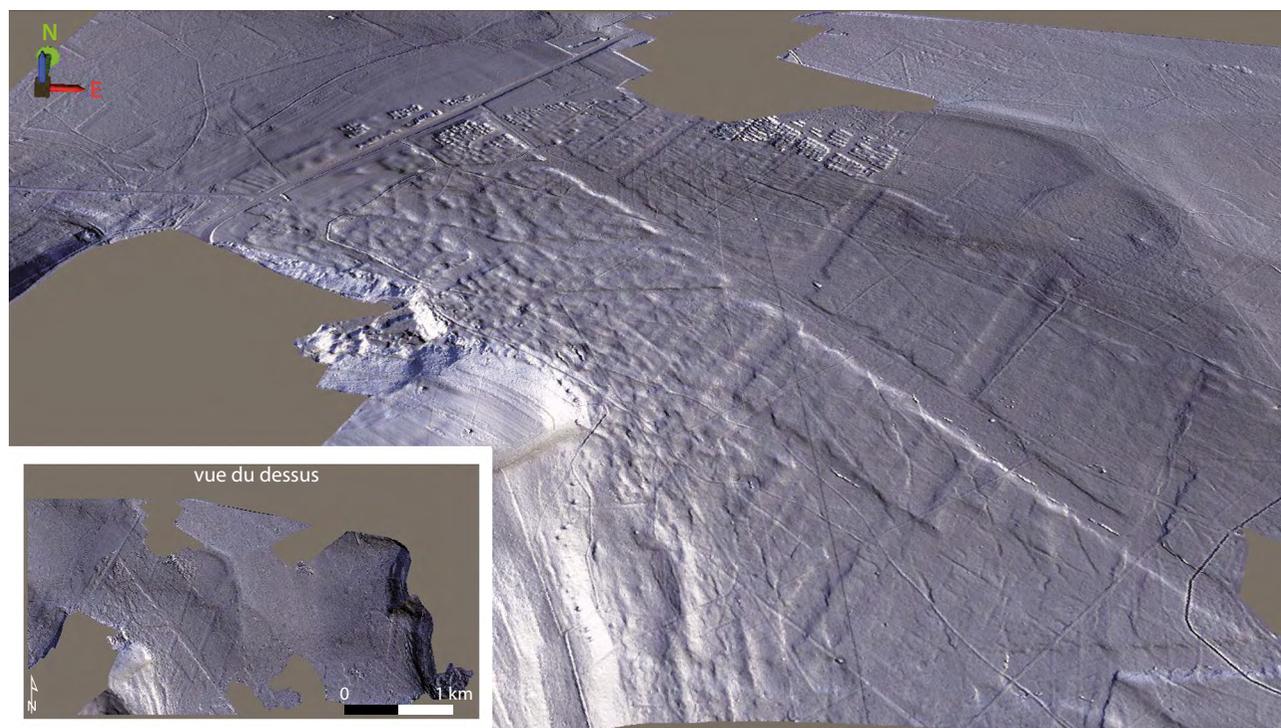


Fig. 9. Vue LiDAR 2.5 D de la zone d'effondrements de galeries minières contemporaines au sud de la forêt de Haye (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données LiDAR Haye 2007, DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF).

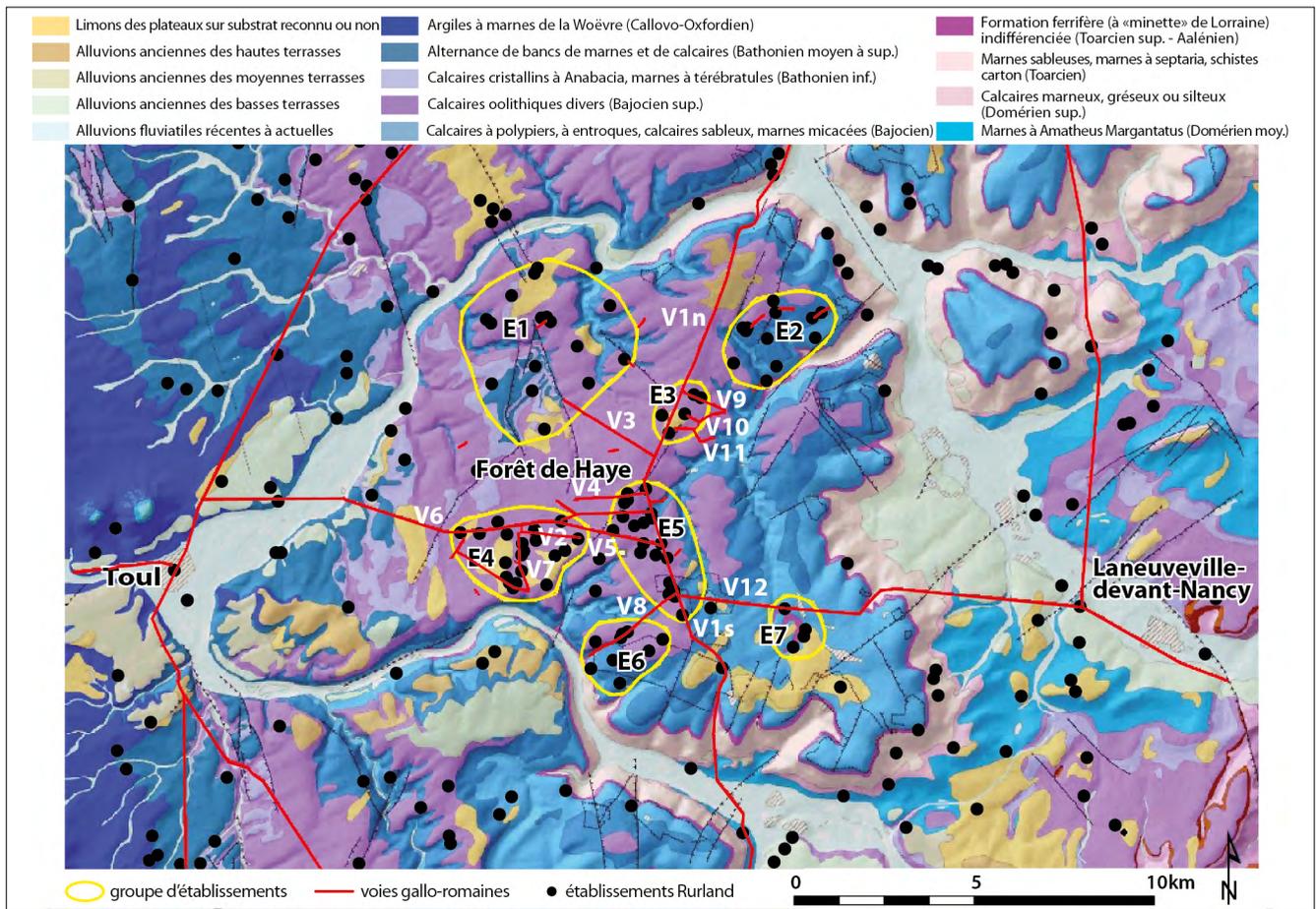


Fig. 11. Proposition de groupes d'établissements (C. Fruchart, Ruriland 2017, d'après les données archéologiques de M. Georges-Leroy, DRAC Grand-Est, et les données du BRGM, Carte géologique 1/50 000 vecteur harmonisée avec MNT, Feuille N°897 - Meurthe-et-Moselle).

vallée de la Moselle et la vallée de la Meurthe. D'un point de vue strictement topographique, le meilleur choix de trajet nord-sud entre les points A et B serait plutôt le long de la Meurthe (fig. 12, les points A et B sont situés en contrebas du plateau de Haye, au nord et au sud). Un tel tracé évite, à distances égales, les deux fortes pentes imposées par la traversée du plateau de Haye (profil AB). Cependant, à l'époque gallo-romaine, il est établi que la vallée de la Meurthe était marécageuse par endroits (observations faites sur l'agglomération de Nancy), ce qui a pu être un facteur répulsif pour l'aménagement de la voie V1 en vallée. D'un autre côté, la présence de *villae* dans la vallée, au pied du plateau (Pompey, Champigneulle, Ludres), indique que cette zone a bien été occupée durant la période gallo-romaine, ce qui signale la probable capacité d'y aménager une voie de circulation, au même titre que l'habitat. Les raisons ayant motivé le passage de V1 par le plateau de Haye restent donc encore à préciser, et aucun élément décisif pour justifier le passage de cette large voie sur le plateau ne se dégage encore à l'heure actuelle. On peut simplement souligner que le contraste entre les caractéristiques géométriques de V1, comparables à celles d'une voie publique, et l'apparente modestie d'une fonction locale de desserte pose question.

Par ailleurs, l'agencement des voies sur le plateau présente quelques particularités. On n'observe aucun carrefour direct pour les voies orientées est-ouest, ce qui pourtant faciliterait les trajets sur le plateau lui-même, et au-delà, la communication entre la vallée de la Moselle et celle de la Meurthe. Un axe direct est-ouest passant par le plateau raccourcit sensiblement la distance à parcourir entre les deux vallées, par rapport à des trajets évitant le plateau. Les voies V8 et V12 desservent les plaines au sud-ouest et au sud-est du plateau. Elles sont reliées à V1, mais sont aménagées sans vis-à-vis, et notamment sans création d'un carrefour direct au niveau de V1. Ces voies V8 et V12 ont des gabarits différents, et n'ont peut-être pas le même statut (V12 est de même largeur que V1 et V6, et V8 a des dimensions plus modestes). Ceci n'explique pas pour autant pourquoi elles sont connectées à V1 avec un décalage d'une centaine de mètres, qui n'est pas justifié par la configuration topographique. Le

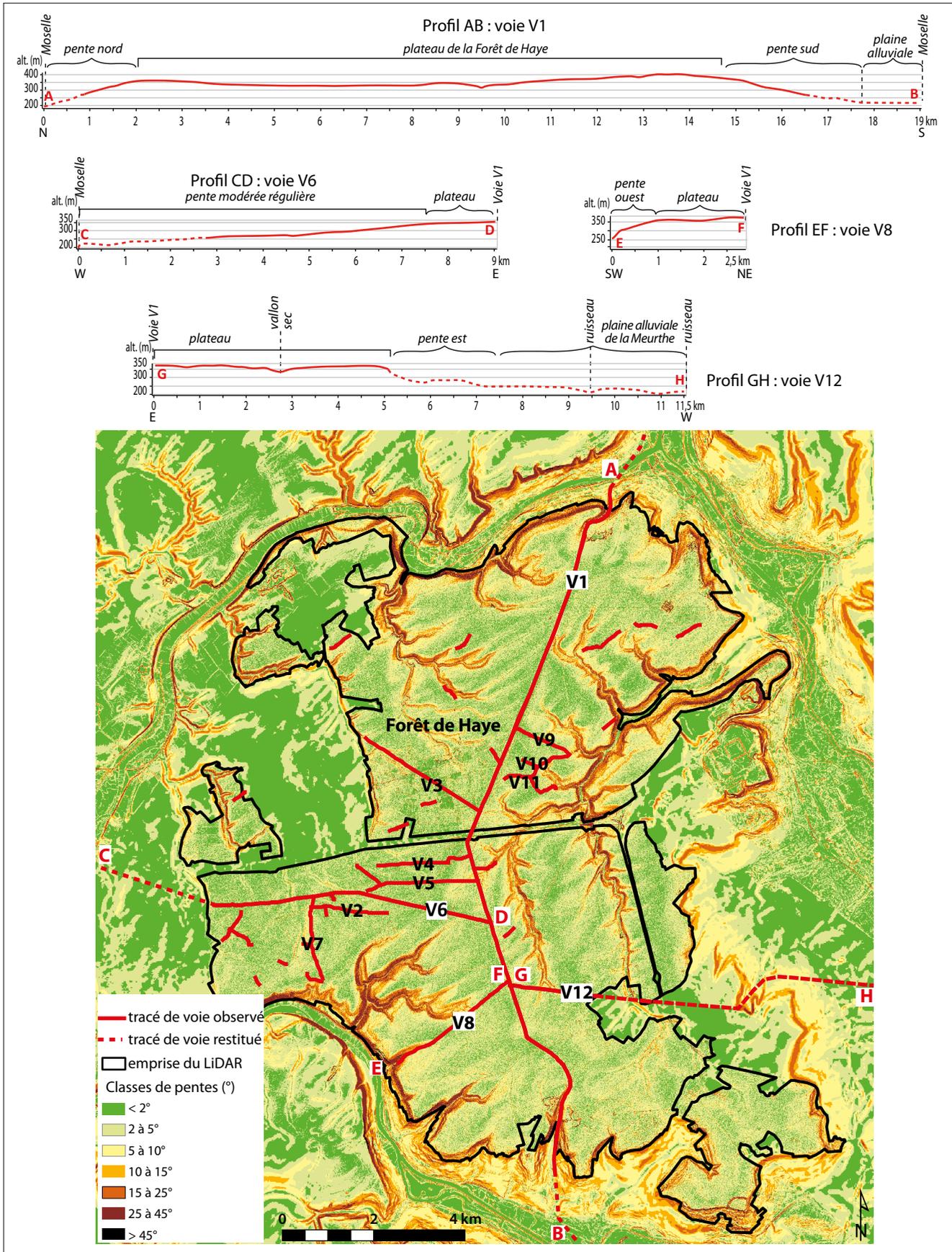


Fig. 12. Carte du relief naturel du plateau de Haye classifié en 7 catégories de pentes. Localisation des voies gallo-romaines (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données archéologiques de M. Georges-Leroy, DRAC Grand-Est, et les données topographiques RGE ALTI 5M IGN*).

relief naturel aurait permis l'aménagement de ces voies perpendiculairement à V₁, et en formant un carrefour unique. V₈ et V₁₂ présentent au contraire des angles obliques prononcés avec V₁, qui handicapent la communication est-ouest et semblent privilégier les circulations nord-ouest et nord-est. Cette configuration relève peut-être du hasard, mais elle est malgré tout surprenante, et il serait probablement intéressant d'étudier plus en détail les particularités des connexions viaires du plateau de Haye.

Plus généralement, on observe que toutes les connexions viaires dans la partie méridionale de V₁ sont agencées en dessinant des obliques, alors que dans la partie nord de V₁, les embranchements sont agencés perpendiculairement. Dans tous les cas, il n'y a jamais de vis-à-vis direct entre les voies circulant dans des directions est-ouest. Dans la partie méridionale, V₆ et V₅, qui mènent à Toul, ont un angle prononcé avec V₁, pénalisant la circulation du côté nord. Là aussi, le relief naturel n'est pas un obstacle à des connexions perpendiculaires qui auraient assuré une commodité de circulation égale en tous sens.

ÉTUDE DU PARCELLAIRE

Préambule

En Forêt de Haye, le relevé sur le terrain des vestiges archéologiques a débuté dès la fin des années 1970, et a connu un développement important à partir des années 2000, grâce aux travaux d'équipes de la DRAC de Lorraine, de l'INRA Nancy et de l'ONF (Georges-Leroy *et al.* 2012b). Les talus et levées pierreuses délimitant des parcelles ont été détectés sur le terrain et à l'aide d'un relevé LiDAR réalisé en 2007. De plus, les structures relevées par LiDAR ont été vectorisées sur SIG sous forme de linéaments³.

Les aménagements parcellaires de la Forêt de Haye ont été étudiés par le programme *Archæodyn*, antérieur au programme Rurland, et dont les résultats sont en cours de publication (Favory, dir. à paraître). Dans le cadre de l'atelier 1 d'*Archæodyn*, dirigé par M. Georges-Leroy, les linéaments parcellaires ont été assemblés pour former des unités surfaciques nommées "entités surfaciques limitées" (ESL). Le terme d'ESL a été choisi pour éviter d'éventuelles confusions avec la notion de parcelle, car les ESL peuvent correspondre à un seul champ (ou pâture), mais aussi à un groupe de champs. Les ESL ont été construites par analyse visuelle directe de la planimétrie parcellaire, et en tenant compte des variations du relief naturel (ruptures de pentes, par exemple). Une ESL est un polygone dont le périmètre correspond au tracé formé par les linéaments délimitant au moins trois côtés de l'unité surfacique qu'ils définissent. Ce mode de construction n'a permis de délimiter des ESL que dans les zones où les parcellaires sont datables de la période gallo-romaine. 500 ESL d'une surface comprise entre 0,4 et 16,7 ha (surface moyenne 4,5 ha), ont ainsi été identifiées en forêt de Haye.

D'autre part, pour l'ensemble des zones étudiées dans l'atelier 1 d'*Archæodyn*, l'information archéologique et géographique a été reformalisée en une représentation spatiale par mailles d'une résolution de 250 m de côté. L'ESL et la maille ont été créées pour pouvoir analyser les caractéristiques des différentes zones étudiées, pour lesquelles il était nécessaire de transformer les informations ponctuelles ou linéaires en données surfaciques. L'ensemble des résultats de ces analyses est présenté dans la publication du programme *Archæodyn* à paraître.

Dans le cadre de Rurland, nous avons repris le principe mis en place dans *Archæodyn*, consistant à transformer des données linéaires en information surfacique, mais en adoptant un processus méthodologique un peu différent, et un pas de résolution plus détaillé. Les recherches de l'atelier 1 visaient à produire une analyse comparative et statistique, pour obtenir un point de vue global sur des zones d'études aux trajectoires diverses, situées sur l'ensemble du territoire métropolitain. Pour Rurland, notre objectif a été d'aborder les formes et systèmes parcellaires sous l'angle de leurs morphologies et de leurs dynamiques, en examinant un corpus de zones spécifique au périmètre d'investigation du programme Rurland. Il s'agissait de mettre en évidence les spécificités de chaque zone étudiée, puis de les mettre en perspective pour dégager des points communs et des différences. Notre but a été d'analyser comment s'organisent les parcelles et comment elles s'agrègent en blocs pour former des systèmes. Nous avons essayé d'expliquer la structuration de la morphologie parcellaire, en recherchant les éléments

3. Le fichier sur SIG correspondant à ce relevé de linéaments parcellaires porte le nom : *Haye_lidar_parcellaire_v2*

morphogènes, en évaluant l'impact des voies, en mettant en évidence les contraintes topographiques, et en essayant aussi d'expliquer la présence de zones vides d'aménagements. Ce travail complémentaire à celui mené dans *Archaedyn* demandait d'adopter une échelle d'observation plus fine que celle définie pour l'atelier 1 de ce programme. Pour cette raison, nous avons privilégié pour Rurland l'étude de zones bénéficiant d'une information microtopographique obtenue par LiDAR, grâce à laquelle il est généralement possible de détecter les traces d'usage ancien des sols encore conservées à la surface de nos massifs forestiers actuels, puis de les étudier.

Nouveaux fichiers : point technique, métadonnées

Les données LiDAR réalisées en 2007 à l'initiative conjointe de la DRAC de Lorraine, de l'INRA et de l'ONF, ont été mises à disposition du programme Rurland. Ces données permettent de documenter précisément la topographie de la Forêt de Haye.

Deux classifications différentes des données LiDAR ont été effectuées après l'acquisition des données en 2007, appelées "Sintegra" et "G2B". Ces classifications ont permis de séparer les points LiDAR en deux grands ensembles : un groupe se rapporte aux points documentant le sol, et l'autre aux points de la végétation. Les classifications sont opérées à l'aide d'algorithmes mathématiques dont les paramètres sont réglables et varient notamment en fonction du degré de discrimination recherché pour le filtrage des points (on fait varier les valeurs-seuil permettant l'attribution à un ensemble ou l'autre). Le filtrage opéré par la classification "Sintegra" a été plus sélectif pour la classe de points-sol que celui de la version "G2B", et les Modèles Numériques de Terrain dérivés du filtrage "Sintegra" ont un aspect plus lissé, alors que ceux produits à partir du filtrage "G2B" donnent l'impression d'une texture de sol plus rugueuse. Les deux classifications présentent des avantages et des inconvénients : le lissage permet par exemple de générer des MNT plus esthétiques, et bien adaptés à la publication d'illustrations. Le modèle plus bruité est moins esthétique mais conserve potentiellement plus d'informations sur la microtopographie du sol.

Pour le programme Rurland, un nouveau MNT de résolution 50 cm a été généré à partir des points-sol correspondant à la classification "G2B". Cette classification a été préférée car elle procure l'information la plus complète sur la microtopographie du sol. Le nouveau MNT a été réalisé à l'aide du logiciel SAGA-GIS, en utilisant une technique Inverse Distance Weight, avec les paramètres reproduits sur la figure 13⁴. Les nouveaux fichiers ont conservé le système de projection dans lequel les données LiDAR ont été acquises, et sont projetés en EPSG 27572 (Lambert II étendu).

Inverse Distance Weighted	
[-] Data Objects	
[-] Shapes	
[-] >> Points	01_bloc010
Attribute	Z
[-] Options	
[-] Target Grid System	user defined
Cellsize	0.5
Left	876999.06000000006
Right	878000.06000000006
Bottom	2422998.9500000002
Top	2424000.4500000002
Columns	2003
Rows	2004
Fit	nodes
[-] Search Options	
[-] Search Range	local
Maximum Search Distance	3
[-] Number of Points	maximum number of nearest points
Minimum	1
Maximum	20
Direction	all directions
[-] Distance Weighting	
Weighting Function	inverse distance to a power
Inverse Distance Weighting Power	2
Inverse Distance Offset	<input type="checkbox"/>

Fig. 13. Paramètres utilisés pour générer un nouveau MNT de résolution 50 cm à partir des points-sol (version G2B) selon une technique Inverse Distance Weight avec le logiciel SAGA-GIS (C. Fruchart, Rurland 2017).

4. Les 164 blocs originaux ont été assemblés en 33 dalles (A1 à H1) pour faciliter leur manipulation. Tous les traitements de visualisation dérivés, générés avec ArcGIS, sont découpés suivant la grille présentée en figure 14

Plusieurs traitements de visualisation des données ont ensuite été appliqués au nouveau MNT : ombrages simples avec élévation 45° , azimut 270° et 0° ; pentes ; un modèle Topographic Position Index avec les paramètres indiqués sur la figure 15 (boîte à outils Jenness Tools pour Arcgis http://www.jennessent.com/arcgis/arcgis_extensions.htm). De plus, une visualisation à 315° a été faite sur le MNT Sintegra, utilisé pour des vérifications et comparaisons microtopographiques.

Une nouvelle version du linéaire parcellaire a été créée, appelée *Haye_lidar_parcellaire_v3*. Ce shapefile, dérivé du shapefile *Haye_lidar_parcellaire_v2* (données M. Georges-Leroy), contient de nouveaux linéaments (en rouge sur la fig. 16), détectés à partir des visualisations du nouveau MNT, et contrôlés avec le MNT Sintegra, si besoin, en plan et en vues 2.5D, si nécessaire.

Le réseau de chemins a aussi pu être complété (nouveau shapefile *chemin_CF*), essentiellement en relevant les tronçons présentant des doubles buttes parallèles typiques du réseau viaire en forêt de Haye (fig. 17).

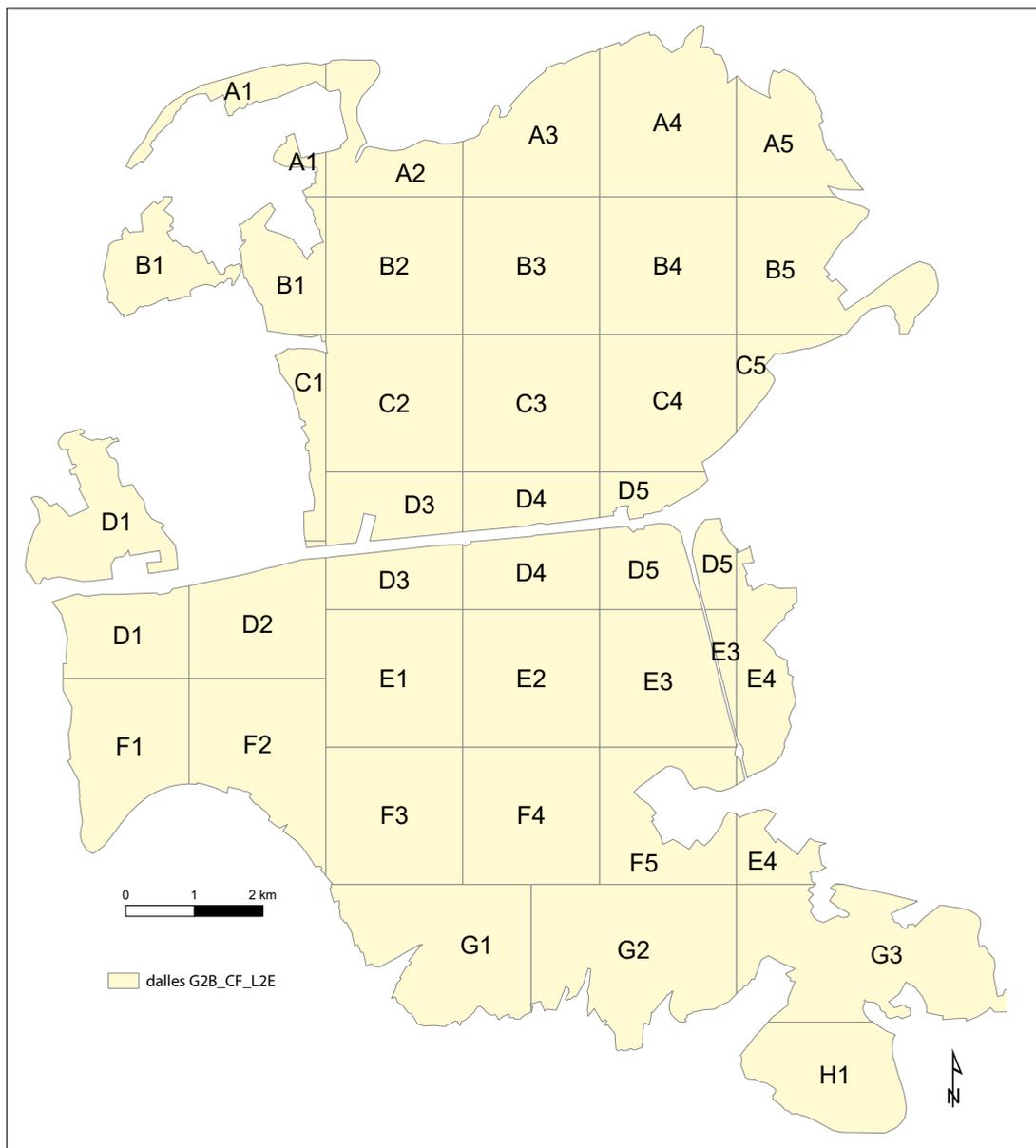


Fig. 14. Grille d'assemblage des 164 blocs originaux (G2B) en 33 dalles (A1 à H1) (C. Fruchart, Rurland 2017).

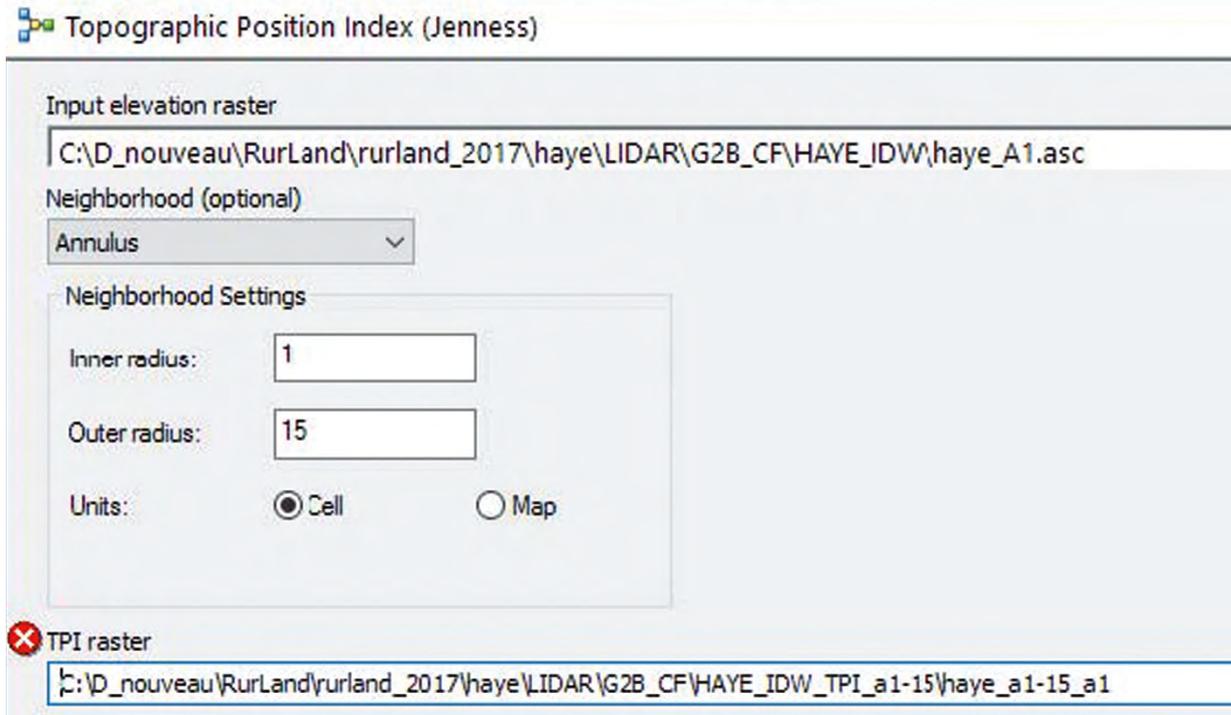


Fig. 15. Paramètres du modèle Topographic Position Index (boîte à outils Jenness Tools pour Arcgis http://www.jennessent.com/arcgis/arcgis_extensions.htm) généré à partir du nouveau MNT (C. Fruchart, Rurland 2017).

Tri des linéaments par orientations

Les linéaments parcellaires ont été triés en fonction de leurs orientations par sélection visuelle directe à partir de la nouvelle version du parcellaire *Haye_lidar_parcellaire_v3*. Un tri automatique a été exclu car le shapefile original *Haye_lidar_parcellaire_v2*, dont dérive le shapefile *Haye_lidar_parcellaire_v3*, contenait un grand nombre de segments de petite longueur, dû au protocole de digitalisation utilisé (cf. Georges-Leroy *et al.* 2012a). Une longueur insuffisante ne permet pas de garantir que l'inclinaison angulaire du segment vectorisé se situe dans un intervalle d'incertitude pertinent pour une opération de tri automatique des orientations⁵. Le tri a aussi été opéré manuellement car il fallait, de toute façon, examiner en détail le parcellaire et son insertion dans le relief, pour pouvoir ensuite l'étudier.

Ce tri a été réalisé en s'aidant de grilles orthogonales mobiles (mailles de 250 x 250 m) inclinées par pas de 10° (sens trigonométrique). Les linéaments retenus appartiennent aux orientations recherchées à ± 3 à 4°, soit une incertitude sur écran, à une échelle d'observation de 1/3 000, proche de ± 5 mm pour une longueur de 250 m. Le tri manuel a parfois permis de retenir des linéaments un peu sinueux mais présentant une orientation générale conforme à l'un des angles retenus. Une orientation supplémentaire, inclinée à 25°, a été recherchée, car de nombreux linéaments semblaient inclinés selon cet angle (probablement en lien avec des orientations naturelles de vallons secs). Les linéaments (peu nombreux) de la catégorie "non classifié" sont ou bien rectilignes mais hors des grilles, ou bien très sinueux. La direction à 80° n'a pas été recherchée pour gagner du temps et à cause du faible nombre de linéaments restant après le tri selon les autres angles, qui assurait déjà du faible impact de l'angle à 80° sur l'organisation parcellaire.

5. Par exemple : l'incertitude de l'orientation, à $\pm 4^\circ$ d'un segment long de 50 m (1,7 cm à l'échelle 1/3000), équivaut à produire une incertitude en longueur de ± 7 m (± 1 mm à l'échelle 1/3000), qui correspond à la longueur d'arc d'un rayon long de 50 m et incliné de 4°.

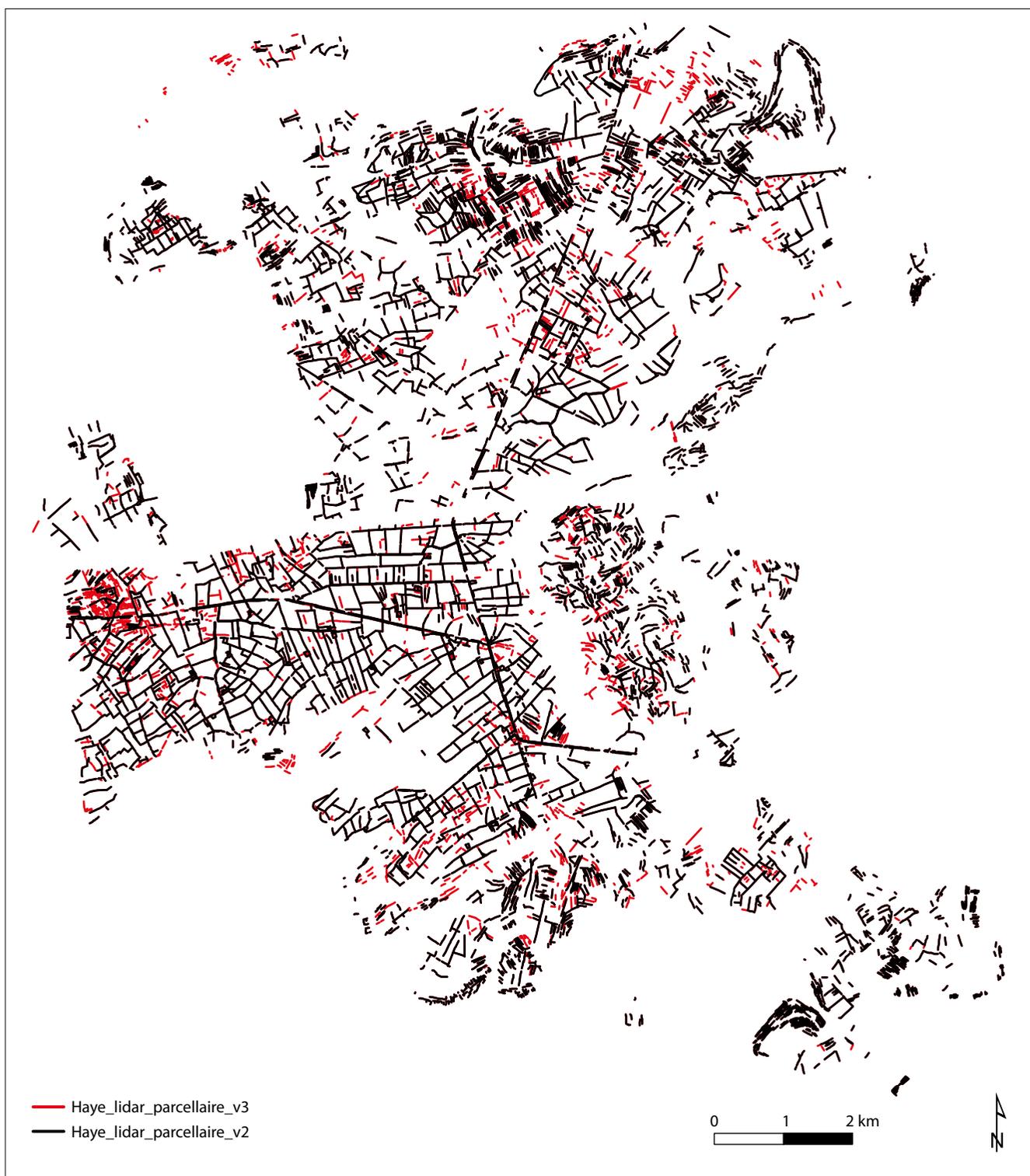


Fig. 16. Nouvelle version du linéaire parcellaire *Haye_lidar_parcellaire_v3* établie à partir du shapefile *Haye_lidar_parcellaire_v2* (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données de M. Georges-Leroy, DRAC Grand-Est).



Fig. 17. Aperçu du réseau de chemins figuré sur le shapefile *chemin_CF*. Visualisation du MNT suivant un ombrage simple, azimut 315°, élévation 45° (C. Fruchart, Rurland 2017 ; données LiDAR Haye 2007, DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF).

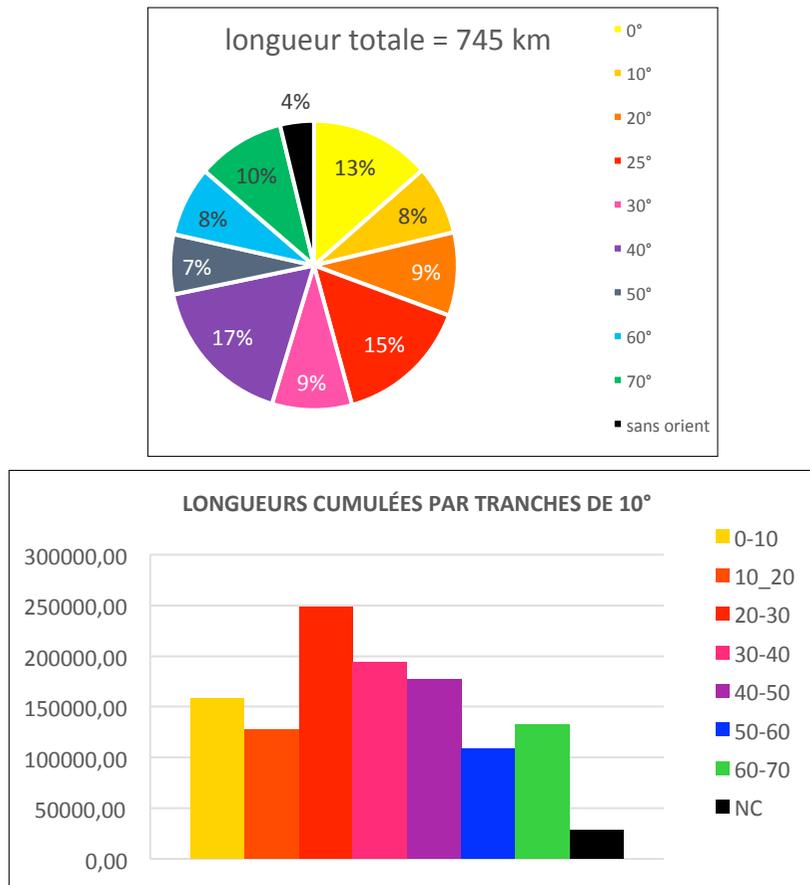


Fig. 18. Décompte des linéaments par orientation, exprimé en longueurs totales par classe (a) et en longueurs cumulées par séries de 2 groupes (b) (C. Fruchart, Rurland 2017).

Le choix d'une grille orthogonale est une simple commodité d'usage. Elle est à considérer comme un outil de tri neutre qui n'a pas eu pour but la recherche de systèmes parcellaires à trame orthogonale, régulière ou non. Les observations et analyses sur SIG se faisant généralement en référence à un système orthonormé, on s'est simplement conformé à cet usage.

Un décompte des linéaments par orientation est établi ci-dessous. Exprimées en longueurs cumulées, les orientations à 25° et 40° ($\pm 4^\circ$) dominent (cf. diagramme circulaire, fig. 18a). En additionnant les orientations par séries de 2 groupes pour éviter des effets de seuil (cf. histogramme fig. 18b : tranche 1 = 0° + 10° ($\pm \Delta_i$), tranche 2 = 10° + 20° ($\pm \Delta_i$), etc.), on constate la prédominance de l'orientation à 20-30° et, plus largement, celle des orientations entre 20 et 50°. Les agencements parcellaires renvoient probablement surtout à des adaptations au relief naturel et, a priori, assez peu à un appui sur des structures d'origine anthropique, comme le réseau viaire, ou une planification préalable généralisée.

Orientations	Nombre de segments	Longueur totale (m)
0-10	1798	158775
10-20	1501	127095
20-30	2901	248796
30-40	2224	193955
40-50	1916	176918
50-60	1222	108216
60-70	1501	131987
Non cherché	263	28302
TOTAL	8379	744778

Ce tri par orientations permet dans un premier temps de faire ressortir quelques grands ensembles de parcelles (fig. 19).

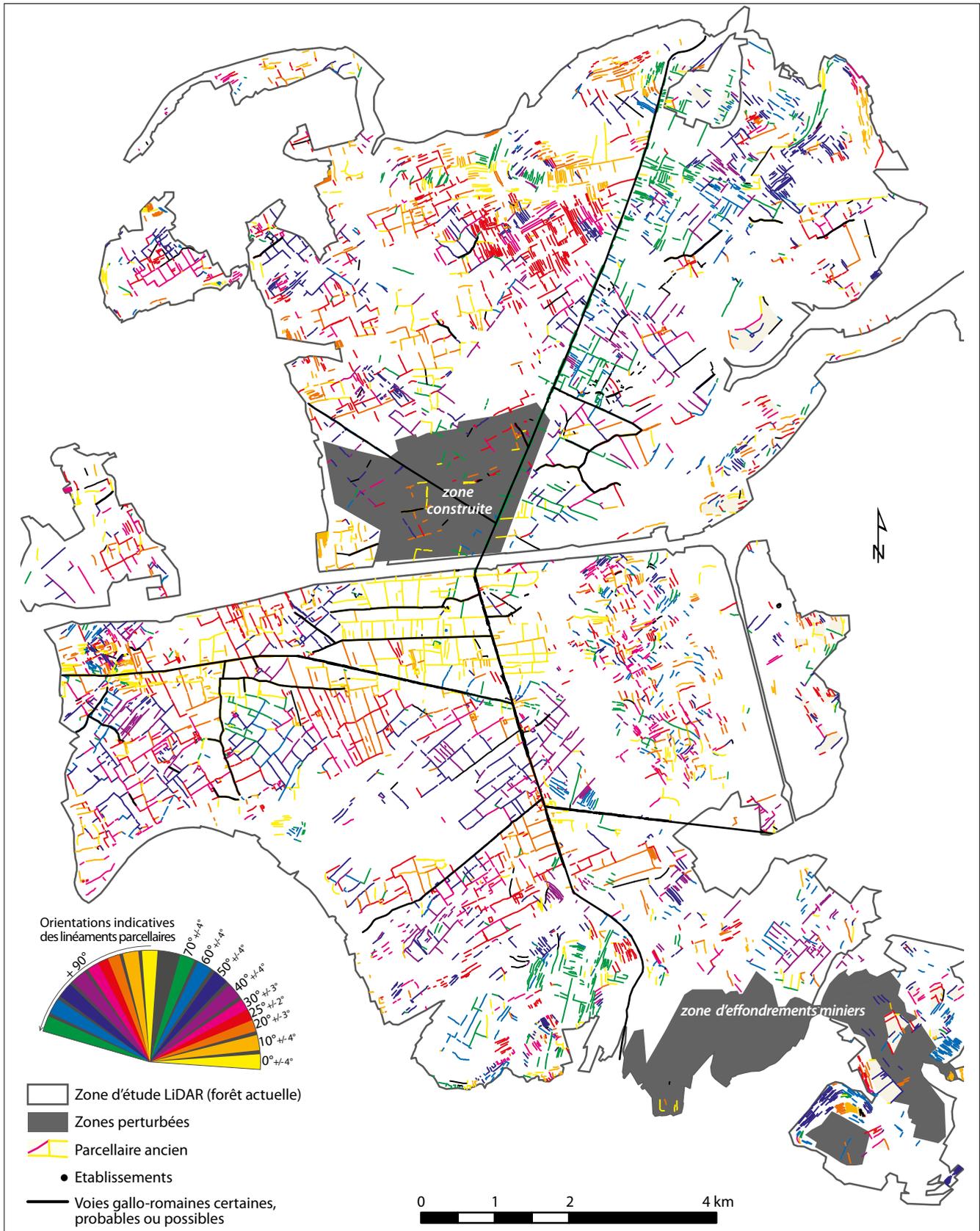


Fig. 19. Répartition spatiale des linéaments en fonction de leur classe d'orientation (C. Fruchart, Rurland 2017).

Recherche de blocs parcellaires

Choix de regroupements

Dans un deuxième temps, les linéaments ont été assemblés en blocs, en cherchant avant tout à définir des unités intermédiaires⁶, dont les limites sont notamment dictées par de grandes longueurs ininterrompues de linéaires. Puis, les blocs ont été triés en fonction des orientations majoritaires de linéaments qu'ils contiennent. Les figures 20 à 23 montrent une proposition de regroupement de parcelles par blocs en superposition avec la voirie et les établissements (fig. 20), l'emprise des blocs en superposition avec les linéaments parcellaires (fig. 21), une proposition de regroupement du parcellaire par grands ensembles (12 zones) (fig. 22), et les blocs triés en fonction de l'orientation dominante des linéaires qu'ils contiennent (fig. 23).

La caractérisation par blocs fait ressortir des zones vides d'aménagements parcellaires, de quelques dizaines à plusieurs centaines d'hectares, qui ne sont pas nécessairement en marge du massif. Certaines délimitations sont concrétisées par de très longs linéaments formant des limites bien nettes. Nous proposons l'hypothèse, pour ces zones, d'espaces boisés dès la période romaine.

Description des 12 zones de blocs parcellaires proposées

La zone 1, au nord de la forêt de Haye, est composée de grandes quantités de linéaments parallèles, très proches les uns des autres, formant des unités sensiblement quadrangulaires accolées les unes aux autres. Cette zone correspond à des surfaces classées comme médiévales à modernes par M. Georges-Leroy.

La zone 2 est formée de polygones plutôt trapus assemblés en gros blocs d'orientations diverses, eux-mêmes agglomérés en groupes. Contenant quelques établissements dispersés, ces agglomérats parcellaires occupent l'espace de façon discontinue. Les zones vides d'aménagements s'étendent sur plusieurs dizaines d'hectares et ne s'expliquent pas nécessairement par des difficultés topographiques ou des sols médiocres. En particulier vers l'est (entre la zone 2 et la zone 4), un espace grossièrement quadrangulaire de plus de 100 ha, assez proche de la voie V₁, présente des délimitations bien nettes et s'étend sur des sols qui semblent plutôt fertiles et favorables aux cultures. On verrait volontiers ici un espace au périmètre prédéfini et laissé intentionnellement vide d'aménagements agraires.

À l'est de la forêt, la zone 3 n'a pas de structuration claire. On perçoit de grands blocs polygonaux dans sa partie nord, mais l'observation est gênée par des aménagements militaires contemporains (fort de Frouard) et par des traces agraires récentes. L'implantation des établissements semble coïncider avec la limite, marquée par un chemin, d'un grand espace d'environ 200 ha aux sols pauvres, presque vide de parcellaire.

La zone 4 est un ensemble clairement en appui sur la voie V₁, avec un développement asymétrique, pour l'essentiel vers l'est. La limite sud/sud-ouest de cette zone et ses connections avec les zones 2, 5 et 6, est difficilement identifiable, du fait des aménagements qui occupent aujourd'hui cette partie de la forêt.

La zone 5 est formée de polygones plutôt trapus, géométriquement assez proches de ceux de la zone 2. Ils occupent tout l'espace disponible, regroupés en blocs agglomérés les uns aux autres selon des orientations diverses. L'habitat est plutôt regroupé, situé à proximité des voies V₇, V₆ et V₂. Les blocs parcellaires prennent partiellement appui sur les voies V₂ et V₇, mais peu sur la voie V₆, sauf à l'extrémité nord-ouest de la zone, où d'ailleurs aucune orientation parcellaire dominante ne ressort, à la fois par manque de dominances d'orientations linéaires, et par manque de clarté de cette zone située en limite de relevé LiDAR.

La zone 6 est structurée par une trame à bandes coaxiales d'orientation est-ouest, intégrant les voies V₄ et V₅. Dans sa partie méridionale, les blocs sont en appui sur V₅. Les bandes parcellaires se développant vers l'ouest, qui constituent l'essentiel de cette zone 6, ne semblent pas en appui sur V₁, alors que les blocs parcellaires installés à l'est, d'extension bien moindre qu'à l'ouest, le sont. Ils adoptent en partie une trame est-ouest (est de V₅), et forment aussi deux

6. Pour une définition de la notion d'unité intermédiaire, on peut se reporter à un article de G. Chouquer librement consultable en ligne : <https://www.formesdufoncier.org/pdfs/Forme-Intermediaire.pdf> (consulté le 8 février 2018).

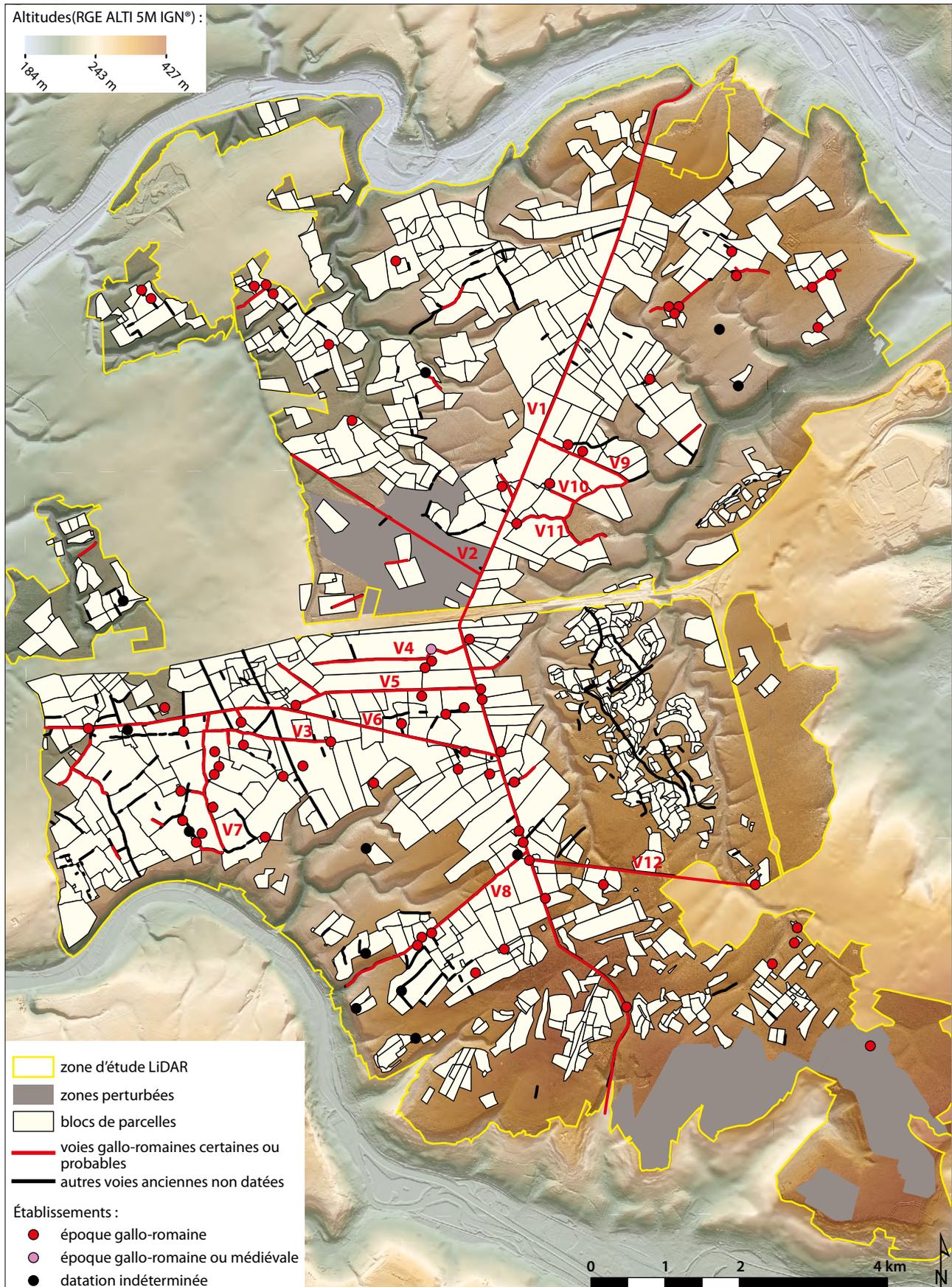


Fig. 20. Proposition de regroupement de parcelles par blocs en superposition avec la voirie et les établissements (C. Fruchart, Rurland 2017 ; données archéologiques M. Georges-Leroy, DRAC Grand-Est ; fond topographique d'après données LiDAR Haye 2007, DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF et RGE ALTI 5M IGN®).

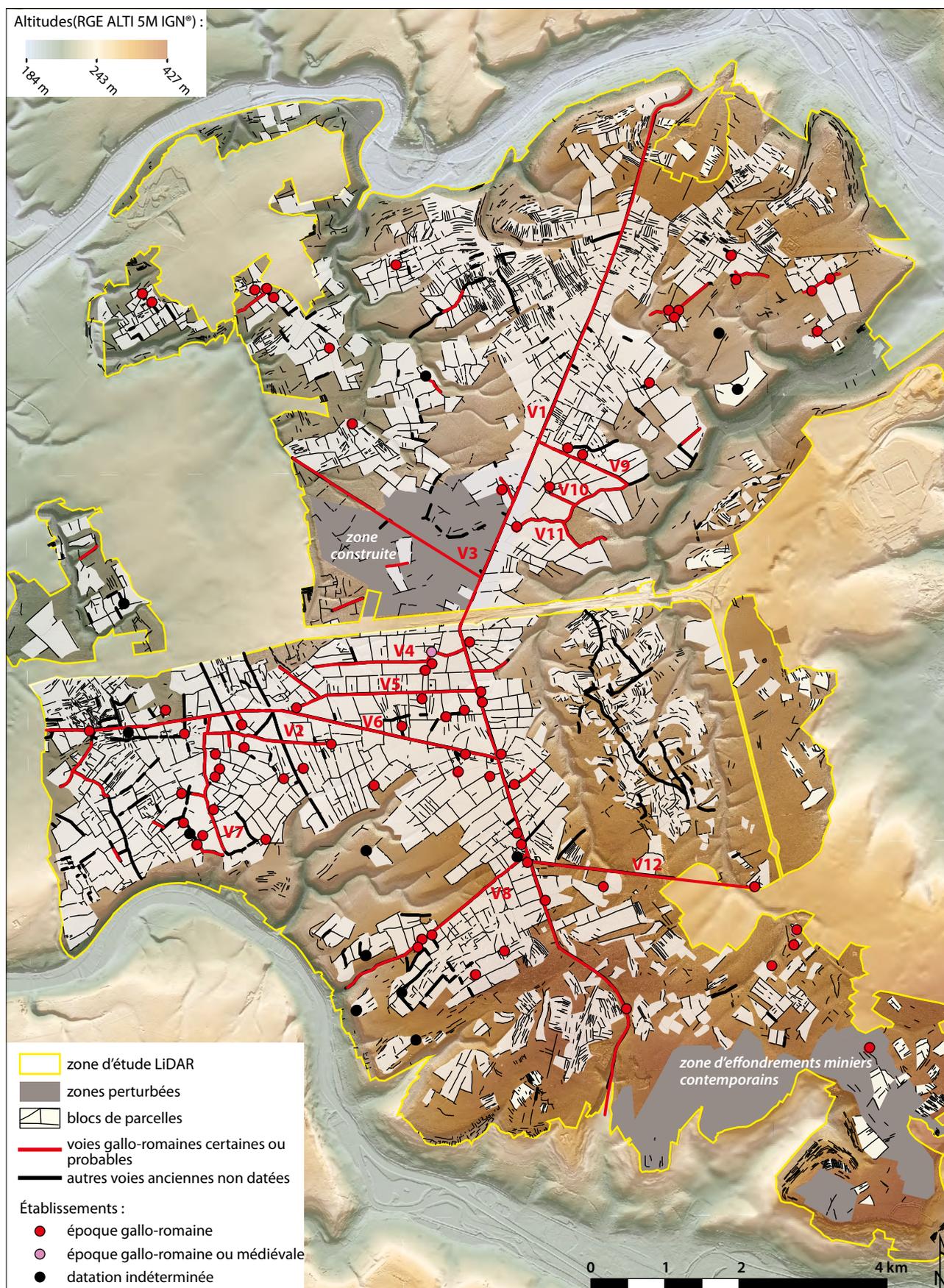


Fig. 21. Emprise des blocs en superposition avec les linéaments parcelaires (C. Fruchart, Rurland 2017 ; données archéologiques M. Georges-Leroy, DRAC Grand-Est ; fond topographique d'après données LiDAR Haye 2007, DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF et RGE ALTI 5M IGN®).

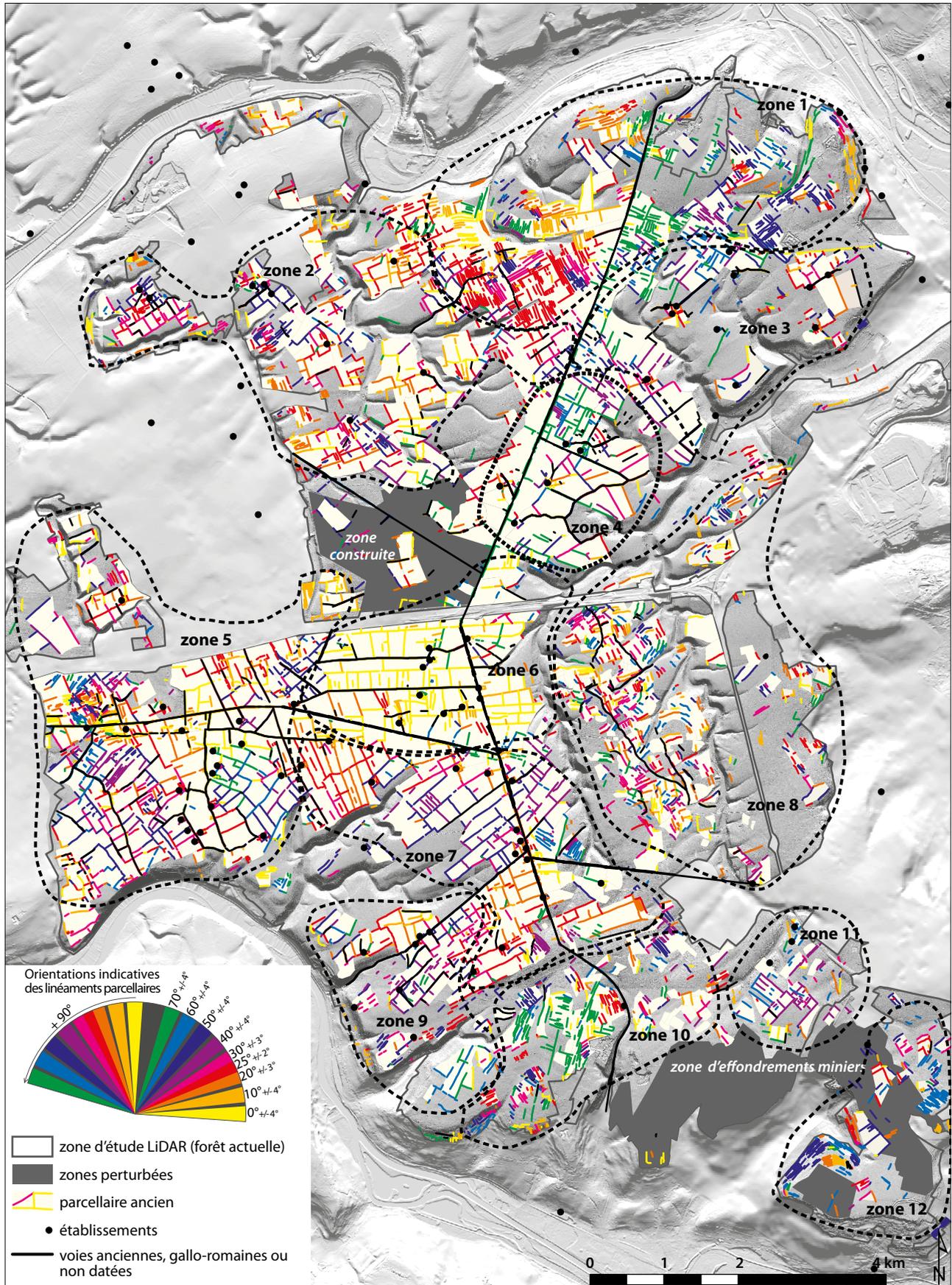


Fig. 22. Proposition de regroupement du parcellaire par grands ensembles en 12 zones (C. Fruchart, Rurland 2017 ; données archéologiques M. Georges-Leroy, DRAC Grand-Est ; fond topographique d'après données LiDAR Haye 2007, DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF et RGE ALTI 5M IGN®).

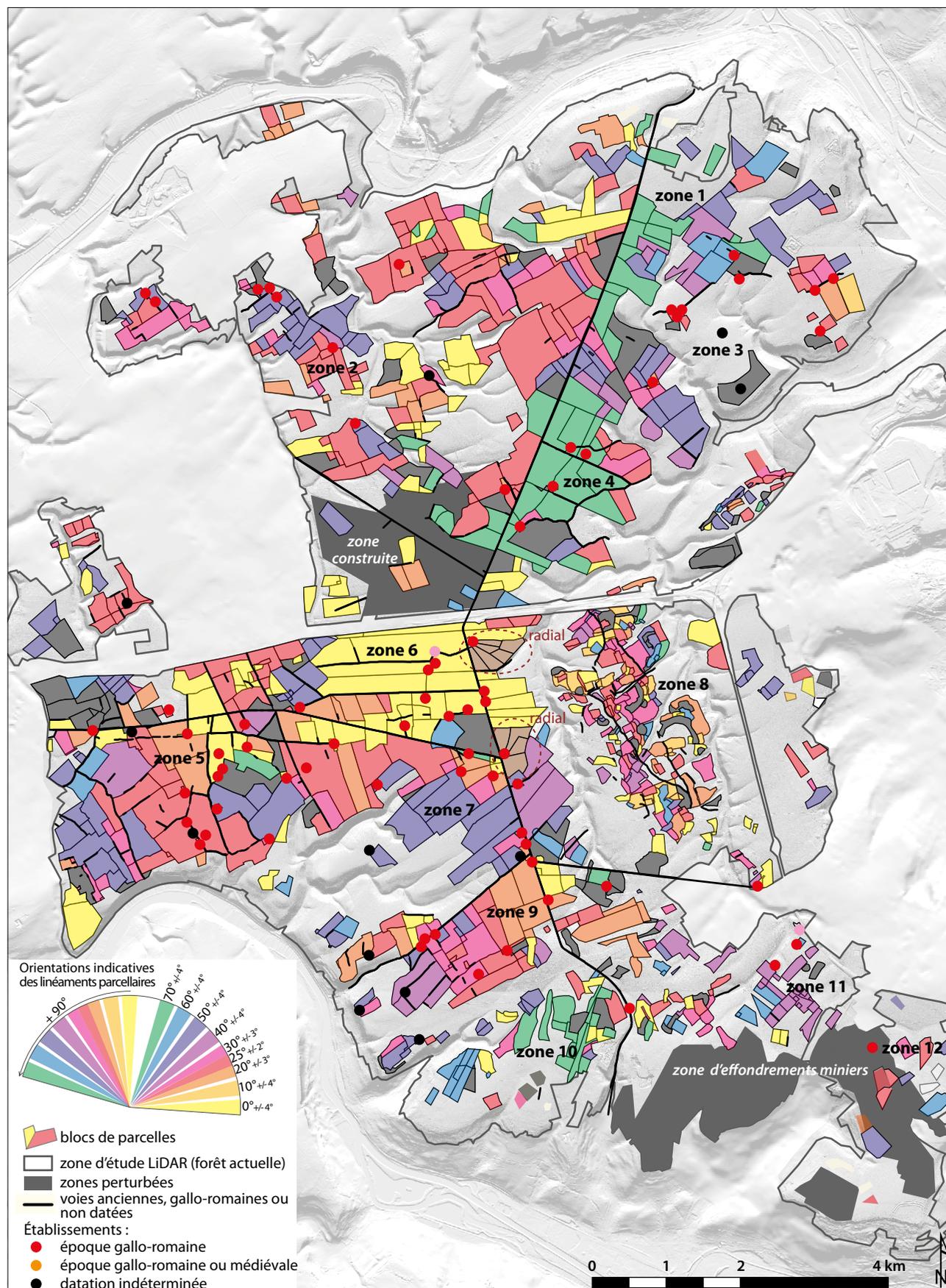


Fig. 23. Tri des blocs en fonction de l'orientation dominante des linéaires qu'ils contiennent (C. Fruchart, Rurland 2017 ; données archéologiques M. Georges-Leroy, DRAC Grand-Est ; fond topographique d'après données LiDAR Haye 2007, DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF et RGE ALTI 5M IGN*).

petites zones de parcelles à déploiement radial autour d'établissements, l'un au nord-est à la jonction entre V₄ et V₁, l'autre au sud-est à la jonction entre V₆ et V₁. La voie V₆, qui passe au sud-ouest de la zone 6, recoupe la plupart des blocs, indiquant probablement son aménagement postérieur au parcellaire. La voie V₆ pourrait avoir remplacé la voie V₂ axée est-ouest, située légèrement plus au sud. Le tracé de V₂ est repérable de façon seulement fragmentaire sur le relevé LiDAR.

La zone 7 est constituée de réseaux parcellaires à trames en bandes coaxiales d'orientations diverses dictées par le relief. Les séries de bandes sont accolées les unes aux autres et prennent appui à l'est et à l'ouest sur V₁.

Les zones 5, 6 et 7 se touchent, et les blocs de jointure aménagés entre les différentes trames occupent tout l'espace disponible.

La zone 8 correspond à un ensemble où les linéaments évoquent des vermicelles. Cette zone se démarque franchement par rapport au reste de l'espace aménagé sur le plateau de Haye, d'un point de vue spatial et planimétrique. Spatialement, elle semble un peu isolée, séparée des autres par un large espace vide (300 à 800 m selon les endroits), marqué dans le relief naturel par un profond vallon sec. Aucun établissement n'y a été identifié. D'un point de vue planimétrique, un ou des assemblages par blocs peuvent être proposés. Ils font ressortir une topographie très différente de celle des autres zones parcellaires. Les blocs de tailles et de formes variables sont nettement plus petits que dans les autres zones. Ils sont rarement quadrangulaires et se rapportent peu, globalement, à un référentiel orthogonal. Le découpage en blocs proposé ici repose sur les mêmes critères que pour les autres zones : on a privilégié des délimitations par rapport à des longueurs de linéaments ininterrompues les plus longues possibles, tout en conservant les indices d'agglomérations et/ou d'emboîtements de parcelles. L'ensemble n'est pas sans structuration, si on prend en compte des découpages qui s'affranchissent de l'orthogonalité (fig. 24).

Des agglomérats de parcelles s'organisent le long de chemins sinueux. Ils forment des groupes, disjoints ou accolés, contenant des blocs de surfaces diverses. Par endroits, on peut percevoir des blocs sensiblement quadrangulaires sous-jacents, qui pourraient être partiellement masqués par les blocs irréguliers (blocs en gris sur la fig. 25, par exemple). Ce possible chevauchement pourrait refléter la succession de deux systèmes parcellaires ; les découpages irréguliers auraient partiellement effacé des aménagements polygonaux à trame orthogonale plus anciens.

Une autre explication est possible : les traces les plus visibles, celles qu'on relève de façon évidente sur le relevé LiDAR, pourraient être des marques du travail du sol qui renvoient à des unités de culture, et non à des limites parcellaires qui organisent l'espace foncier. Si on envisage ce cas, la coexistence des deux systèmes est possible. La figure 26 (Villey-St-Etienne, nord-ouest de la forêt de Haye) montre cette cohabitation actuelle d'unités de cultures aux contours irréguliers dans un réseau parcellaire formé essentiellement de quadrilatères sensiblement rectangulaires.

Les "vermicelles" de la zone 8 amènent à réfléchir sur ce que nous percevons à partir du LiDAR : nous détectons des limites parcellaires, conservées sous forme de levées, de fossés, de replats. Nous détectons aussi les indices du travail du sol, actuels ou passés : billons et sillons, crêtes de labour, nivellements, etc., dont l'agencement peut conduire à une topographie ou à un plan autre que celle du découpage parcellaire. En forêt de Haye, on observe des parcelles identifiées uniquement par leurs limites, où on ne perçoit aucun indice microtopographique du travail du sol (le cas le plus fréquent). On relève aussi probablement des surfaces uniquement délimitées par des indices du travail du sol. Cette "double lecture" du parcellaire, notamment celui conservé dans cette partie orientale de la Forêt de Haye, est possible parce que le relevé LiDAR fournit une information microtopographique suffisamment précise et parce que ces données ont fait l'objet d'un examen poussé, faisant appel à des techniques de visualisation des données LiDAR avancées. Elle est aussi possible car cette information nous est parvenue grâce à la préservation des indices anciens du travail du sol, préservés de l'érosion par une couverture boisée certainement en place depuis l'abandon de ces ensembles agropastoraux. De futures investigations, menées à l'échelle de tout le plateau de Haye, et visant à mettre en évidence d'éventuels indices de successions d'agencements parcellaires, ainsi que les traces spécifiquement laissées par le travail du sol, permettraient peut-être de progresser dans la connaissance de la dynamique globale d'occupation agro-sylvo-pastorale de cette zone aux périodes antiques et médiévales.

La zone 9 est composée de blocs parcellaires assez semblable à ceux des zones 2 et 5. Ils pourraient aussi être assimilés à un ultime prolongement du réseau parcellaire à trame en bandes coaxiales de la zone 7. Les blocs de la zone 9 se développent vers le sud en prenant appui sur V₈.



Fig. 24. Vue de détail du découpage en blocs proposé pour la zone 8 (C. Fruchart, Rurland 2017 ; fond topographique d'après données LiDAR Haye 2007, DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF).



Fig. 25. Vue de détail de possibles superpositions de blocs proposées pour la zone 8 (C. Fruchart, Rurland 2017 ; fond topographique d'après données LiDAR Haye 2007, DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF).



Fig. 26. Vue orthophotographique de la superposition actuelle d'unités de cultures aux contours irréguliers sur un plan parcellaire contenant des quadrilatères sensiblement rectangulaires (commune de Villey-St-Étienne, Meurthe-et-Moselle, source BD ORTHO et BD Parcellaire IGN®).

Les zones 10 et 12 sont difficiles à étudier, à cause des perturbations du relief (zone d'effondrements miniers) et du manque de consistance général des vestiges parcellaires.

La zone 11 est une petite zone comprenant des structures gallo-romaines, ainsi que des vestiges d'extractions de surface de minerai. Le parcellaire présente un caractère géométrique particulier, qui évoque plutôt une géométrie de bâti que du parcellaire. L'interprétation de cette zone reste ouverte.

Blocs parcellaires et caractéristiques du sol

Pour mettre en évidence des facteurs d'attraction/répulsion, les distributions du parcellaire ont été croisées avec une carte des niveaux de fertilité des sols en 3 classes (favorable, médiocre, mauvaise, fig. 27), établie d'après la carte des stations forestières (source J.-L. Dupouey, INRA Nancy).

Les distributions du parcellaire ont aussi été croisées avec la carte géologique (fig. 28) et la carte pédologique (fig. 29). Les degrés de pente ont été également pris en compte pour identifier leur impact sur l'installation de parcelles. Sur la figure 28, trois sous-niveaux du Bajocien sont proposés, pour rendre compte sur cette zone de la forêt de Haye de distinctions faites sur la carte géologique 1/50 000 papier, et indiquées dans la notice correspondante. Mais ces trois sous-niveaux ne sont ni

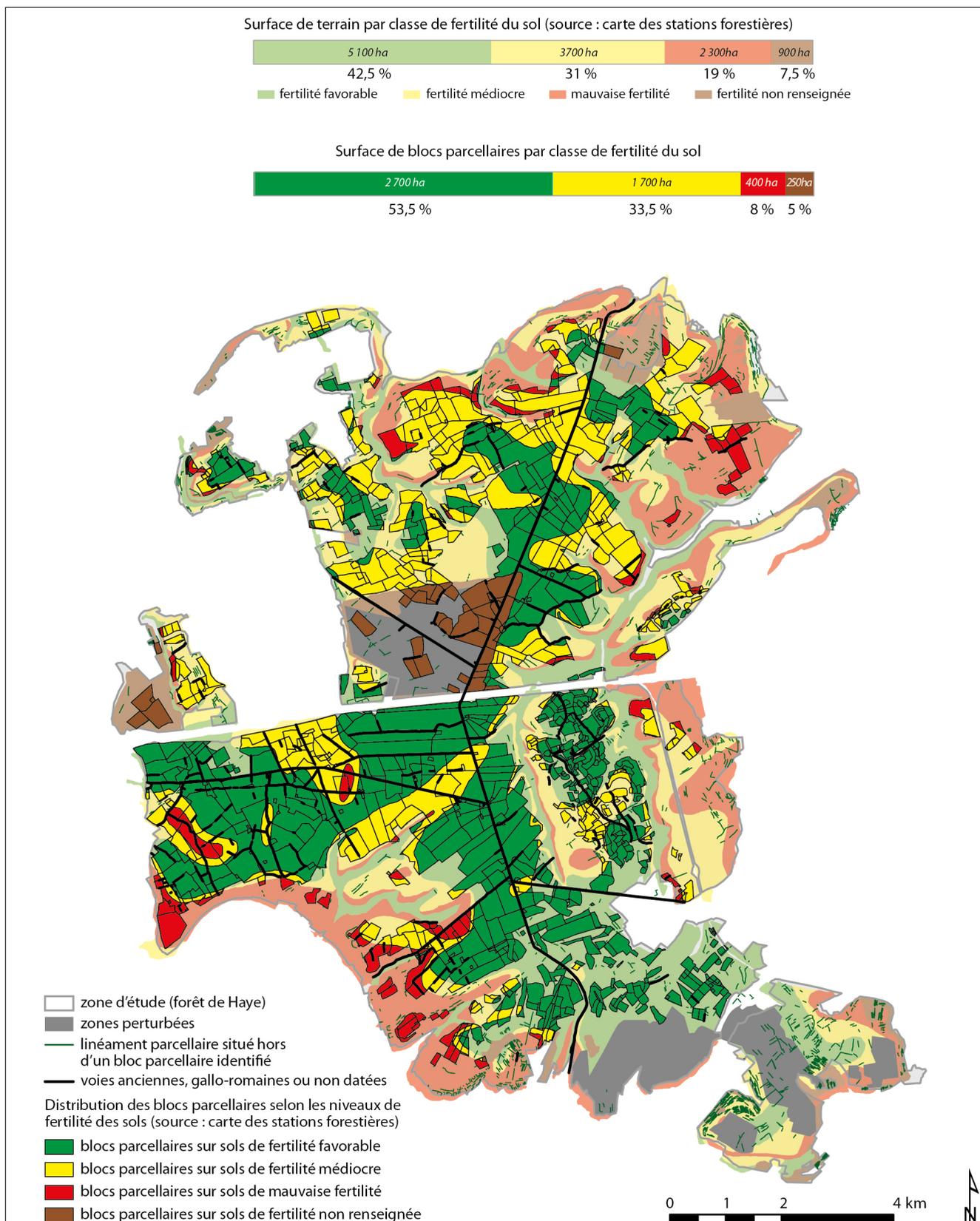


Fig. 27. Répartition des blocs parcelaires sur une carte des niveaux de fertilité des sols en 3 classes (favorable, médiocre, mauvaise) (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données de J.-L. Dupouey, carte des stations forestières, INRA Nancy).

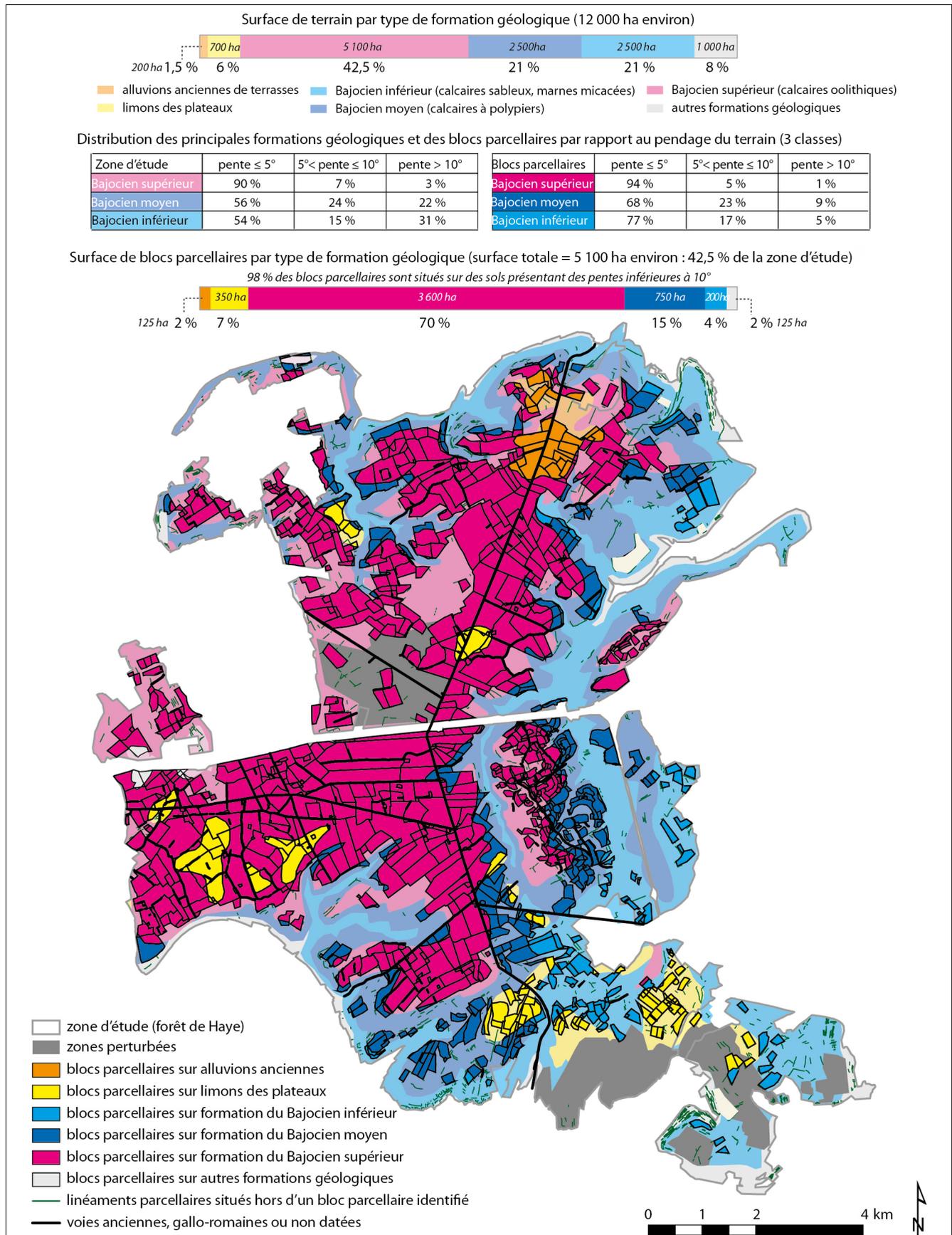


Fig. 28. Répartition des blocs parcellaires sur une carte schématique des formations géologiques (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données du BRGM, Carte géologique 1/50 000 vecteur harmonisée avec MNT, Feuille N°897 - Meurthe-et-Moselle).

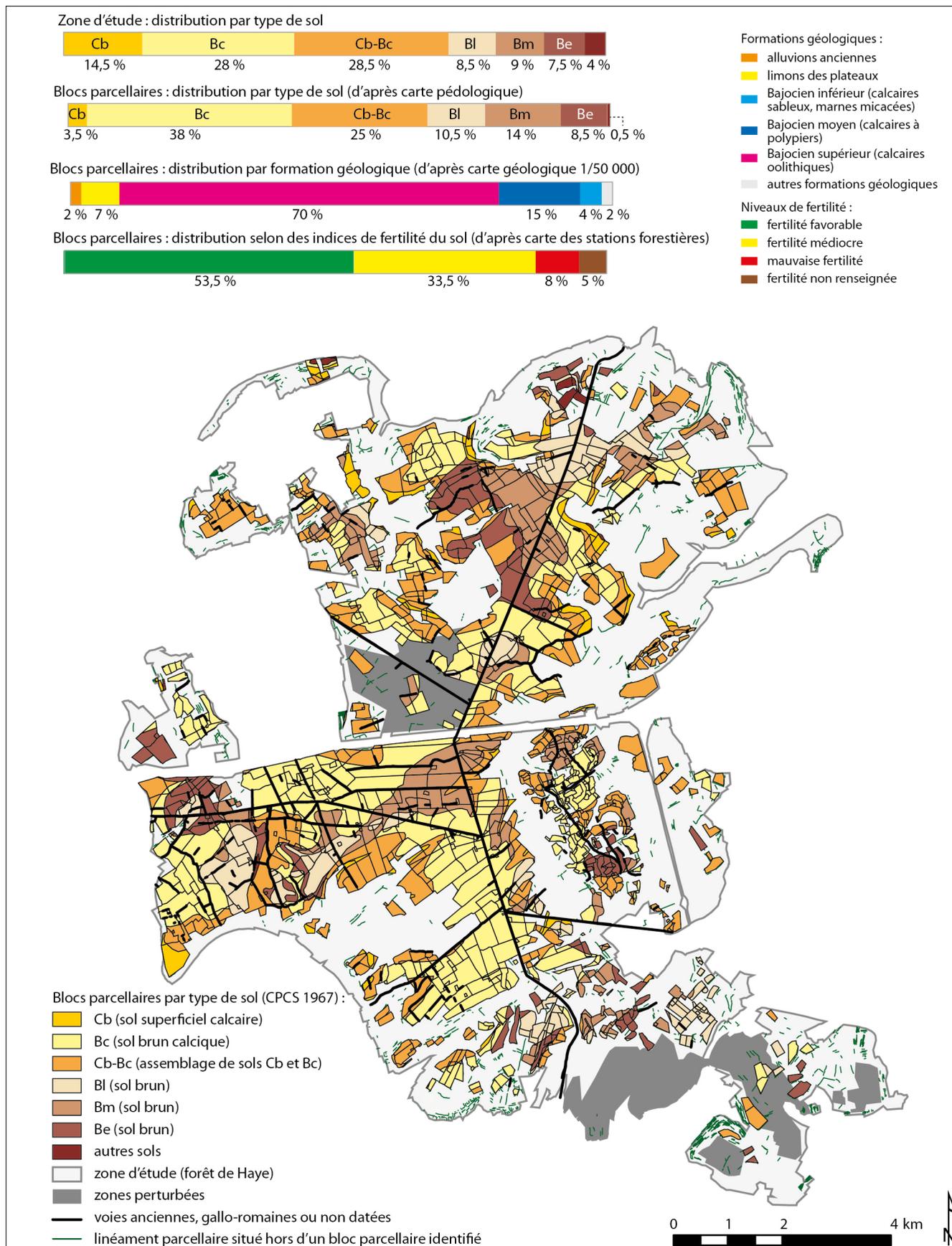


Fig. 29. Répartition des blocs parcelaires en fonction des types de sols (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données de M. Gury et M. Becker, Carte pédologique du plateau de Haye).

figurés ni cités en légende sur la carte vecteur harmonisée à 1/50 000, plus récente, et utilisée comme fond de carte géologique de référence (fig. 3).

Du point de vue pédologique, six types de sols sont principalement représentés sur la zone de la forêt de Haye et dans les blocs parcellaires : Bc, Be, Bl, Bm, Cb et Cb-Bc. La caractérisation des types de sol se réfère à Gury, Becker 1972⁷. Une transcription des types de sol en fonction du référentiel pédologique de 2008 (Baize & Girard 2009) reste à proposer. La figure 29 est donnée sous réserve de validation par des spécialistes de ces sols.

Cb est un sol très superficiel à très faible réserve en eau, franchement calcaire. Ce sol de mauvaise qualité est très peu utilisé dans les blocs parcellaires.

Bc sont des sols bruns calciques plutôt fertiles, superficiels à moyennement profonds. Ce sont les sols les plus fréquemment rencontrés sur le plateau de Haye dans les zones de réseaux parcellaires agricoles anciens.

Les sols Cb-Bc sont un assemblage mal défini de sols Cb et Bc : la variation importante de la profondeur à laquelle on rencontre la roche calcaire sur le plateau, a pour effet de faire cohabiter des zones de sols se rattachant à Bc et d'autres à Cb. Cette catégorie de sol est la plus représentée sur la zone d'étude. Elle n'est pas exclue des sols agricoles anciens, mais ne constitue pas non plus un type de sol particulièrement recherché.

Be, Bl et Bm sont des sols bruns, en principe de bons sols agricoles. Ils sont assez peu répandus sur le plateau, mais bien exploités dans les blocs parcellaires anciens. Les zones de limons anciens, à proximité desquelles on trouve fréquemment des habitats antiques, sont quasiment entièrement constituées de sols de type Bl.

Le premier critère d'installation des parcelles semble être topographique, avec une nette exclusion des pentes prononcées : 98 % des blocs sont situés sur des terrains de pente inférieure à 10°. Ensuite, on remarque une attractivité sensible des terrains sur des formations géologiques du Bajocien supérieur (70 % des blocs, alors que seulement 42,5 % de la zone d'étude correspond à ce niveau géologique), et probablement un caractère répulsif des sols sur formations du Bajocien inférieur (seulement 4 % des blocs, alors que ce niveau occupe 21 % de la zone d'étude). La bonne fertilité est assurément un facteur attractif, mais un tiers des blocs sont aménagés sur des sols médiocres, et la moindre fertilité ne semble donc pas être un facteur d'exclusion. Le pourcentage de blocs parcellaires sur sols médiocres (33,5 %) est d'ailleurs légèrement supérieur au pourcentage de sols médiocres disponible sur la zone d'étude (31 %). En revanche, les mauvais sols sont peu cultivés (8 % du parcellaire contre 19 % de la zone d'étude), indiquant bien leur caractère répulsif.

Le croisement entre les cartes géologiques, pédologiques et de fertilité (fig. 30) montre que les sols Bl et Bm sont principalement considérés de bonne fertilité sur la carte des stations forestières. D'un point de vue géologique, les sols Bl sont développés sur des limons anciens et Bm et sur des niveaux du Bajocien supérieur (calcaires oolithiques assez compacts). Les sols de type Bc sont de fertilité bonne ou moyenne et majoritairement situés sur des formations du Bajocien supérieur. Les couches Cb-Bc sont réparties sur tous les niveaux du Bajocien, avec une nette prédominance du Bajocien moyen (calcaires à polypiers et à entroques). Le niveau Cb, le plus mauvais sol, est majoritairement situé sur du Bajocien inférieur (calcaires sableux).

Remarques sur les morphologies de linéaments parcellaires

La figure 31 indique la localisation de profils réalisés sur différentes zones parcellaires, présentés dans les pages suivantes, et obtenus à partir des informations altimétriques du MNT décrit dans les premières pages de ce compte rendu. La figure indique aussi la répartition des linéaments en fonction de leur forme : levée simple, talus + levée, talus simple. La carte des répartitions et le diagramme circulaire sont établis d'après la table attributaire du shapefile *Haye_lidar_parcellaire_v2*.

7. Gury M. et Becker, M., 1972. *Carte pédologique du plateau de Haye. Notice explicative*. Centre de pédologie biologique, Vandœuvre, France. 46 p.

			FERTILITE			GEOLOGIE			
			favorable	médiocre	mauvaise	Bajocien sup.	Bajocien moy.	Bajocien inf.	limons
ZONE D'ETUDE	surface totale	en hectares	5100	3700	2300	5100	2500	2500	700
		en %	42,5	31	19	42,5	21	21	6
	type de sol (%)	Cb	11	13	30	2,5	25,5	29	0
		Bc	29	30	16	45	18	15	2
		Cb-Bc	16	38	44	27,5	43	27	3
		Bl	14	5	1	2,5	1,5	2	85
		Bm	15	5	2	13	5	8	5
		Be	11	7	2	9	6	9	4
autres	15	15	5	0,5	1	10	1		
BLOCS PARCELLAIRES	surface totale	en hectares	2700	1700	2300	3600	750	200	350
		en %	53,5	33,5	8	70	15	4	7

RATIO sol exploité/sol disponible	type de sol	sol disponible (ha)	sol utilisé (ha)	ratio (%)
	Cb	1700	200	12
	Bc	3400	2000	59
	Cb-Bc	3400	1300	38
	Bl	1000	500	50
	Bm	1100	700	64
	Be	900	400	44

Les sols préférés sont Bc, Bl, Bm
Le sol le moins recherché est Cb

Fig. 30. Tableau simplifié croisé des informations pédologiques, géologiques et de fertilité des sols (C. Fruchart, Rurland 2017).

Zone parcelaire 1 (fig. 32)

Les microreliefs relevés sur cette zone sont un mélange d'épaulements/talus et de levées de faibles hauteurs, qui correspondent probablement à des marques de culture. L'ensemble fait penser à des séries de planches de culture, longues et étroites.

Le profil transversal AB montre un léger étagement des parcelles qui semble insuffisant pour des terrasses. Il est hasardeux d'assimiler ces profils à des rideaux de culture, car le pendage naturel du terrain est très faible. De plus, le profil EF, pris en travers des parcelles, n'évoque pas vraiment des rideaux de culture. Le léger étagement pourrait être consécutif à la répétition de pratiques aratoires dans les parcelles, ce qui aurait eu tendance à niveler les surfaces intra-parcellaires, et à façonner de manière fortuite le relief en escalier.

Zone parcelaire 2 (fig. 33 et 34)

La zone a été choisie car elle est bien représentative des structures de cette partie du massif. Elle contient un enclos avec un bâtiment d'époque romaine daté par du mobilier, et du parcelaire polygonal typique de cette zone. Les linéaments parcelaires (en noir sur la fig. 33) sont bien visibles, et on remarque également quelques dépressions évoquant des mardelles. On identifie un chemin au sud (en jaune) grâce à un linéament avec double butte et, au nord-ouest, de petites extractions correspondent probablement à une ancienne carrière (non datée).

Pour une meilleure lisibilité des microreliefs, le parcelaire forestier actuel, les divers chemins et les cloisonnements forestiers récents ont été dessinés dans un brun proche de la couleur de fond, pour une meilleure lisibilité de microreliefs, très discrets mais bien réels, qui ne se rapportent ni aux structures actuelles, ni aux linéaments parcelaires déjà relevés. Ces reliefs résiduels pourraient correspondre à des traces agraires, peut-être des vestiges d'unités de culture. Les traces pouvant former

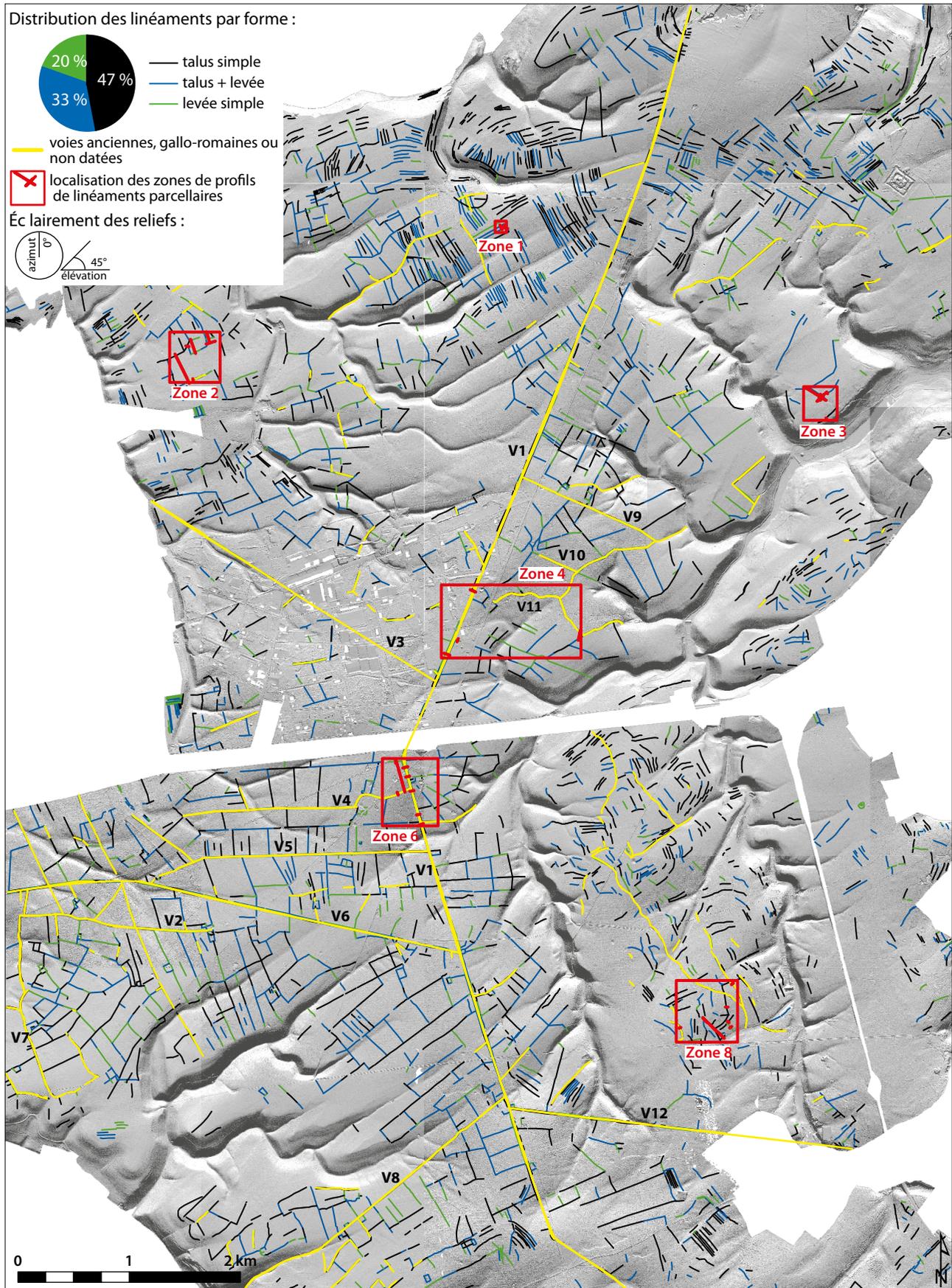


Fig. 31. Localisation des profils réalisés sur différentes zones parcelaires. Répartition des linéaments en fonction de leur géométrie : levée simple, talus + levée, talus simple (C. Fruchart, Rurland 2017 ; données M. Georges-Leroy, DRAC Grand-Est ; fond topographique d'après données LiDAR Haye 2007, DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF).

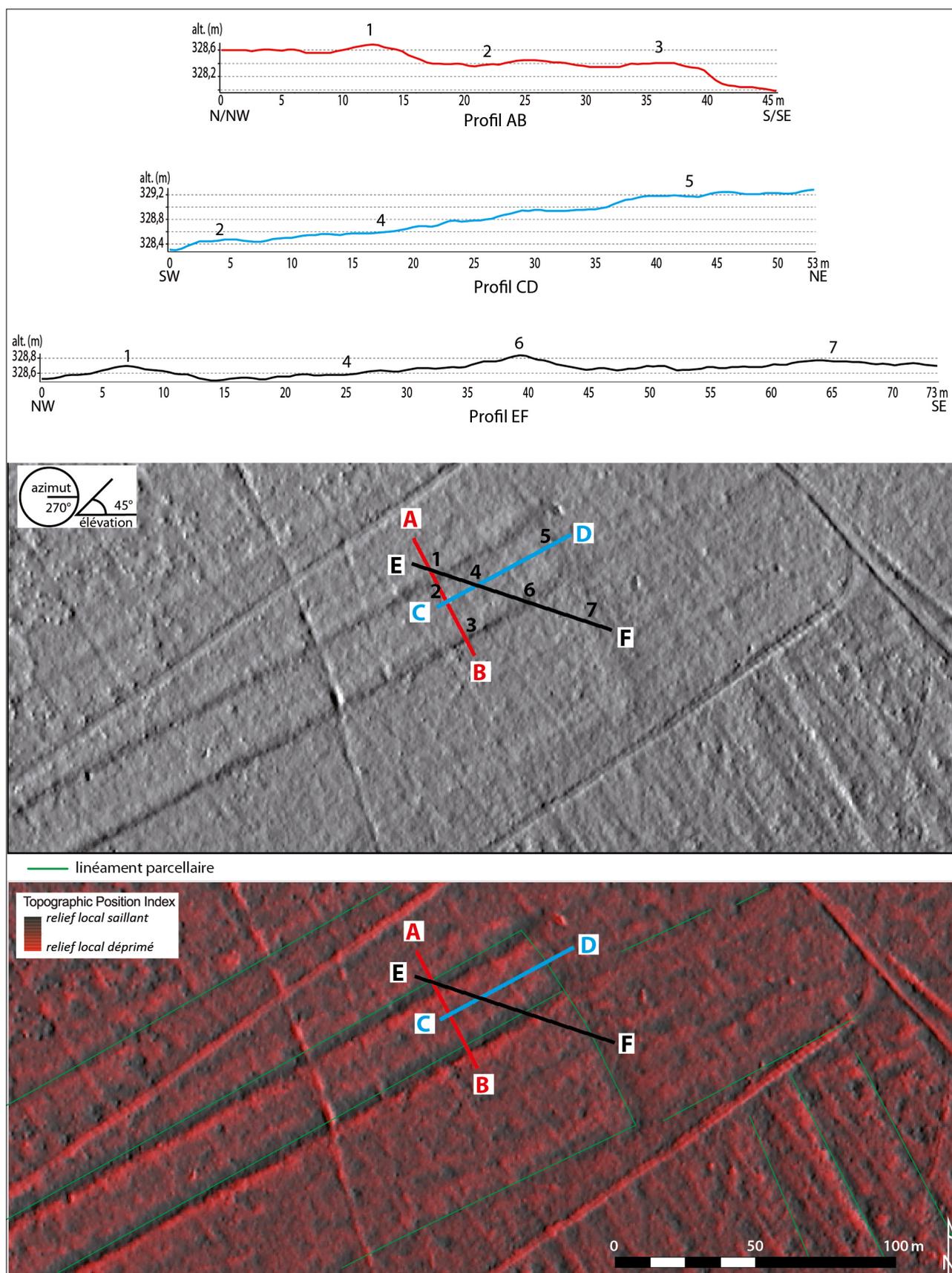


Fig. 32. Profils de la zone parcellaire 1 (C. Fruchart, Rurland 2017 ; fond topographique d'après données LiDAR Haye 2007, DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF).

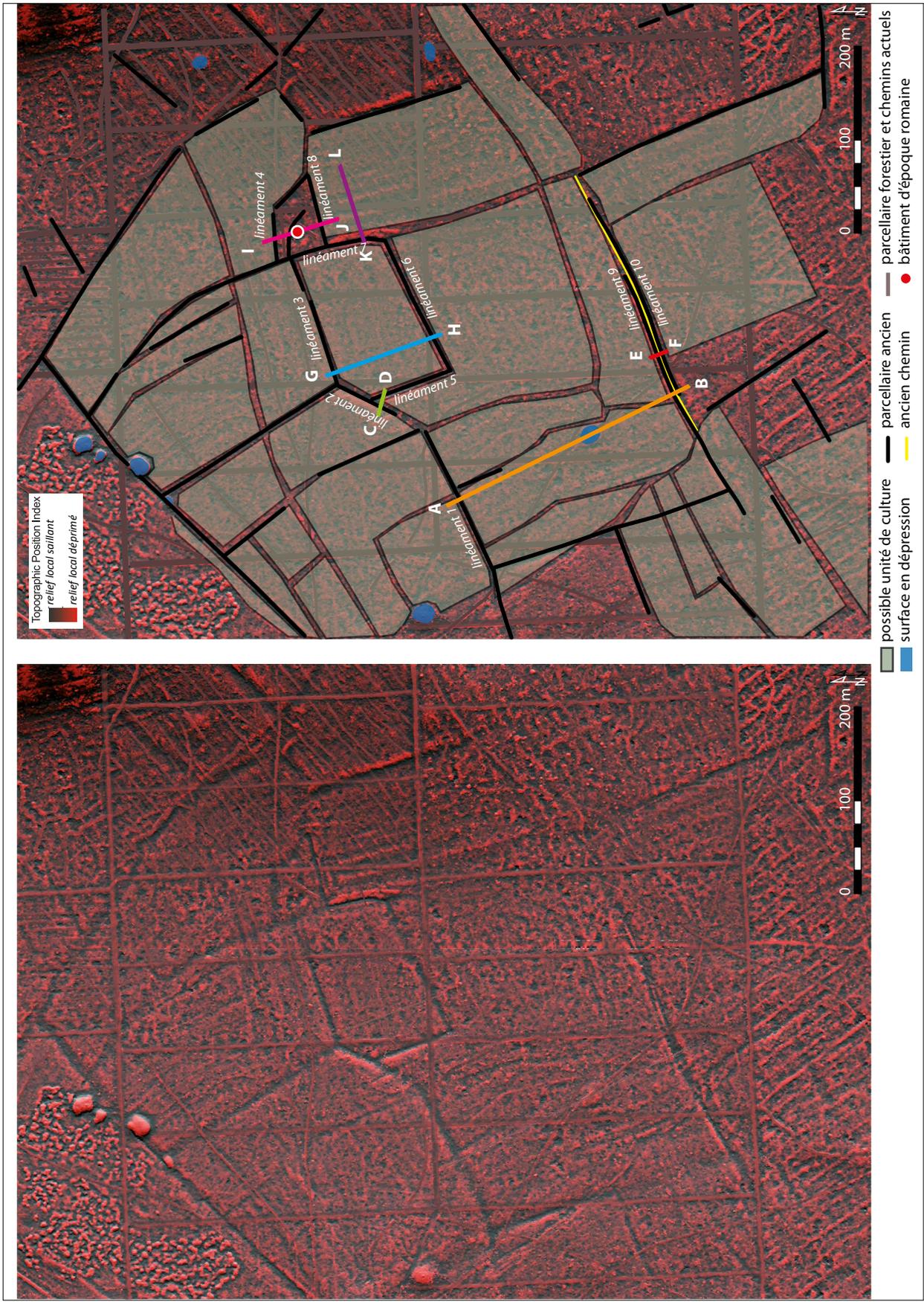


Fig. 33. Vue de détail de la zone parcellaire 2 (C. Fruchart, Rurland 2017 ; fond topographique d'après données LiDAR Haye 2007, DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF)

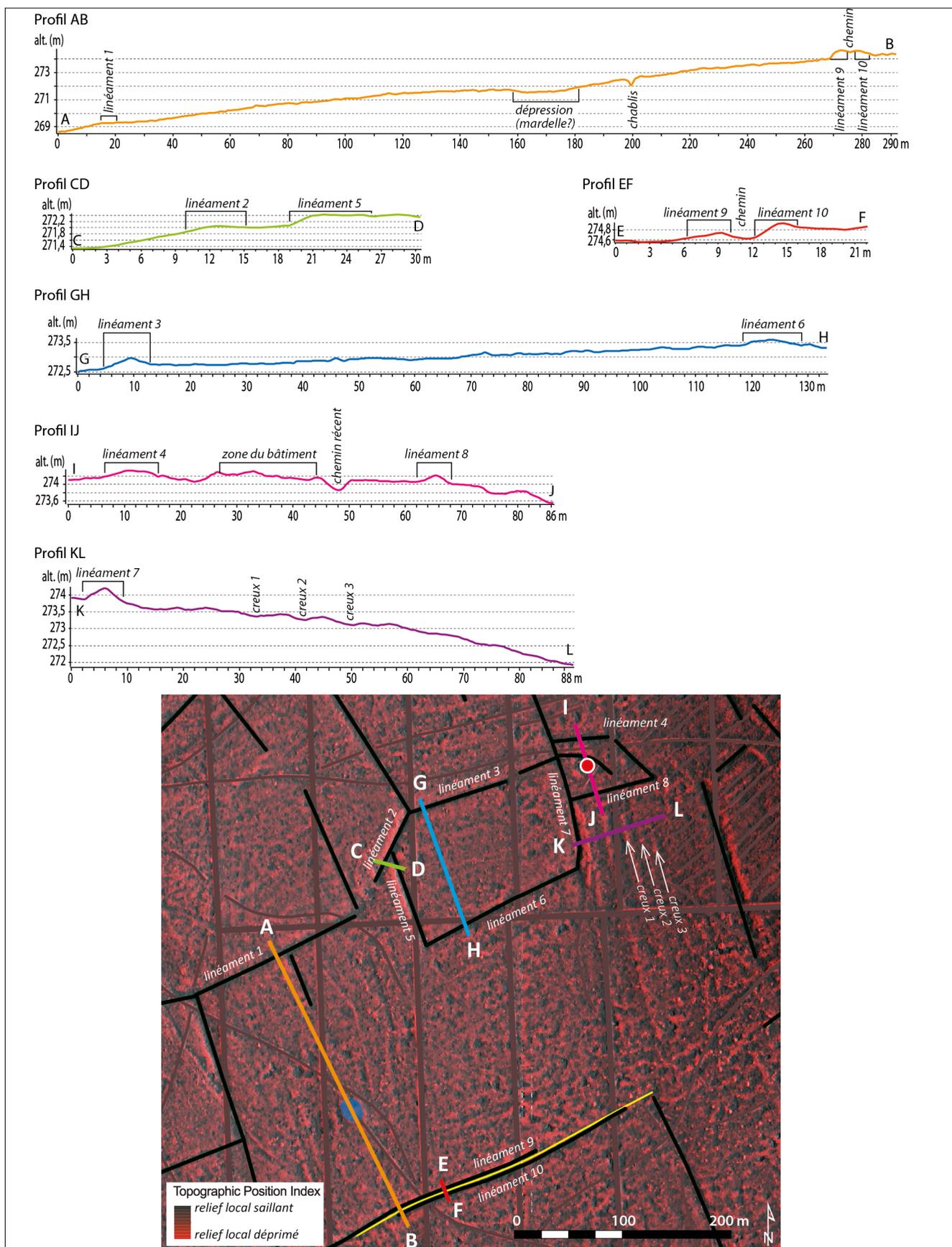


Fig. 34. Profils de la zone parcellaire 2 (C. Fruchart, Rurland 2017 ; fond topographique d'après données LiDAR Haye 2007, DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF).

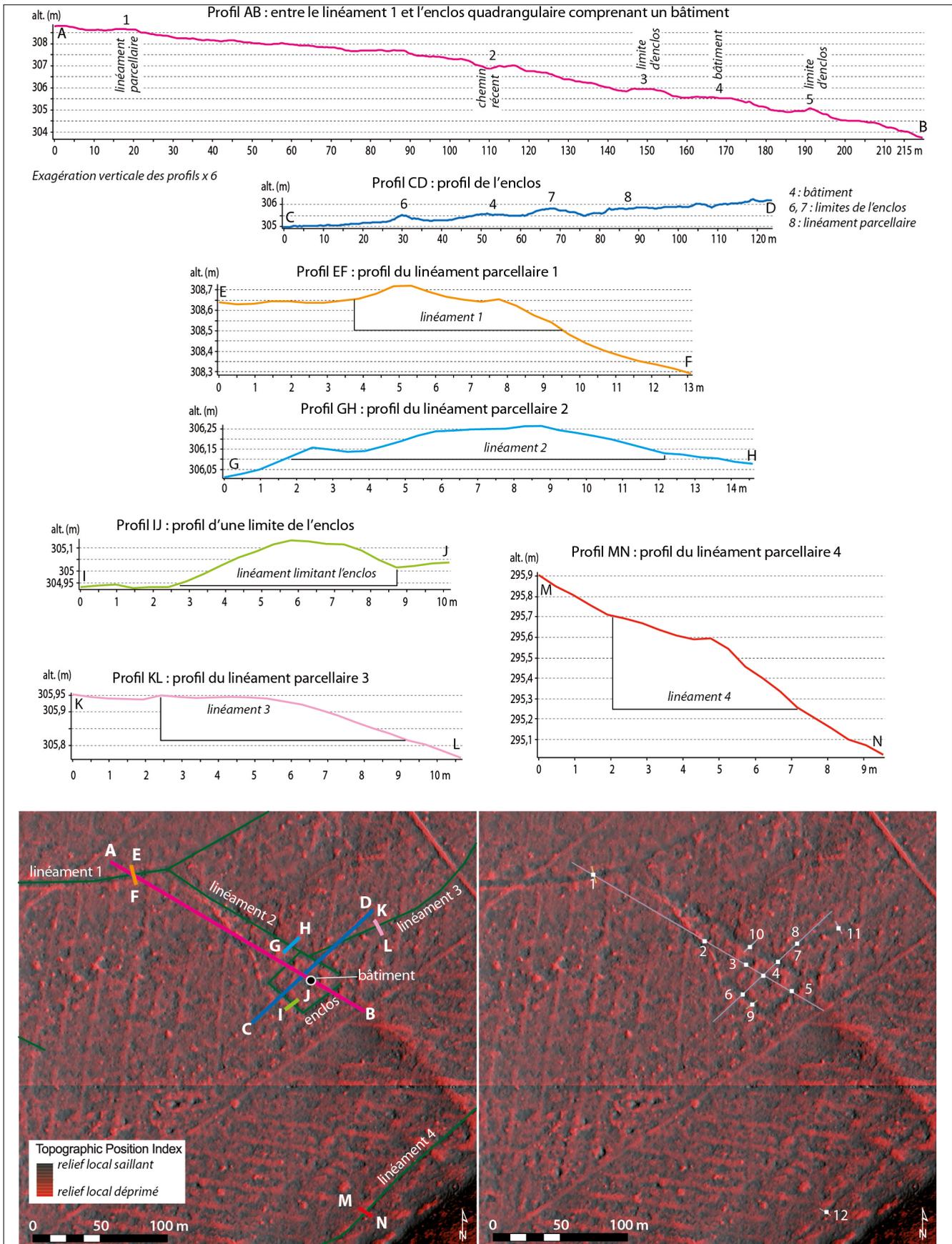


Fig. 35. Profils de la zone parcelaire 3 (C. Fruchart, Rurland 2017 ; fond topographique d'après données LiDAR Haye 2007, DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF).

des ensembles cohérents, faits de séries de lignes ou de traînées plus ou moins épaisses et parallèles les unes aux autres, ont été réunies en blocs (gris-vert sur la fig. 33). Ils forment un plan à la fois différent et complémentaire du plan parcellaire déjà relevé en noir.

Les profils (fig. 34) rendent compte des 3 grands types de linéaments observés sur cette zone : les talus, les levées simples et les doubles buttes autour de chemins. Le profil KL est une vue en coupe d'une zone où de probables vestiges du travail du sol sont assez bien visibles, notamment par des lignes en creux séparant de longues et étroites bandes de terrain présentant un très léger bombement.

Zone parcellaire 3 (fig. 35)

Pour les profils situés dans la zone 3, une zone est relativement plane au nord-est de la forêt, les reliefs ont été fortement exagérés pour mettre en évidence des différences entre les divers linéaments.

Les profils AB et CD sur la figure 35 sont des vues larges, les 5 autres profils montrent les linéaments en détail.

Le linéament 1 est une levée avec léger talus, et on remarque également une concavité peu marquée, large d'environ 2 m en son sommet. Le linéament 2 est une levée, avec également une concavité sur un de ses côtés. Ces concavités font penser à des chemins, qui se confondraient avec la limite parcellaire. L'ensemble aboutit à un enclos avec bâtiment, et la présence d'un chemin semble donc assez probable. Les linéaments 3 et 4 sont des talus, présentant tous les deux une zone bien horizontale, large de plusieurs mètres pour le linéament 3 et d'environ 1 m pour le linéament 4. Là encore, ces replats peuvent évoquer des chemins. A contrario, le profil d'une des limites de l'enclos montre une simple levée, large de 6 à 7 m, sans concavité ou replat en son sommet. Ainsi, on constate une différence morphologique entre le pourtour d'un enclos d'habitat et des limites de parcelles, ces dernières pouvant suggérer la présence de chemins en bord de parcelles, alors qu'en toute logique, le bord d'un enclos matérialisé par une levée, n'a pas pour vocation d'être emprunté comme chemin.

Zone parcellaire 4 (fig. 36 et 37)

La zone choisie (fig. 36) est un endroit où le parcellaire et les chemins sont clairement connectés à des structures d'époque romaine (voie V1, bâtiment gallo-romain). Une vue 2.5 D (fig. 37) est donnée en complément, pour illustrer le contexte topographique des linéaments qui renvoient à un façonnage du sol, par rapport à ceux qui correspondent plutôt à une simple délimitation parcellaire, ou à un tracé de chemin.

Le profil AB montre l'emprise de la voie V1 et une vue en coupe de sa chaussée et des fossés et des buttes qui l'encadrent. Les linéaments perpendiculaires à V1 (linéament 3 et ceux qui lui sont parallèles) sont des délimitations qui servaient aussi probablement de chemins, car par endroits, notamment dans le vallon sec, on y observe des replats larges de quelques mètres typiques de chemins. Les linéaments aménagés entre ces limites (en vert sur la fig. 37) correspondent à de légers terrassements, terrasses ou rideaux de culture, dont les orientations sont dictées par le relief naturel. Ces épaulements viennent clairement prendre appui sur les limites parcellaires perpendiculaires à la voie. Enfin, cette zone comprend une voie à double butte et au tracé sinueux (V11) datée de la période romaine, qui dessert un enclos recoupé par un chemin moderne.

Zone parcellaire 6 (fig. 38 et 39)

Les profils ont été faits dans la zone où la voie V4 se connecte à V1, et où se remarquent des variations dans la topographie de la V1 (tronçons 1, 2 et 3 sur la fig. 38, profils GH à OP sur la fig. 39).

Sur le tronçon 2, les profils KL et MN montrent que la butte manque à l'est, ou bien se confond avec la chaussée. Le bombement sommital de la chaussée étant réduit, la bande roulante semble plus large.

Sur le tronçon 3, la butte se désolidarise de la chaussée immédiatement au sud de la bande coaxiale, et la voie présente à nouveau une morphologie (profil OP) très comparable à celle observée au nord (profil GH).

Le profil IJ de la voie V1 est également atypique : on ne distingue pas de séparation entre la butte ouest et la chaussée. Cette particularité est probablement due à la présence proche, à quelques dizaines de mètres plus au nord, d'une route forestière moderne, dont les travaux de mise en place ont pu provoquer le comblement, volontaire ou non, de la dépression séparant la levée bordière de la chaussée de V1.

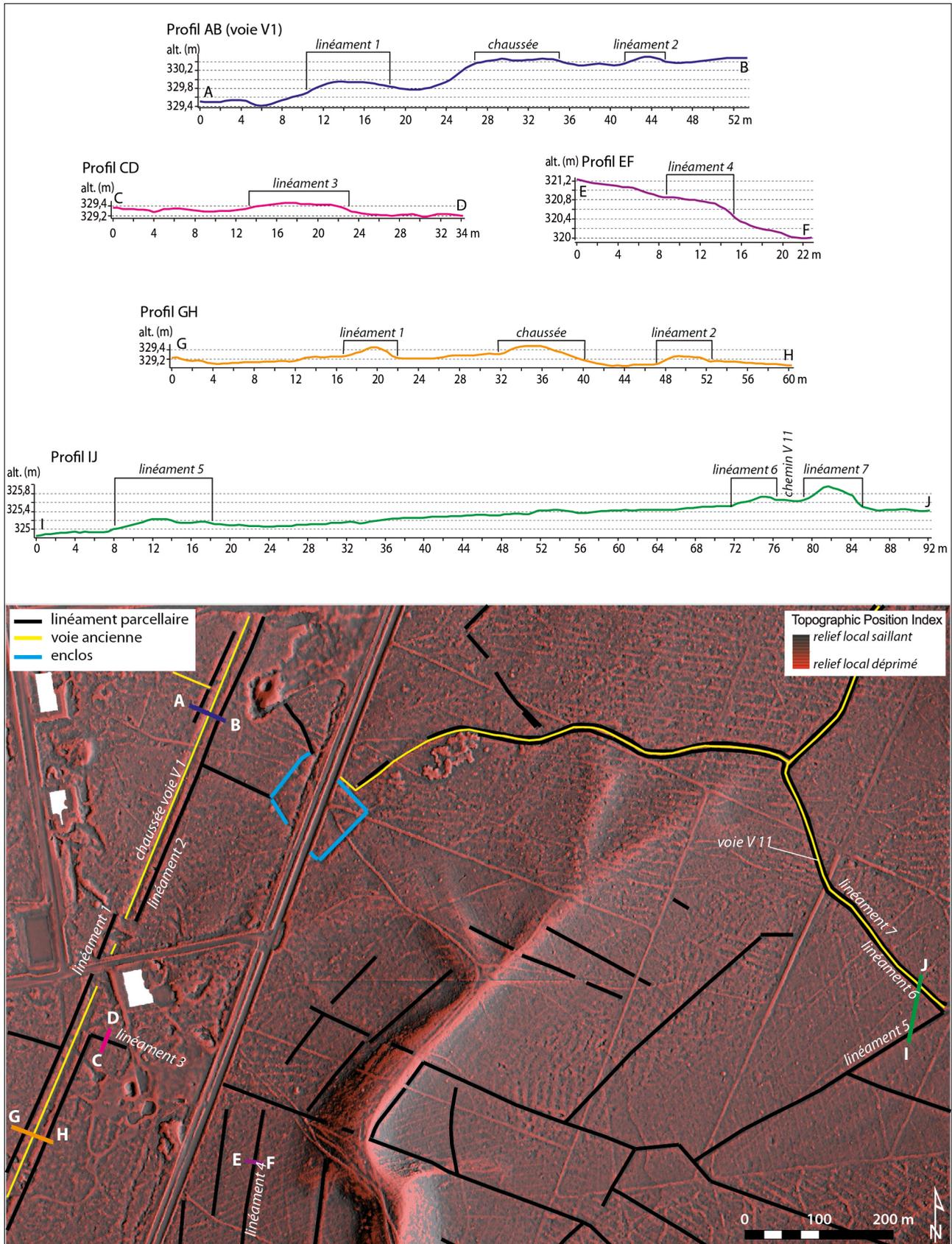


Fig. 36. Profils de la zone parcellaire 4 (C. Fruchart, Rurland 2017 ; fond topographique d'après données LiDAR Haye 2007, DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF).



Exagération verticale x 1,5

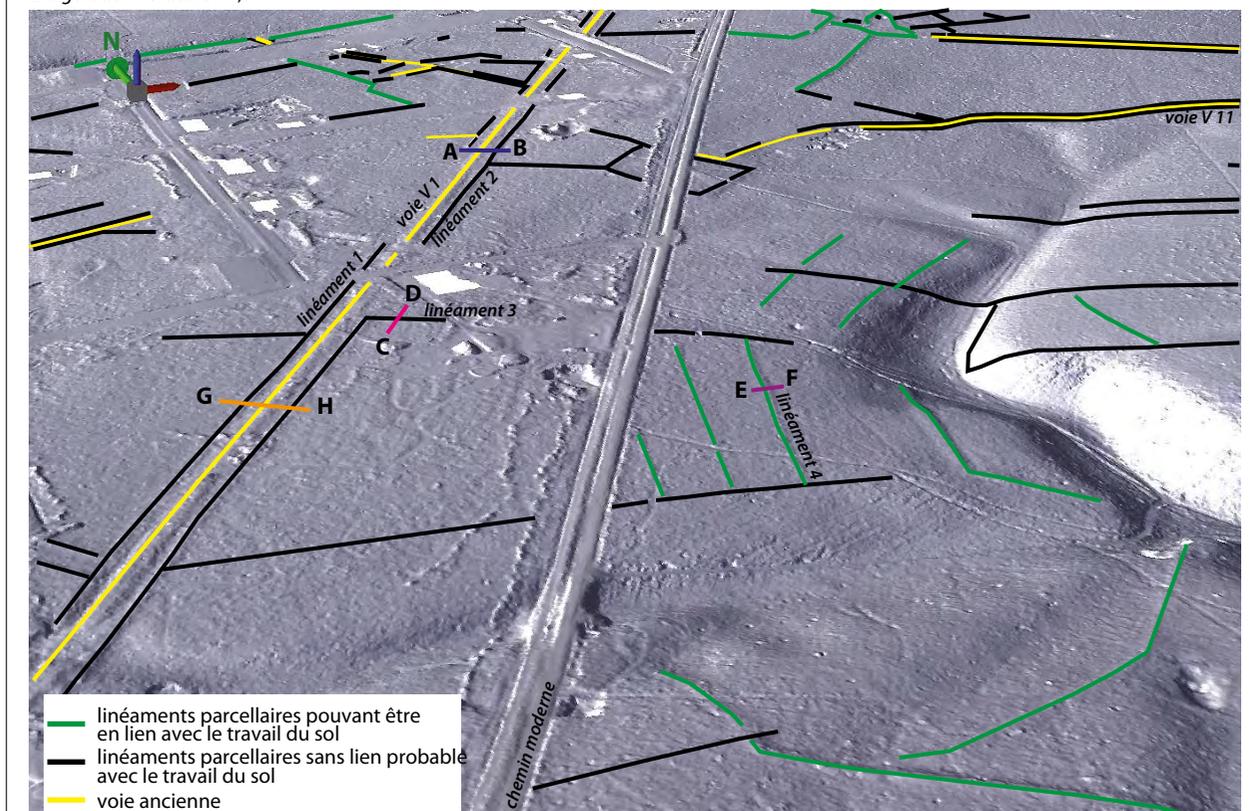


Fig. 37. Aperçu 2.5 D de la zone parcellaire 4 (C. Fruchart, Rurland 2017 ; fond topographique d'après données LiDAR Haye 2007, DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF).

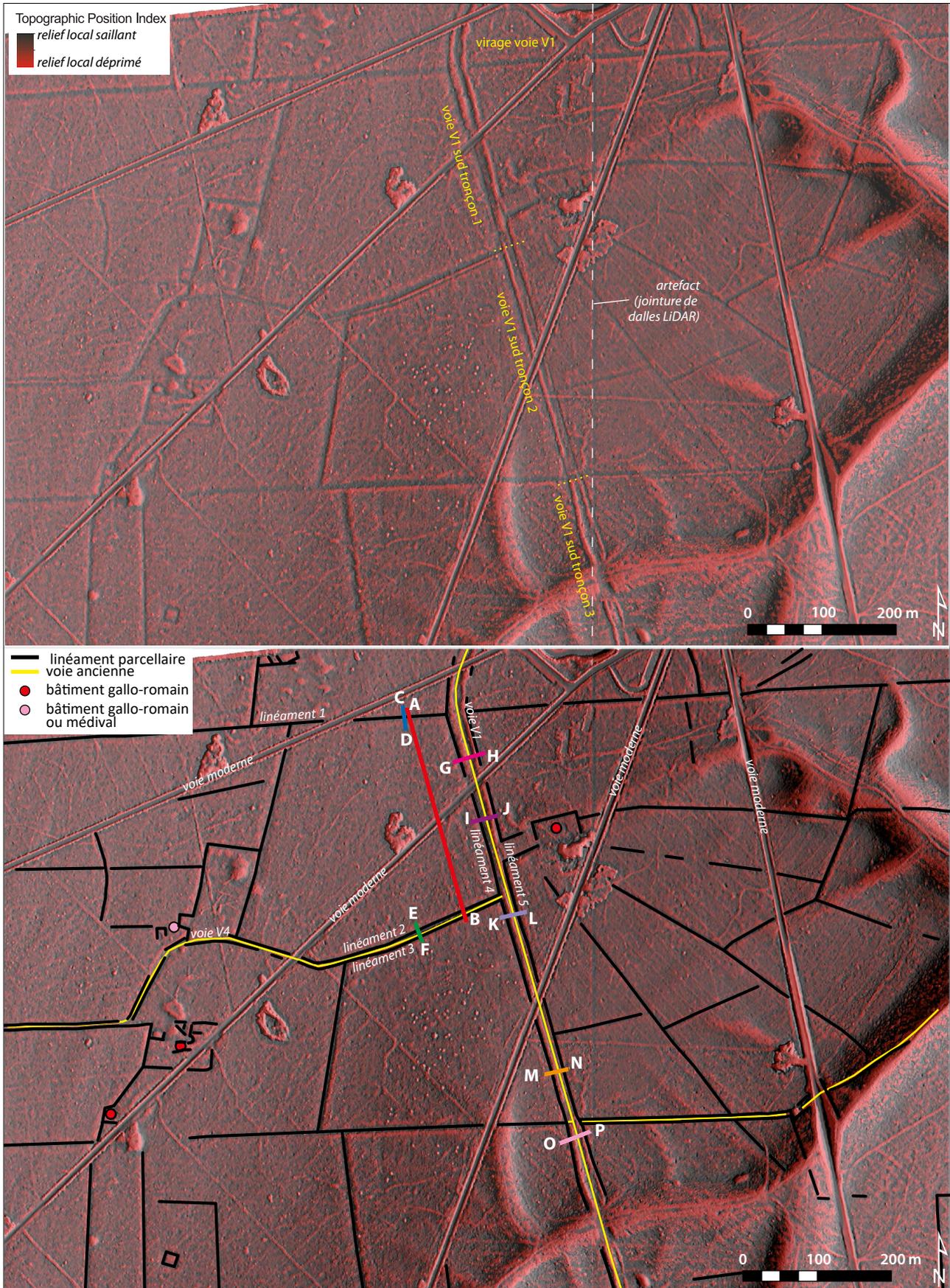


Fig. 38. Vue de détail de la zone parcellaire 6 (C. Fruchart, Rurland 2017 ; fond topographique d'après données LiDAR Haye 2007, DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF).

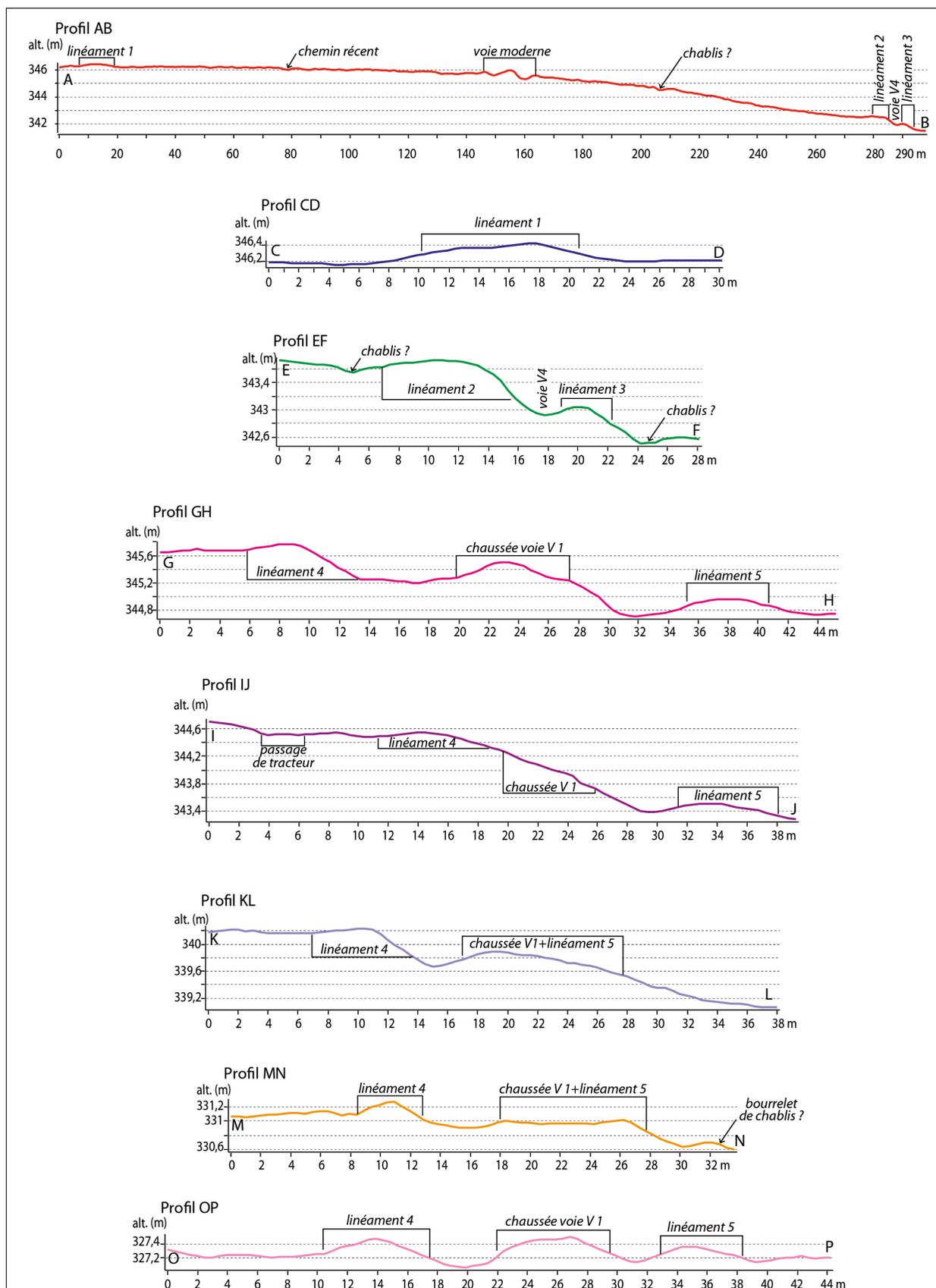


Fig. 39. Profils de la zone parcelaire 6 (C. Fruchart, Rurland 2017).

Zone parcellaire 8 (fig. 40 et 41)

La figure 40 montre une zone où deux types de découpage en blocs sont possibles, l'un se référant à des linéaments ébauchant un plan géométrique, avec des angles droits (en rouge), l'autre dessinant des formes quelconques, irrégulières, correspondant à des espaces délimités par des linéaments en "vermicelles" (en bleu). On pourrait distinguer là deux types de formes parcellaires :

Cas 1 : bloc parcellaire marqué par des microreliefs s'apparentant à des délimitations foncières, dont la présence n'est pas la conséquence de façons culturales (billons et sillons, par exemple) ou d'aménagements réalisés par nécessité agricole (par exemple : fossé de drainage, terrasse) et contemporains du parcellaire.

Cas 2 : parcelles composées de microreliefs constitués de manière plus ou moins fortuite par le déplacement répété de terre (crêtes de labour, rideaux de culture, par exemple), ou façonnés intentionnellement pour faciliter la culture, mais pas dans le but de marquer une limite foncière (par exemple : terrasse, fossé de drainage).

Les linéaments rectilignes avec des assemblages à angles droits sont peu nombreux sur la zone 8, mais ils peuvent néanmoins par endroits constituer des blocs, notamment à l'endroit illustré par la figure 40. Certains de ces linéaments mesurent plusieurs centaines de mètres d'un seul tenant. Les blocs qu'ils forment ont des surfaces sensiblement plus importantes que les blocs irréguliers ; ces derniers sont définis par des linéaments qu'on interprète volontiers comme des vestiges de travail du sol, essentiellement caractérisés d'un point de vue morphologique par des formes en talus (profils sur la figure 41). Certaines successions d'épaulements sont suffisamment marquées pour évoquer de petites terrasses, qui restent évidemment hypothétiques en l'absence de vérifications sur le terrain. Par ailleurs, il semble difficile de définir une antériorité / postériorité des blocs irréguliers par rapport aux blocs réguliers, car les blocs irréguliers, assez petits, paraissent assez bien imbriqués dans les blocs quadrangulaires.

Remarque générale sur la détermination des largeurs de linéaments

Les délimitations exactes des largeurs de chaque linéament à partir des profils précédents, obtenus à l'aide du MNT et de différentes visualisations de ces données numériques, sont données à titre indicatif uniquement ; ce sont des ordres de grandeur approximatifs. La seule estimation précise et indiscutable de l'épaisseur réelle des linéaments observés par LiDAR est celle qui peut être mesurée et contrôlée sur le terrain.

Des emprises en largeur de linéaments ont quand même été suggérées ici à partir des données LiDAR, pour proposer une lecture des profils pouvant servir de base à discussion. Il aurait assurément fallu creuser un peu cette question pour établir un protocole rigoureux, mais le temps a manqué pour cela. Les profils présentés ici sont établis d'après le MNT, dont la résolution en x et y vaut 0,5 m (précision en z indéterminée). En rapportant cette précision à des structures larges de quelques mètres seulement, l'incertitude des mesures rapportées peut être conséquente. Du point de vue géométrique, la plupart du temps, l'identification de ruptures de pentes permettant de placer la limite d'un linéament est peu claire, particulièrement pour les épaulements, qui sont les formes les plus fréquemment rencontrées dans les parcellaires de la forêt de Haye. Les largeurs de linéaments indiquées sur les différents profils sont donc données à simple titre indicatif.

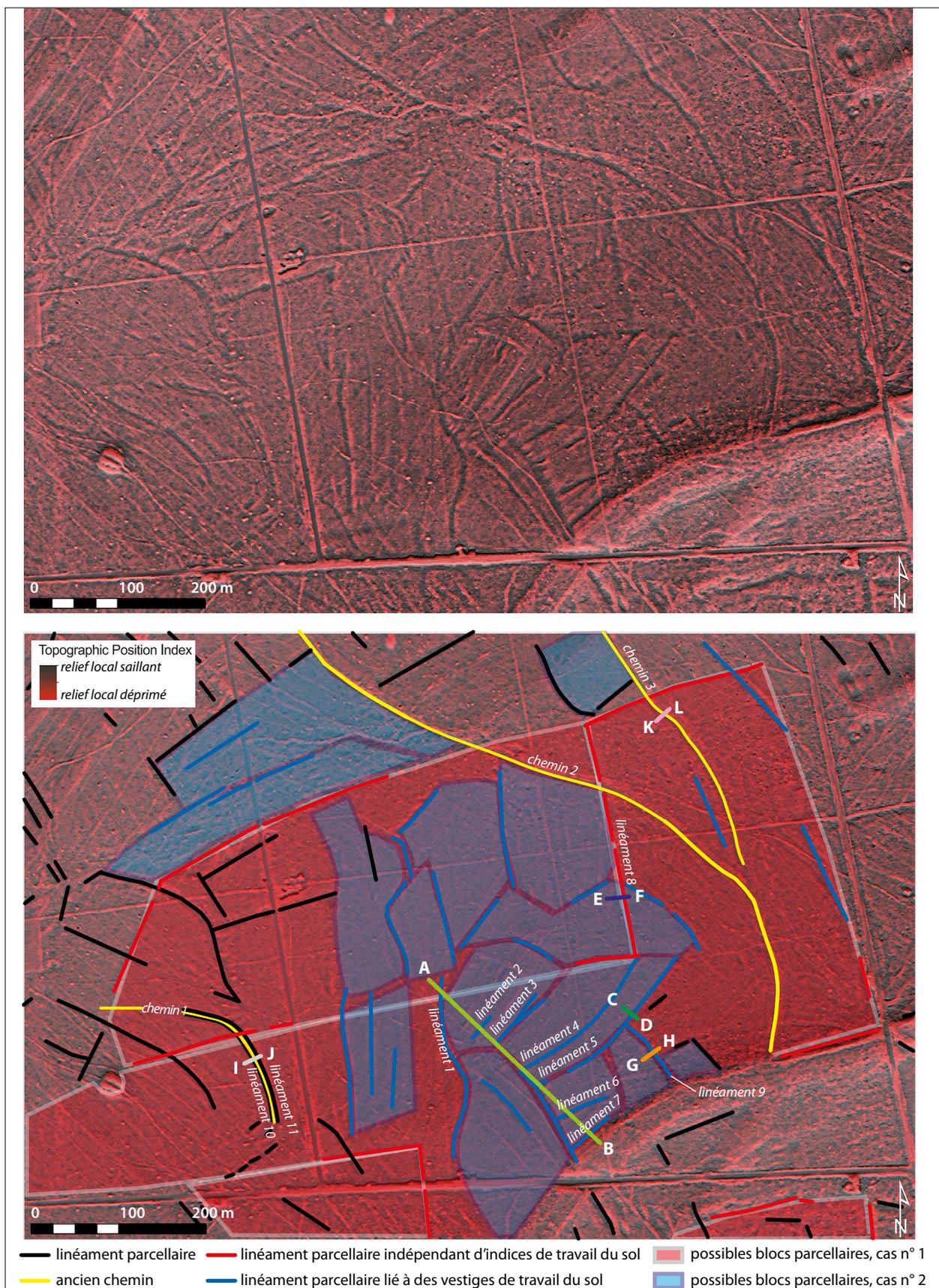


Fig. 40. Vue de détail de la zone parcellaire 8 (C. Fruchart, Rurland 2017 ; fond topographique d'après données LiDAR Haye 2007, DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF).

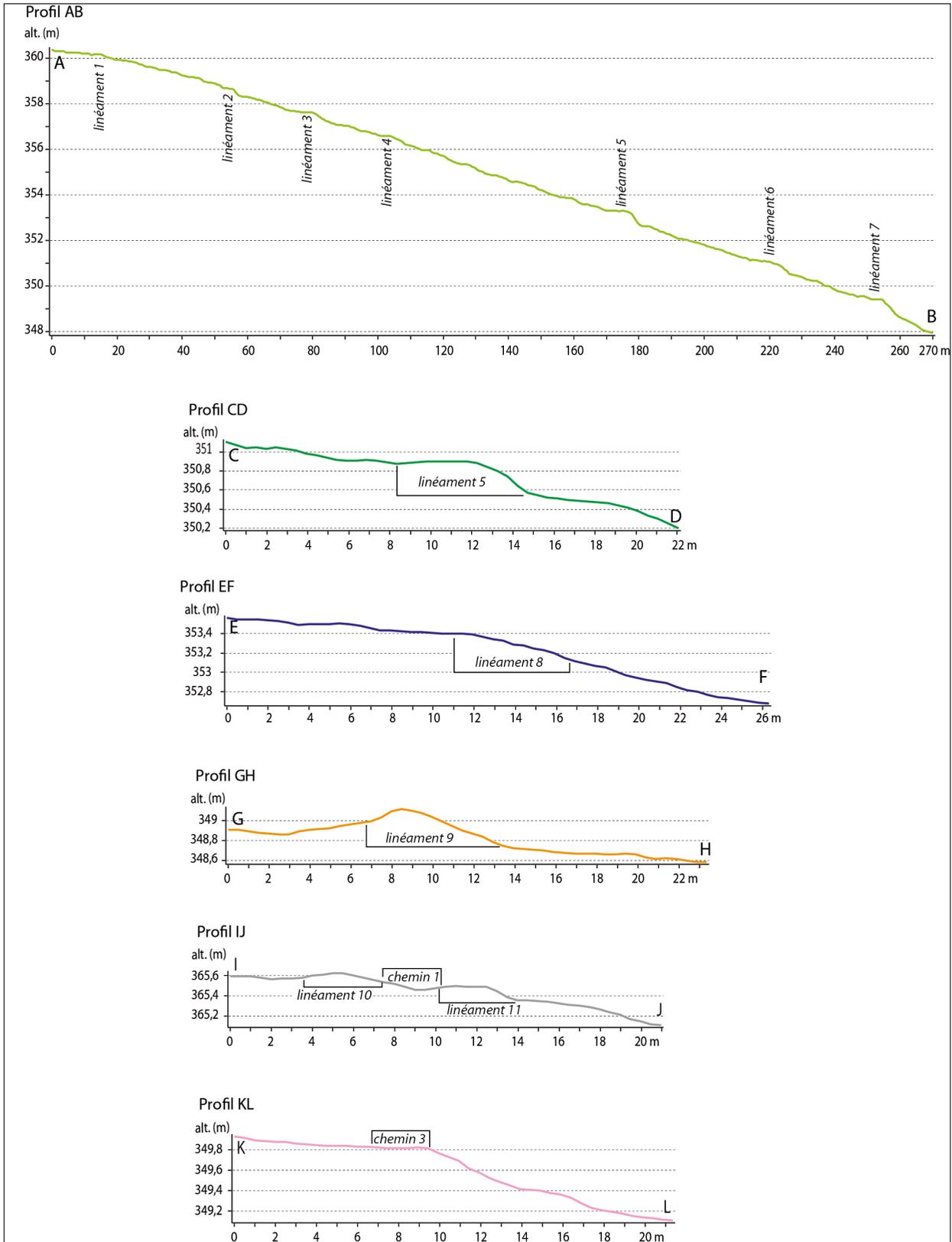


Fig. 41. Profils de la zone parcelaire 8 (C. Fruchart, Rurland 2017).

Approche morphologique des systèmes parcellaires fossiles de la Forêt de Châtillon (Côte-d'Or). Comparaison des ensembles parcellaires étudiés en Forêt de Châtillon et en Forêt de Haye (Meurthe-et-Moselle)

*Catherine Fruchart, François Favory,
avec la collaboration de Yves Pautrat, Dominique Goguet,
Jacky Bénard, Murielle Georges-Leroy, Jean-Luc Dupouey
et avec la participation du GIP du futur Parc National des Forêts de Champagne et Bourgogne*

GÉNÉRALITÉS SUR LE MASSIF DU CHÂTILLONNAIS

Généralités sur le contexte archéologique et l'occupation du sol du Châtillonnais

Le massif forestier du Châtillonnais (Côte-d'Or) est situé à la limite sud-ouest du territoire des Lingons, à une cinquantaine de kilomètres de Langres, le chef-lieu de Cité (fig. 1). Pour l'Antiquité, les agglomérations secondaires connues les plus proches sont Beneuvre à environ 10 km vers l'est, Veuxhautes-sur-Aube à 20 km au nord, et Vertault à près de 30 km au nord-ouest. Le mont Lassois, où se trouve l'important site hallstattien du palais de Vix, est à environ 10 km au nord-ouest de la forêt de Châtillon. Au sud, l'*oppidum* d'Alésia est à près de 30 km. Le massif forestier est traversé d'est en ouest par une voie protohistorique et romaine reliant Beneuvre et Vertault (V1), et desservant deux sanctuaires, à Villiers-le-Duc (Le Tremblois) et à Essarois (La Cave).

L'existence de la Forêt de Châtillon est attestée dès le ^{xiv}^e siècle. Propriété des ducs de Bourgogne puis domaine royal, on y produisait du bois de chauffage et du charbon dès le ^{xv}^e siècle. Ce massif a bénéficié d'un relevé LiDAR en 2012 (environ 400 km²) à l'initiative des Parcs Nationaux de France. Un MNT d'une résolution de 50 cm, établi par la MSH de Dijon, a été mis à disposition du programme RurLand par convention avec le GIP du futur Parc National des Forêts de Bourgogne et Champagne (zone délimitée en bleu sur la figure 1).

64 % de la zone couverte par LiDAR sont aujourd'hui sous forêt (245 km², CORINE Land Cover 2012, fig. 2), 35 % sont en culture (134 km², prés et labours) et moins de 1 % en zones construites (3 km²). Châtillon-sur-Seine, seule agglomération étendue du secteur aujourd'hui, est hors relevé.

L'étude des aménagements parcellaires a été limitée à une zone d'environ 110 km² (14 x 8 km, rectangle jaune sur la fig. 2), presque entièrement boisée actuellement. 100 km² sont sous couvert forestier (plus de 90 % de la surface étudiée). Les surfaces actuellement cultivées sont en bord de zone d'étude, pour l'essentiel au sud de la forêt.

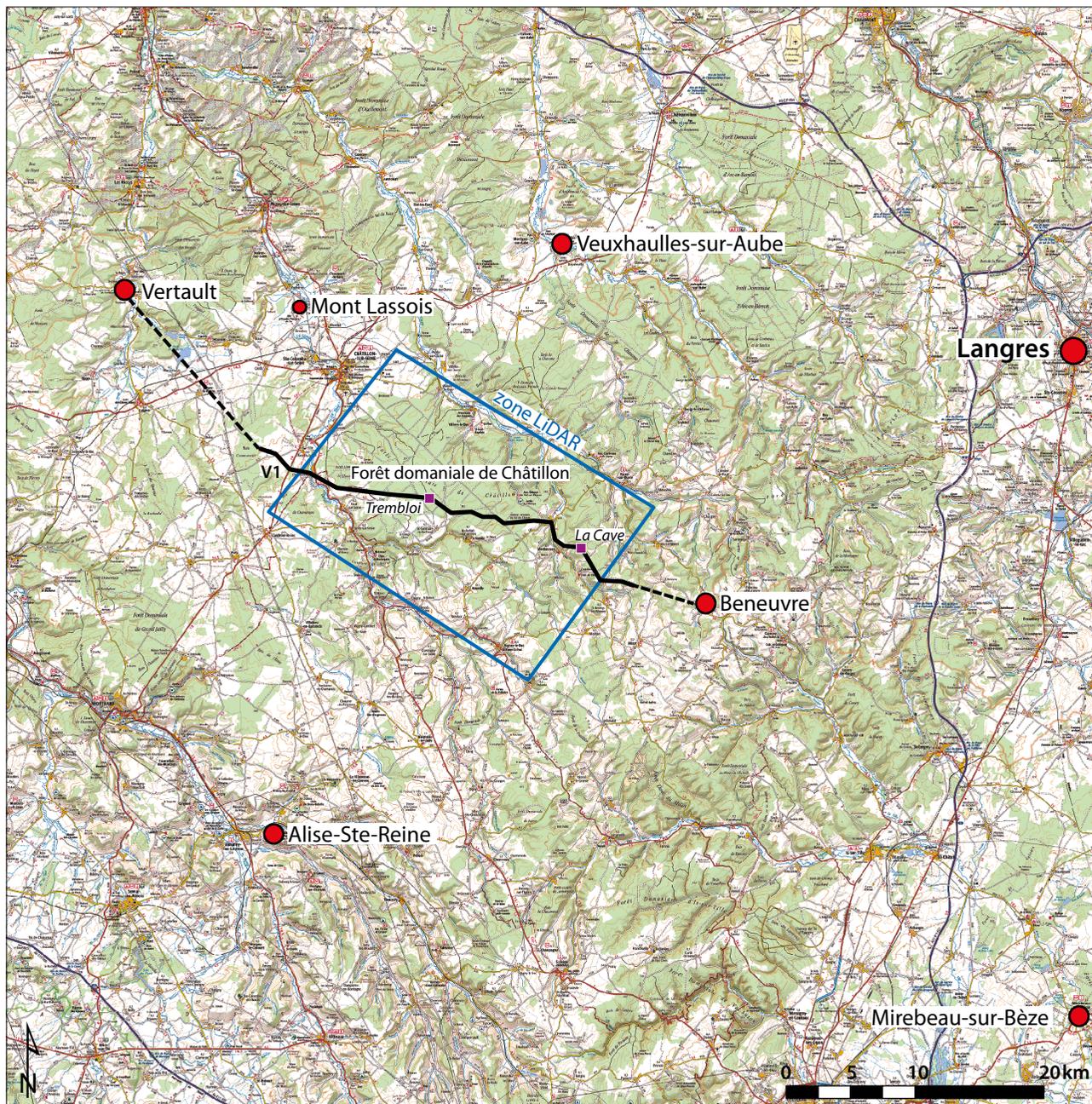


Fig. 1. Localisation du massif du Châtillonnais et de la zone de relevé LiDAR. Indication des agglomérations antiques voisines (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données archéologiques : Base de données EnVix - MSH de Dijon, DRAC-SRA de Bourgogne-Franche-Comté, 2017 et les données cartographiques BD CARTO IGN®).

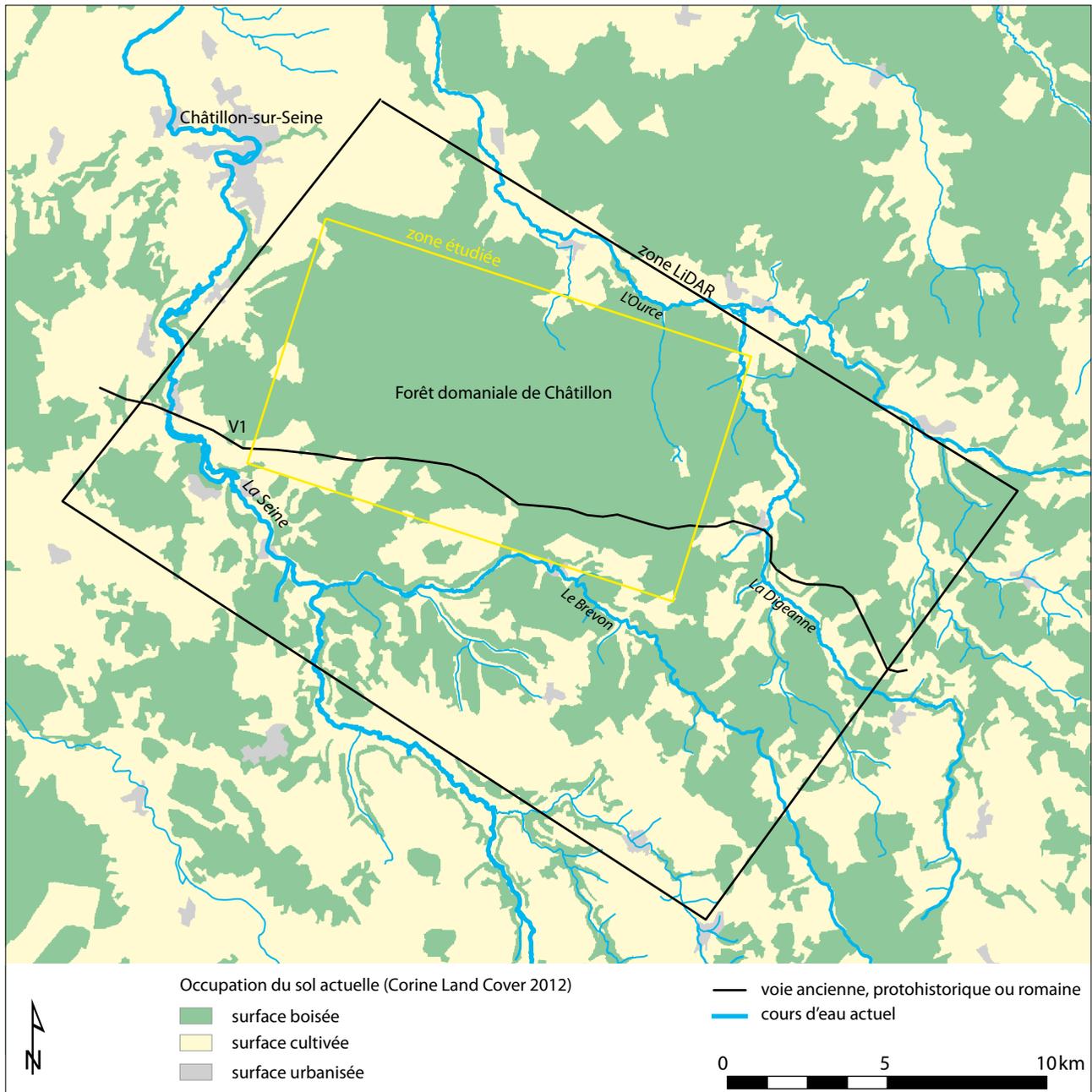


Fig. 2. Aperçu de l'occupation du sol actuelle (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données CORINE Land Cover 2012 © UE – SoeS).

L'occupation du sol a peu varié sur la zone étudiée depuis la première moitié du XIX^e siècle, période actuellement identifiée comme celle du minimum forestier (fig. 3). Le boisement a un peu augmenté en deux siècles (450 ha supplémentaires, soit 4,5 % de la surface boisée actuelle), si on se réfère à l'occupation du sol restituée par la carte d'État-Major de 1835. Cette augmentation correspond principalement à une progression des lisières (en vert clair sur la fig. 3).

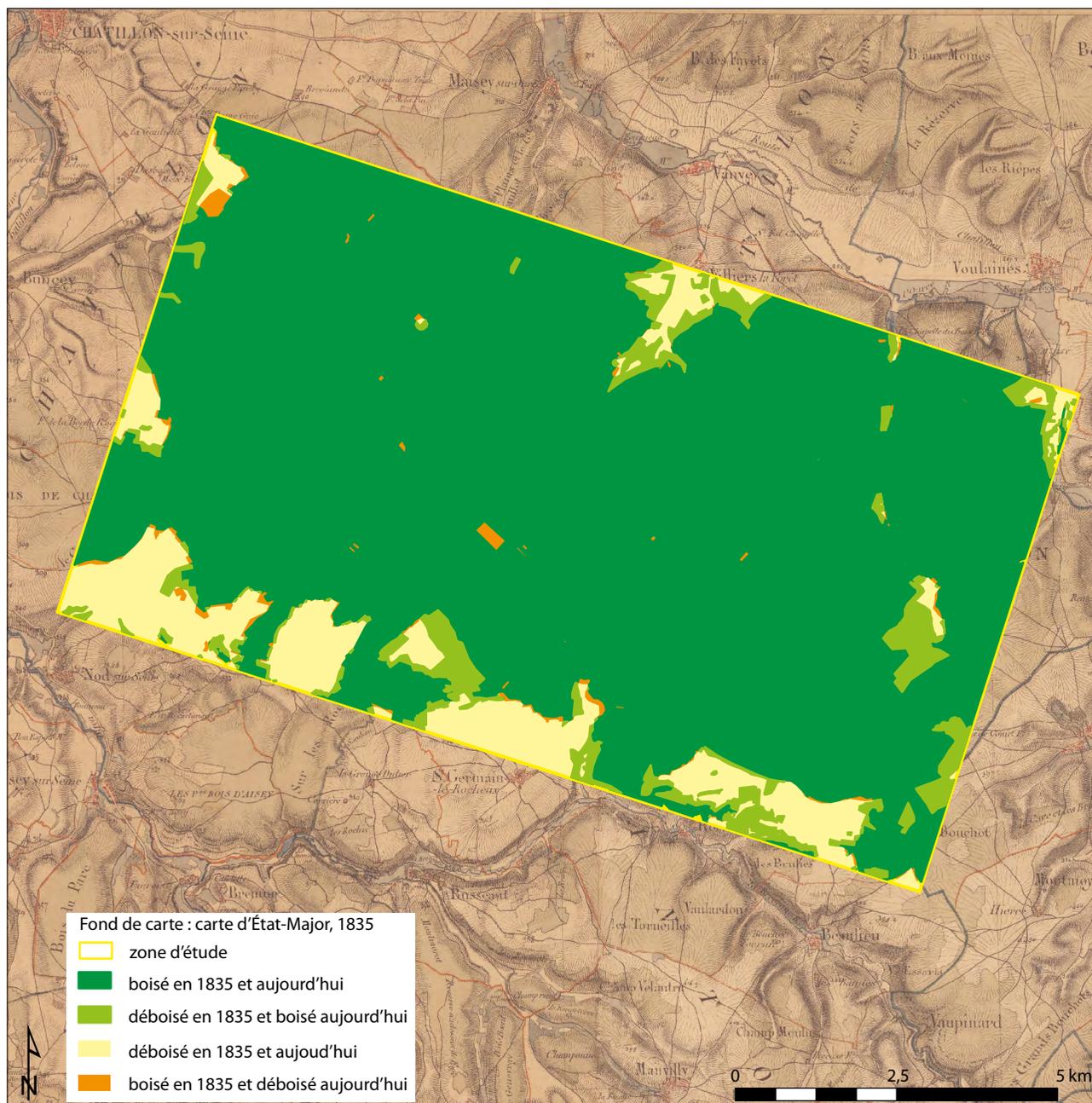


Fig. 3. Aperçu des changements d'occupation du sol entre la première moitié du XIX^e siècle et aujourd'hui (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données de la carte d'État-Major à 1/40 000, Feuille de Chatillon SO, 1835, et de la BD FORêt V1 IGN[®]).

Choix de la zone d'étude

La délimitation et les dimensions de la zone d'étude ont été motivées par plusieurs raisons :

- L'étude de la zone LiDAR complète n'aurait pas été réalisable dans les délais d'achèvement du programme Rurland.
- La zone étudiée est délimitée de façon à intégrer les données pédologiques et stationnelles à disposition.
- Pour favoriser une démarche comparative, la surface étudiée équivaut à celle de la forêt de Haye (Meurthe-et-Moselle, voir Annexe 1, chap. 7). L'approche comparative a semblé intéressante ici, car les caractéristiques topographiques et environnementales de la Forêt domaniale de Châtillon sont a priori proches de celles observées sur le plateau de Haye. De plus, à première vue, les linéaires parcellaires et les enclos d'habitat identifiés à partir du LiDAR présentent des similitudes planimétriques et/ou géométriques avec les structures de la forêt de Haye, ce qui motive un examen de détail pouvant confirmer, nuancer ou infirmer les similitudes pressenties. Par ailleurs la topographie nettement plus accidentée des zones situées sur les rebords et langues du plateau calcaire, hors de la Forêt domaniale étudiée ici, demande probablement la mise en place d'une approche différente de celle présentée dans les pages qui suivent. Dans ces secteurs plus accidentés, une étude des aménagements parcellaires reposant sur la recherche d'orientations dominantes est problématique : la complexité du relief naturel a conduit à la multiplication de géométries irrégulières des parcelles, et le plus souvent, aucune orientation dominante ne peut être considérée comme un indice d'une structuration planimétrique.

Contexte géologique

D'un point de vue géologique, la zone d'étude est principalement occupée par deux formations calcaires (fig. 4). Des calcaires massifs du Bathonien moyen à supérieur (J2b-c), calcaires durs et compacts propices à la formation de lapiaz et falaises, occupent 41 % de la surface totale (46 km²), plutôt dans la partie occidentale de la zone d'étude. A l'est, des calcaires oolithiques du Bathonien inférieur et moyen (J2b), tendres et gélifs, couvrent 45 % de la surface étudiée (50 km²). L'extrémité nord-ouest de la zone, proche de la vallée de la Seine et de Châtillon, est occupée par des calcaires du Callovien inférieur ("dalle nacrée" J3a, 3km², soit 2,5 % de la zone). Enfin, on remarque une quinzaine de petites taches de limons ou de dépôts cryoclastiques (LP, CG, CGP) de superficies comprises entre 10 et 60 hectares environ, où des sols assez épais offrent généralement une bonne fertilité (environ 5 km² en tout, 4,5 % de la zone).

Données sur les sols de la zone étudiée

Les données pédologiques sont pour l'essentiel extraites d'un catalogue des stations forestières (Nicloux & Rameau 1986, voir fig. 5) accessible sur le site de *l'Inventaire Forestier National* (IFN) <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?rubrique160> ; ce catalogue reproduit une carte pédologique établie vers 1970 (Bellier et Maignien 1970). Par ailleurs, une grande partie de la zone étudiée est documentée par une base de données sur SIG relative aux stations forestières (environ 9000 ha documentés, données produites par l'Office National des Forêts (ONF)). Celles-ci sont renseignées selon des unités de gestion découpées suivant un maillage généralement fin (autour de 1 ha par maille), ce qui fournit une information détaillée très utile pour un croisement des caractéristiques des sols avec la topographie des systèmes parcellaires. Par ailleurs, des données pédologiques concernant une zone de petite étendue (environ 50 ha) ont été publiées en 2016, autour du site de la Roche Chambain, à la limite sud de la zone étudiée (Giosa 2016¹). Enfin, des informations très ponctuelles ont été extraites des tableaux de données brutes relatifs aux placettes forestières de l'IFN (semis régulier de zones de relevés environnementaux, effectués sur des placettes d'un rayon de 25 m ; points verts sur la fig. 5).

1. Giosa, A. (2016) : "Archéopédologie et analyses spatiales", in : Bourrouilh, A., Paris, P.-E. et Vela, N. H. (2016) : *Appréhension et qualification des espaces au sein du site archéologique, Actes de la 8^e Journée doctorale d'archéologie, Paris, 22 mai 2013*. Paris, 219-238. DOI : 10.4000/books.psorbonne.4517 (article consultable en ligne : <http://books.openedition.org/psorbonne/4768?lang=fr>, lien valide le 12 février 2018)

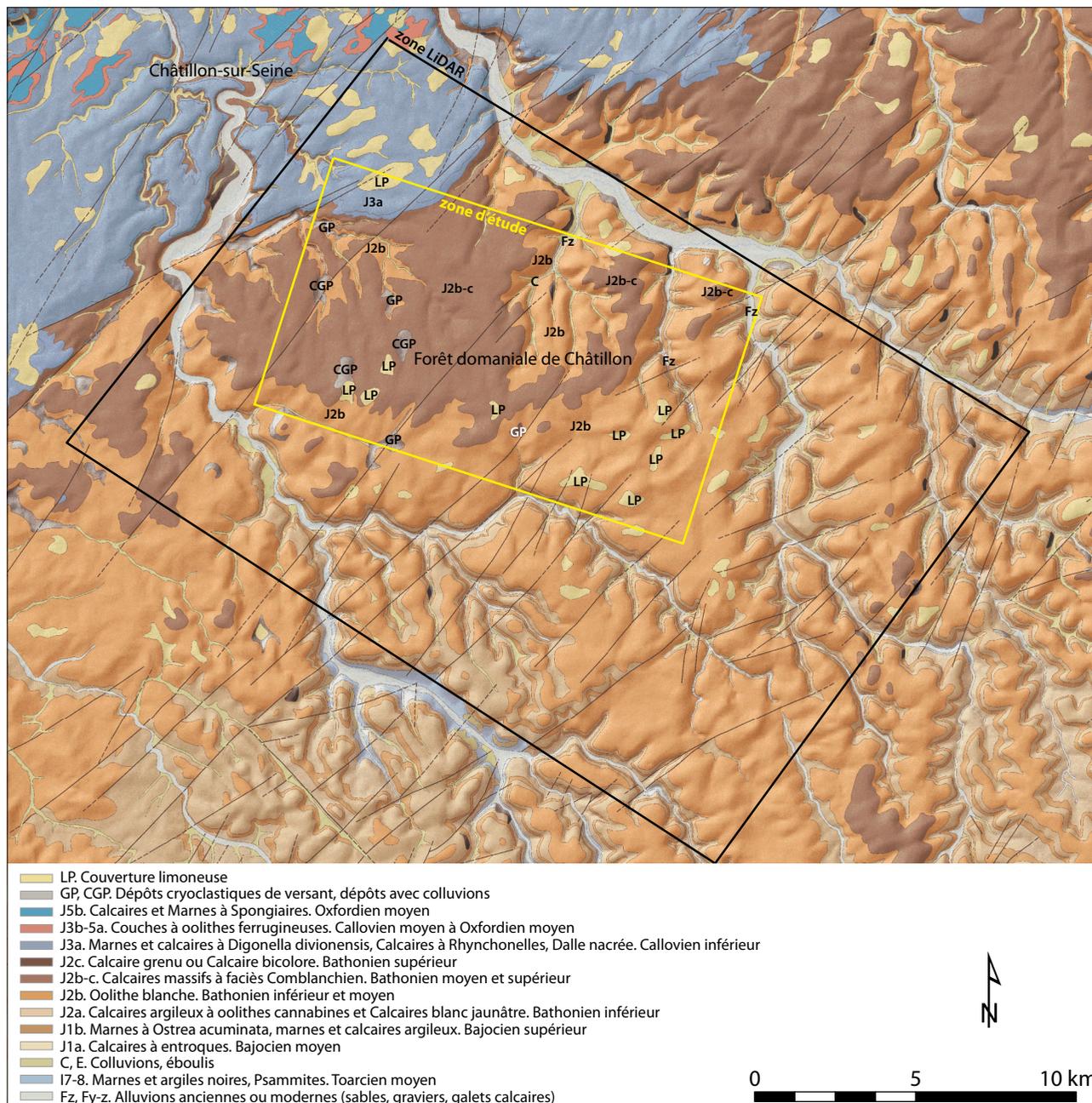


Fig. 4. Données géologiques sur la zone d'étude (C. Fruchart, Rurland 2017, et les données du BRGM, Carte géologique à 1/50 000 vecteur harmonisée avec MNT, Feuille n°196 - Côte-d'Or).

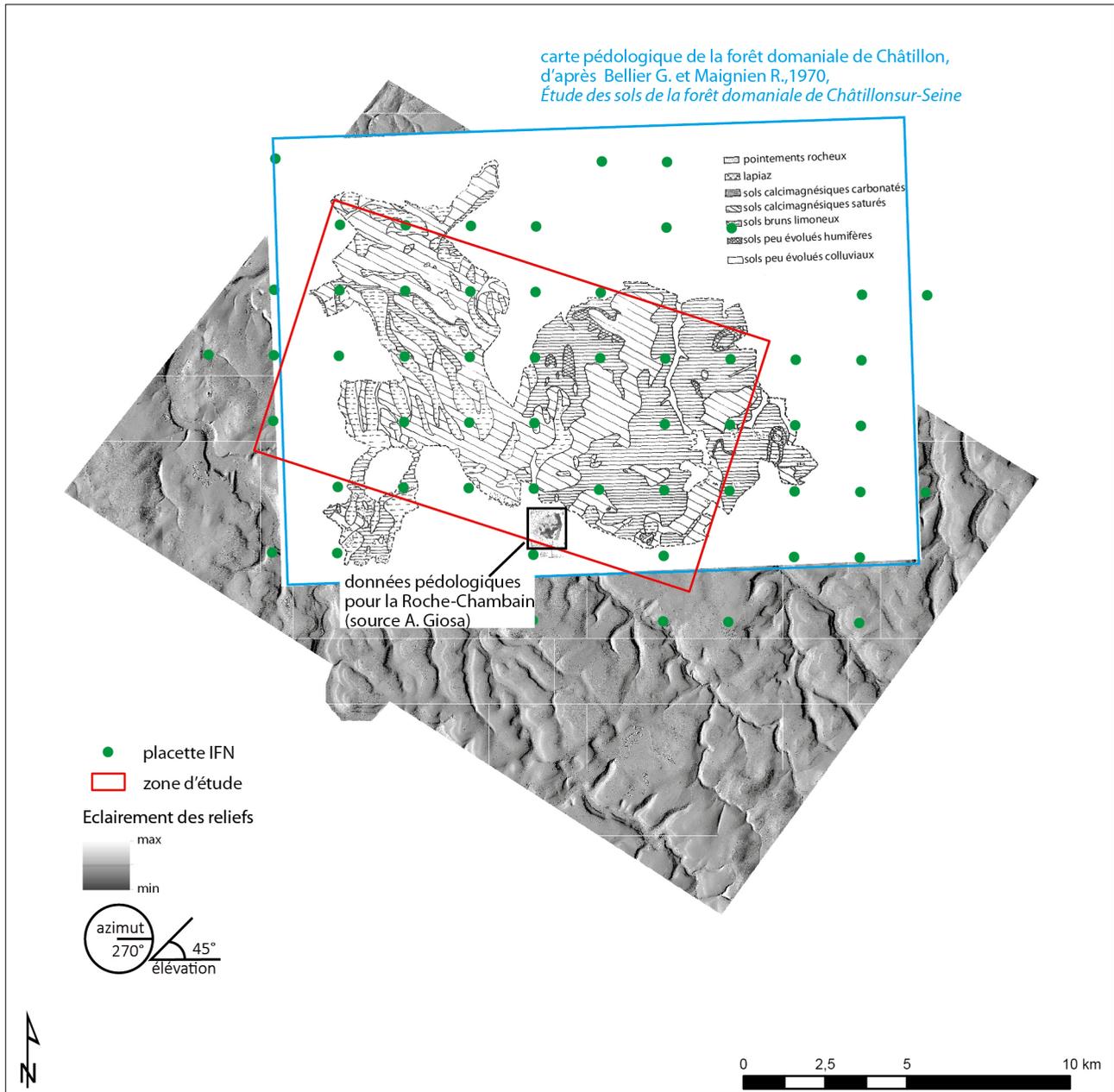


Fig. 5. Aperçu des données pédologiques publiées sur la zone étudiée (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données de : Bellier & Maignien 1970 ; Nicloux & Rameau 1986 ; Giosa 2016 ; base de données du Service de l'inventaire forestier et environnemental de l'IGN. Données LiDAR : Forêt domaniale du Châtillonnais, Parcs nationaux de France, 2012).

À partir des bases de données stationnelles, des cartes des degrés de fertilité des sols et des capacités de réserve en eau des sols ont pu être constituées. Elles couvrent partiellement la zone d'étude, mais fournissent néanmoins des informations utiles pour l'étude des aménagements agropastoraux anciens. Ces cartes sont présentées plus loin, dans l'étude de détail des aménagements parcellaires.

Une carte pédologique établie en 2000 et couvrant tout le Châtillonnais (Chrétien 2000), réalisée dans le cadre du Programme Collectif de Recherches consacré à l'archéologie du site de Vix (Côte-d'Or), n'a pas été exploitée pour cette étude, car sa résolution (échelle 1/250 000) a été estimée insuffisante pour une mise en perspective significative de l'implantation des blocs parcellaires avec des caractéristiques pédologiques (fig. 6) ; pour la zone d'étude, la superposition de cette carte avec les linéaments parcellaires identifiés à partir du LiDAR ne montre aucune corrélation significative entre les différentes natures de substrats cartographiés et les choix d'implantation des surfaces agropastorales anciennes.

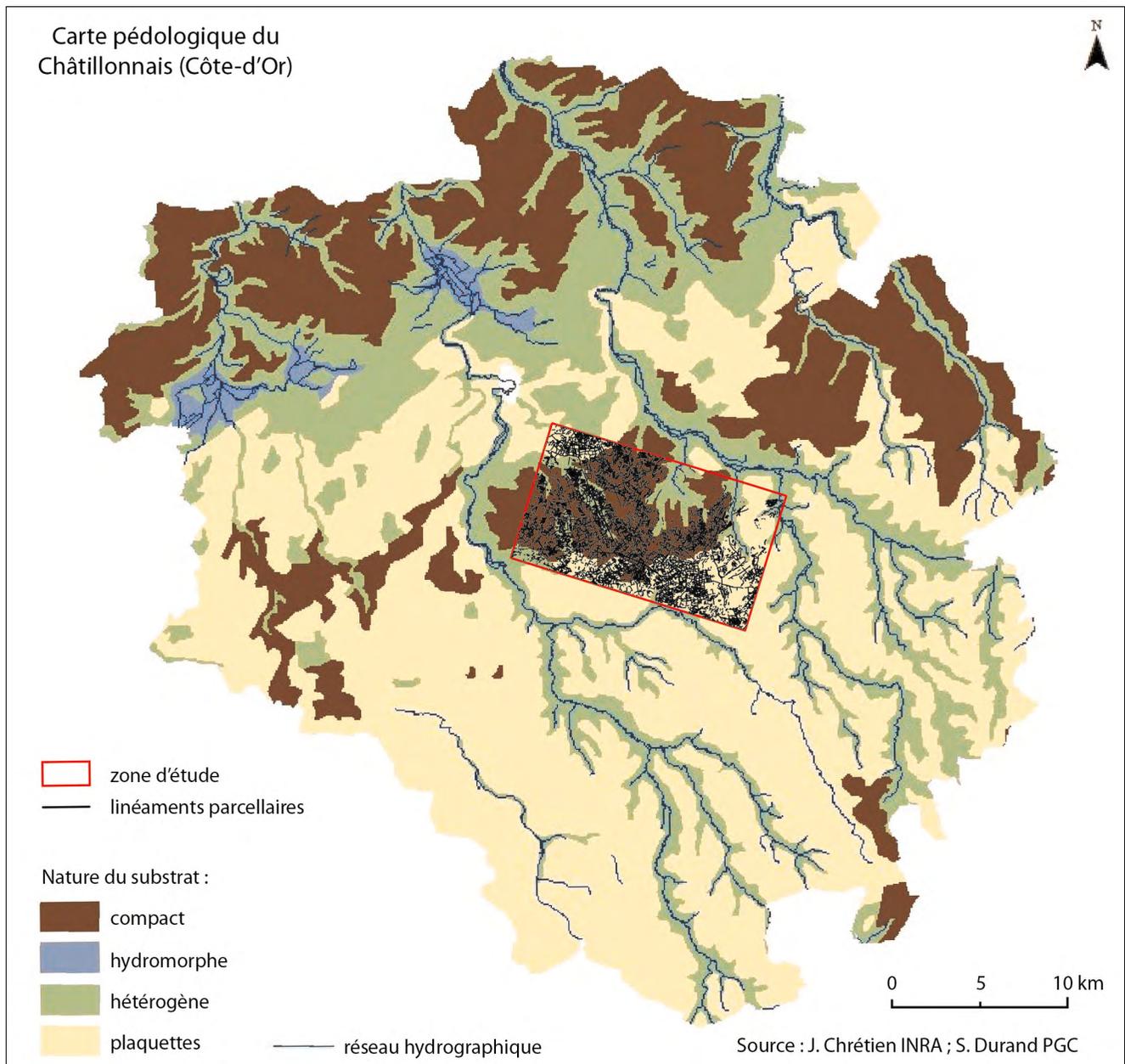


Fig. 6. Carte des pédopaysages de la Côte-d'Or à 1/250 000 (J. Chrétien 2000, INRA).

Relief et hydrographie

D'une manière générale, le relief naturel correspond à un plateau doté d'une déclivité modérée (fig. 7), depuis la plaine de la Seine au nord-ouest, vers Châtillon-sur-Seine, aux altitudes les plus basses (alt. 200 m), jusqu'aux zones de plateau, les plus élevées, culminant au sud-est à environ 500 m d'altitude. La zone d'étude choisie culmine à des altitudes comprises entre 300 et 400 m. Sur le plateau, l'eau est rare et les sols limono-argileux, d'épaisseurs variables, peuvent être sensibles à la sécheresse lorsqu'ils sont fins. Pour l'essentiel, les ressources permanentes en eau se limitent aux cours d'eau qui entaillent le plateau calcaire. La Seine coule à l'ouest du plateau et le Brevon, affluent de la Seine, passe à 1-2 km au sud de la Forêt domaniale de Châtillon. Le nord du massif est bordé par l'Ource, dont le cours est sensiblement parallèle à celui du Brevon. Enfin, la Forêt domaniale est bordée à l'est par la Digeanne, qui se jette dans l'Ource.

Seuls deux petits cours d'eau affluents de l'Ource se situent dans la zone d'étude, au nord-est (le Merdant et le ruisseau du Canal, longs respectivement de 4 et 5 km).

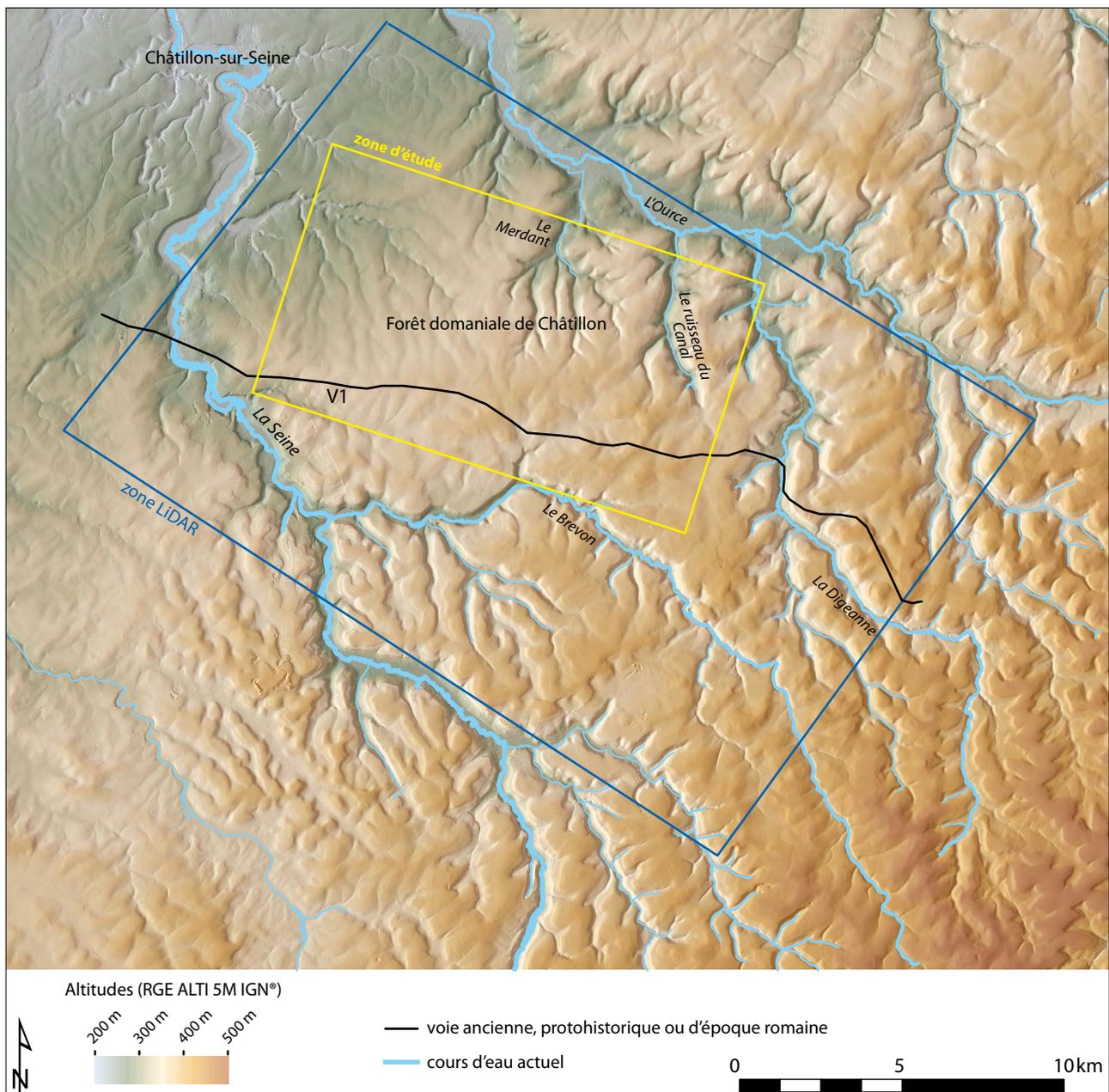


Fig. 7. Relief et hydrographie (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données RGE ALTI 5M et BD CARTHAGE IGN®).

Établissements et voirie

Les établissements pris en compte pour cette étude (fig. 8) proviennent de la base de données archéologique EnVix établie dans le cadre du Programme Collectif de Recherches (PCR) sur le site de Vix (données mises à disposition de Rurland par la DRAC - SRA de Bourgogne - Franche-Comté et MSH de Dijon). Cette base recense des établissements ruraux construits en dur (points rouges sur la fig. 8), dont la moitié environ a pu être datée de la période romaine par des prospections au sol. Les autres établissements restent à dater précisément, mais leur fonctionnement durant la période gallo-romaine est probable. Dans la zone étudiée (en jaune sur la fig. 8), aucun indice d'habitat datable des périodes protohistoriques ou médiévales n'a été trouvé à l'heure actuelle. Une fréquentation protohistorique, pour une fonction funéraire, a été mise en évidence par les

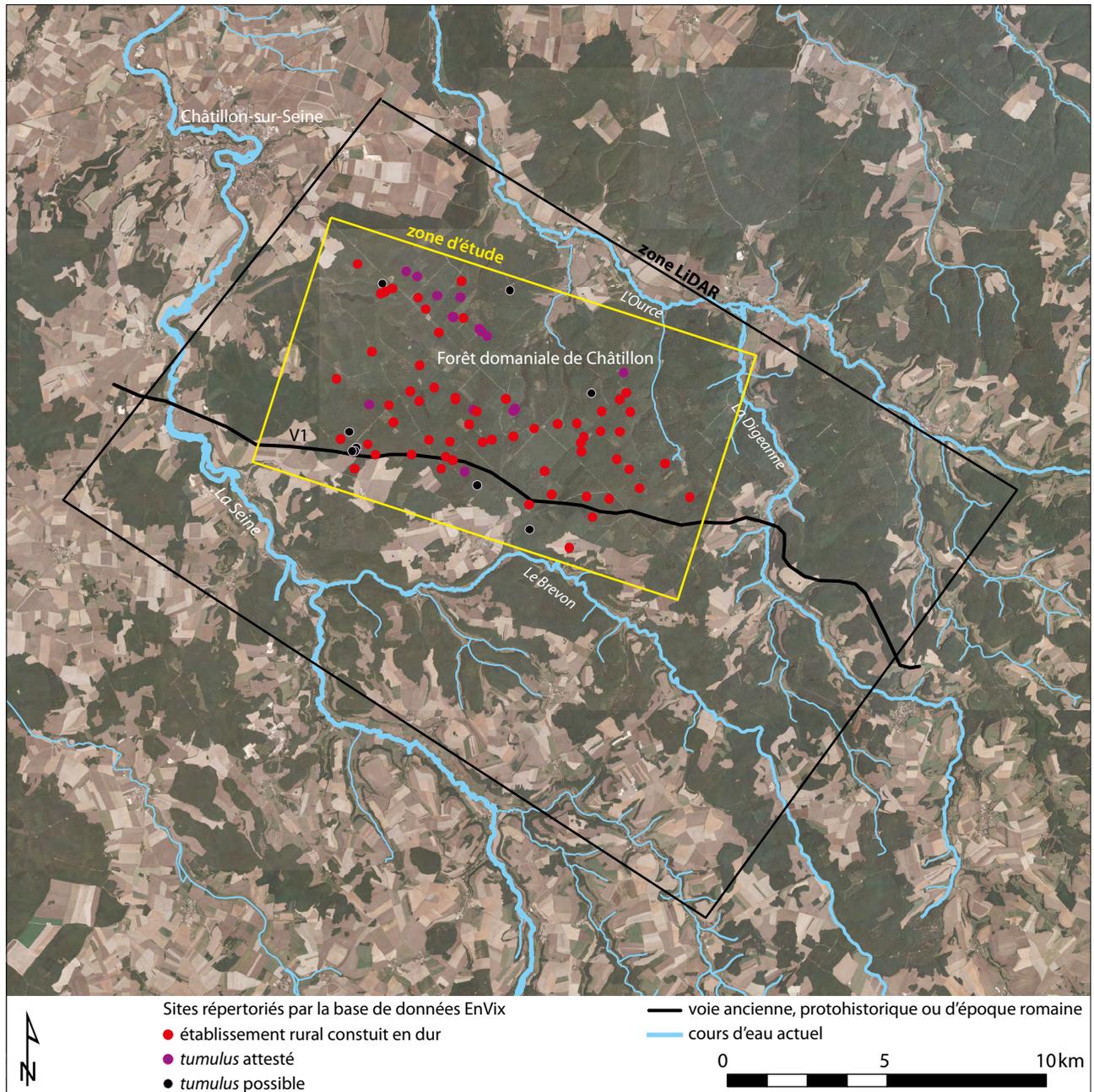


Fig. 8. Localisation des établissements ruraux et autres sites pris en compte pour cette étude (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données archéologiques : Base de données EnVix - MSH de Dijon, DRAC-SRA de Bourgogne-Franche-Comté, 2017, et les données BD ORTHO 50 cm et BD CARTHAGE IGN®).

prospections du PCR Vix, avec la découverte de *tumuli*, dont la fonction est assurée pour une partie d'entre eux (points violets), et possible mais à confirmer pour d'autres (points noirs). Aucun de ces *tumuli* n'a fait l'objet d'une fouille, et leur période d'appartenance précise reste donc encore à établir.

Une étude complète de la zone du Châtillonnais centrée sur les rebords de plateau et les langues de plateau (forêts privées et communales) vient d'être publiée², et par conséquent, aucune investigation relative aux établissements n'est développée ici. On peut simplement souligner qu'une occupation laténienne significative est établie à l'est et au sud du massif, hors du périmètre étudié ici. Les établissements laténiens découverts sont tous construits en matériaux périssables, et il a fallu mener des prospections au sol très minutieuses et poussées pour les mettre en évidence. Les établissements gallo-romains, toujours construits en pierre, sont mieux conservés et plus facilement détectables. Sur la base de ces observations, nous pouvons faire l'hypothèse qu'une occupation laténienne est possible, voire probable, sur notre zone d'étude en Forêt domaniale de Châtillon, mais qu'à l'heure actuelle, sa réalité reste encore entièrement à établir.

On propose, à suivre, un résumé des données publiées, informations issues pour l'essentiel du premier volume publié dans le cadre de Rurland en 2017 (Bénard *et al.* 2017). En complément, quelques informations ont été extraites de la *Carte Archéologique de la Gaule* de Côte-d'Or (Goguy, Pautrat 2009), de la *Revue Archéologique de l'Est et du Centre-Est* (Goguy *et al.* 2010) et d'une publication disponible en ligne sur HAL <https://hal.archives-ouvertes.fr/> (Goguy *et al.* 2014).

ÉTABLISSEMENTS, VOIES ET CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL (D'APRÈS BÉNARD *ET AL.* 2017³)

Voies⁴

Des prospections sur le terrain et l'analyse des données LiDAR ont permis d'identifier des chemins et des voies, dessertes régionales ou locales (fig. 9, d'après Bénard *et al.* 2017 : fig. 4). Les tronçons viaires sont généralement délimités par deux murées en pierres sèches parallèles, ou par une murée et un épaulement, ou un épaulement et un terrassement. On observe aussi quelques chemins creux. Les voies les plus importantes ont un tracé continu et sont bordées par des murées distantes de 10 à 14 m. Des voies locales aux tracés plus ou moins continus ont un écartement des murées de 5 à 8 m. D'autres chemins encore moins importants, aux tracés lacunaires, et les chemins creux ont une largeur de 4 m au plus. Les dessertes d'établissements se remarquent par l'aménagement de murées sur une centaine de mètres près de l'habitat, alors qu'elles sont absentes plus loin. Enfin, des dessertes de parcelles sont repérables sur le terrain par des ouvertures interrompant la murée, souvent marquées par une ou deux pierres dressées.

Établissements

La caractérisation des établissements protohistoriques et romains reste partielle. Les rares éléments de datation fiables proviennent de prospections et fouilles généralement anciennes. Les établissements sont construits en dur ou en matériaux périssables (fig. 10, d'après Bénard *et al.* 2017 : fig. 6). Dans la forêt domaniale, on recense environ 50 habitats construits en dur, composés de 1 à 4 bâtiments implantés dans une cour, avec parfois une dépression aménagée, interprétée comme une mare. Les constructions s'insèrent presque toujours dans un ensemble parcellaire, parfois un simple enclos d'une superficie pouvant dépasser 1 ha. Ces habitats présentent des moellons taillés, des dalles sciées, de la sigillée et des fragments de verre gallo-romains. Un seul a été vraiment fouillé et a livré des mosaïques, de l'enduit peint, de la sigillée et de la céramique à engobe

2. L'ouvrage est paru durant l'été 2018, après la rédaction de cette annexe : Goguy, D., Bénard, J. (dir.), Berranger, M., Chevigny, E., Fovet, É., Giosa, A., Granjon, L., Guillaumet, J.-P., Pautrat, Y., Petit, C., Pillot, L., Popovitch L. *et al.* (2018) : *L'archéologie forestière du plateau calcaire Châtillonnais de Hallstatt à l'Antiquité tardive*.

3. Bénard, J., Cordier, A., Devevey, F., Goguy, D., Pautrat, Y., Taillandier, V. *et al.* (2017) : "Chapitre 16. L'occupation rurale en Côte-d'Or. Approches croisées", in : Reddé, M., dir. (2017) : *Gallia Rustica 1. Les campagnes du nord-est de la Gaule, de la fin de l'âge du Fer à l'Antiquité tardive*, Bordeaux, 757-816.

4. Les données relatives aux voies du Châtillonnais et décrites dans ce paragraphe ont été établies par J. Bénard.

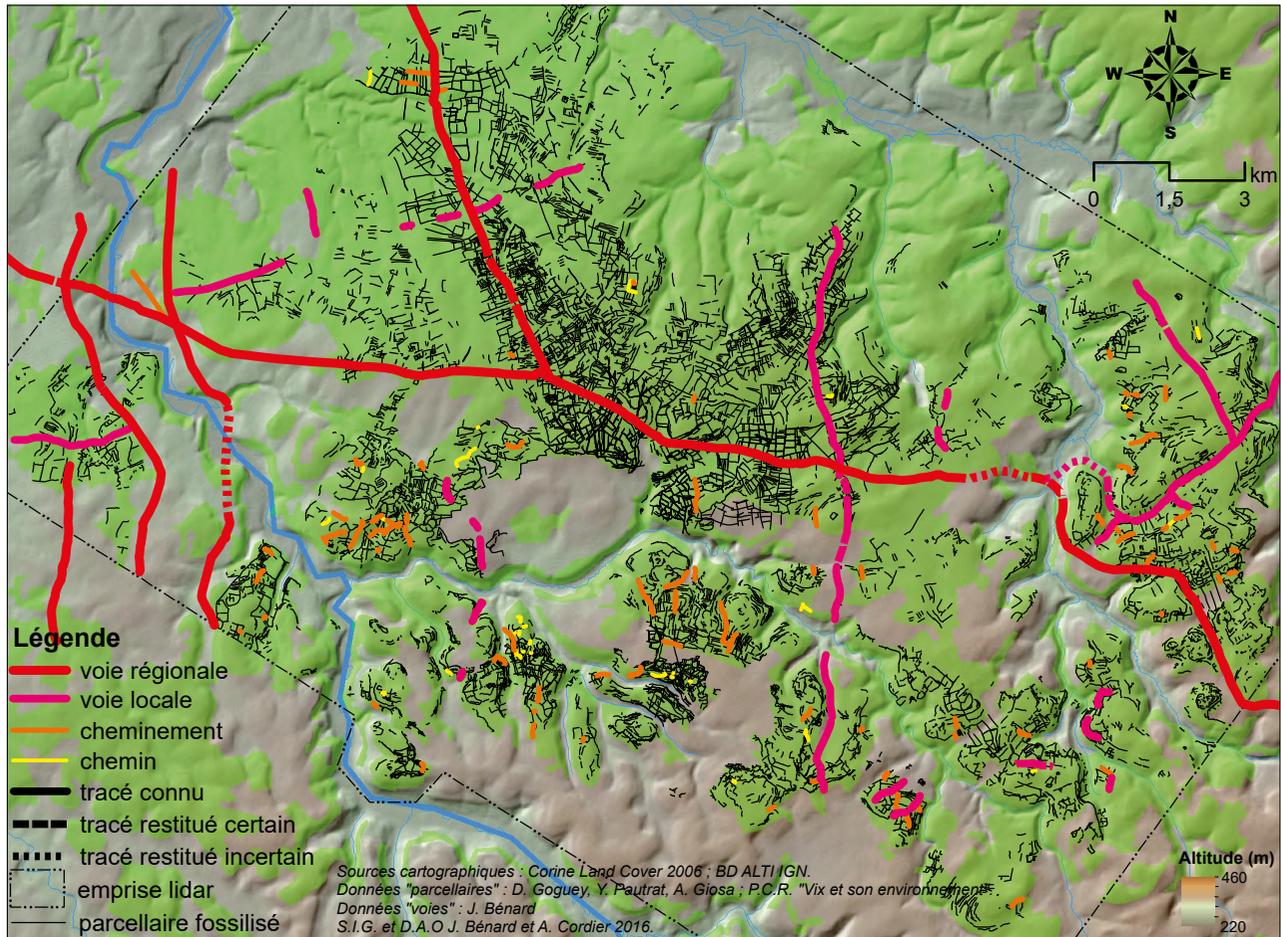


Fig. 9. Réseau de voies secondaires dans les forêts du Châtillonnais (Bénard *et al.* 2017, fig. 4).

noire. Des réoccupations médiévales ponctuelles sont possibles : un sol cultivé associé à une limite parcellaire (épaulement) a fourni une datation radiocarbone calibrée entre 778 et 961⁵.

Au sud de la Forêt domaniale de Châtillon, on compte 93 habitats enclos dont les aménagements internes sont bâtis en matériaux périssables, ainsi que 8 enclos culturels, 6 enclos funéraires et de nombreux enclos de fonction indéterminée. Ces établissements sont intégrés à un tissu parcellaire où la distinction entre parcelle et enclos est parfois difficile à définir. Pour moitié d'entre eux, ils sont situés dans des enclos fermés simples ou complexes d'une superficie inférieure à 2 000 m². Les enclos présumés culturels ou funéraires sont dans ce cas. Une minorité d'enclos dépasse un hectare.

Plusieurs *villae* sont installées à proximité de la Seine, et une autre à la confluence de la Digeanne et de l'Ource, mais aucun grand établissement pouvant correspondre à une *villa* importante n'a été découvert dans la Forêt domaniale de Châtillon.

La localisation des divers établissements recensés a été croisée avec la distance aux ressources en eau (Goguey, Pautrat 2009) : cours d'eau et sources actuels, et couche aquifère liée aux marnes à *Ostrea acuminata* J1b/J2a. Il en ressort que les établissements sont fréquemment loin d'un point d'eau, et près de la moitié d'entre eux est à plus de 3 km d'un point d'eau permanent. L'activité passée qui a pu se développer dans les fonds de vallées alluvionnaires humides est mal connue, hormis la pêche, attestée par la découverte d'hameçons. Quelques établissements ont livré des instruments agricoles (soc, coultre

5. Zone de l'ancienne abbaye du Val des Choues, située au sud du ruisseau du Canal.

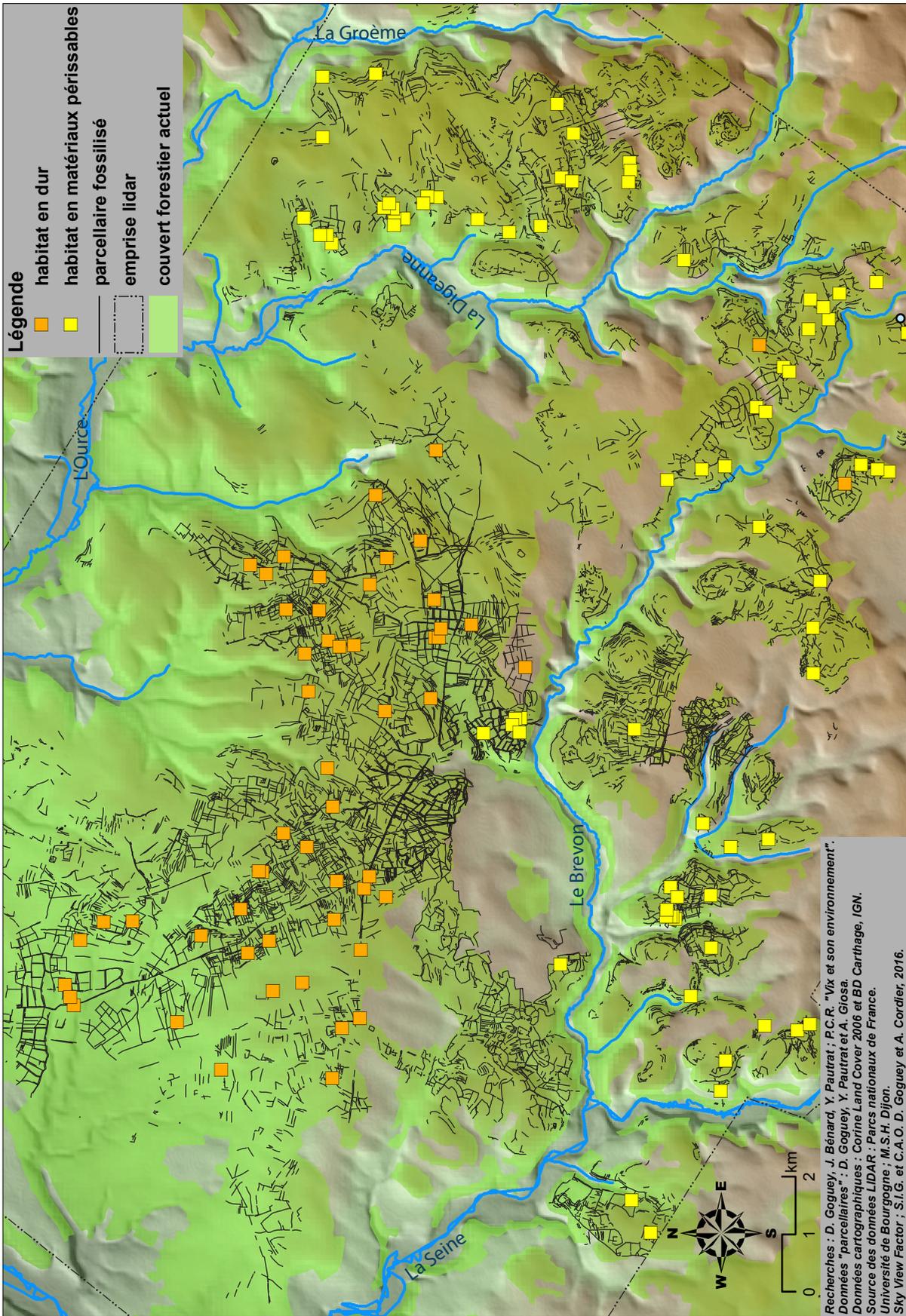


Fig. 10. Répartition des habitats en dur et des habitats en matériaux périssables dans les forêts du Châtillonais (Bénard et al. 2017, fig. 6).

d'araire et renfort de coutre, dent de herse) et des témoins d'activités pastorales (forces, dents de râteaux, sonnailles). Divers sites montrent des indices d'activités de forge. 37 points d'occupation indiquent le travail du fer, mais aucun ferrier de réduction n'a été détecté.

Datations (Goguey *et al.* 2014, 2016)

Deux catégories de structures ont principalement fourni des éléments de datation : les *tumuli* (48 sont dénombrés en l'état actuel) et les établissements ruraux, prospectés systématiquement. Trois habitats ont livré des indices hallstatiens (hors de la zone étudiée pour les parcellaires) : "Busseaut-Bellenod", "Les Brélis sud 1" et "Bois de Jour" (Goguey *et al.* 2014). Si on considère l'ensemble de la zone du Châtillonnais, la faible proportion d'habitats ayant livré des indices hallstatiens, comparativement au nombre relativement important de *tumuli* recensés, peut correspondre à un biais d'observation : contrairement aux *tumuli*, les sites d'habitat sont difficiles à détecter en prospection, tout particulièrement en milieu forestier. Cette difficulté est augmentée d'un possible effet de masque ; des occupations précoces peuvent être enfouies sous des niveaux postérieurs, notamment gallo-romains. Et, en l'absence de fouilles, l'incertitude ne peut être levée. Les éléments de datation se densifient progressivement pour atteindre un niveau maximum à la fin de La Tène et au 1^{er} siècle. Tous les habitats prospectés, à une exception près, ont une occupation gallo-romaine, et les indicateurs s'arrêtent nettement à la fin du II^e siècle. On trouve un seul ensemble tardif se rapportant au VII^e siècle. Pour l'ensemble du massif du Châtillonnais, 88 sites ont été datés par prospection. 18 sont exclusivement d'époque romaine, et 71 donnent des indices protohistoriques : 3 sites avec des indices du Hallstatt, 9 sites avec indices LT A, 10 pour LT B et 17 pour LT C. Dans quelques cas, les indices couvrent toutes les périodes mais le plus souvent, des hiatus séparent les différentes périodes. Dans certains secteurs, les établissements donnent des indices concentrés sur la fin de la Tène et sur le 1^{er} siècle.

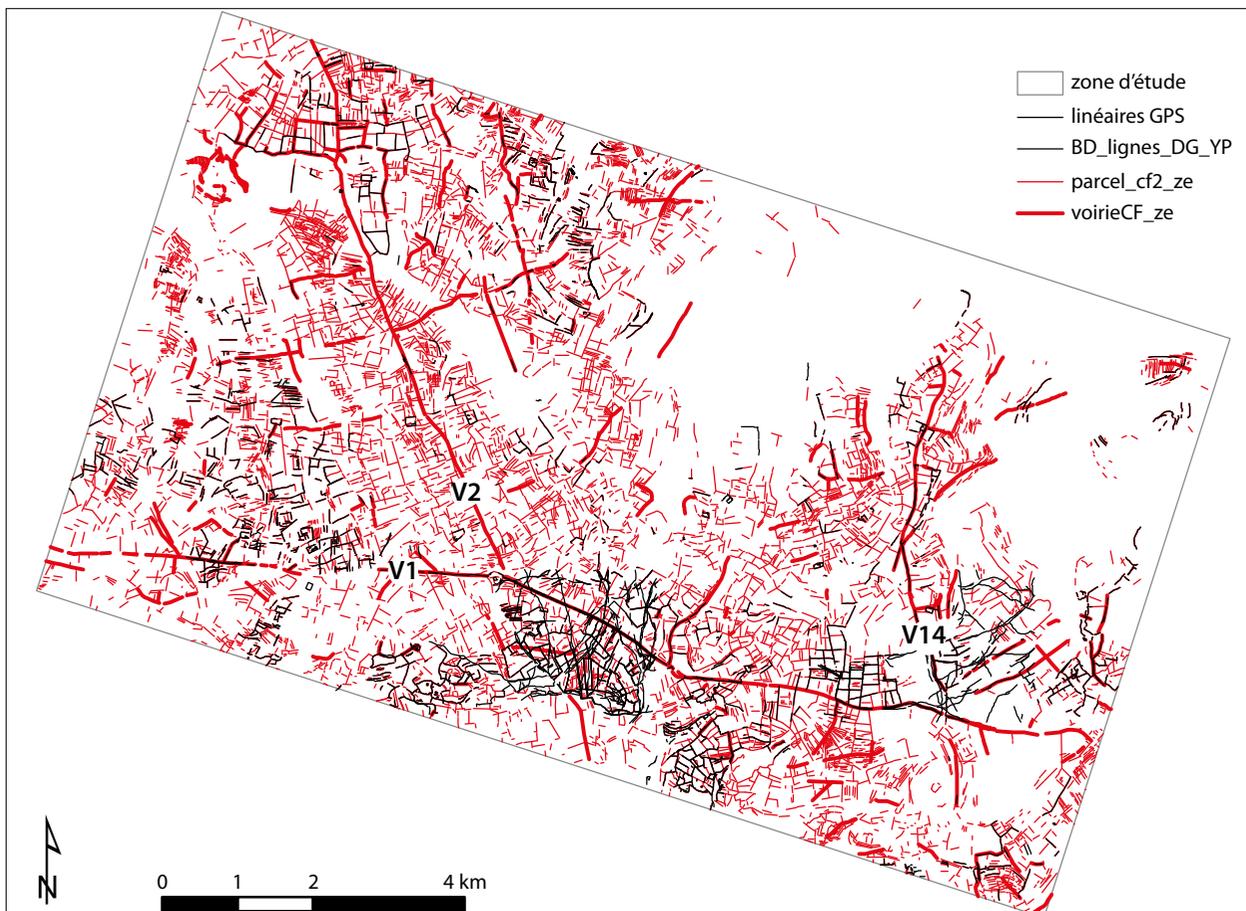


Fig. 11. Aménagements parcellaires et éléments de voirie relevés sur la zone étudiée à partir des données LiDAR. Aperçu des différents relevés sur SIG exploités (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après données LiDAR : Forêt domaniale du Châtillonnais, Parcs nationaux de France, 2012, et relevés effectués par D. Goguey, J. Bénard et Y. Pautrat).

Au nord-ouest de la microrégion, vers Châtillon-sur-Seine, deux *villae* à plan axial (“Ferme de la Fontaine” et “En la Pierre”) sont installées sur de légères buttes de calcaires marneux, à l’abri des inondations. Les autres *villae* connues sont exclusivement situées dans les vallées étroites de la Seine et de l’Ource (Goguey *et al.* 2016). Une vingtaine d’autres établissements plus modestes se répartissent dans cette microrégion.

Trois voies sont considérées comme structurantes (fig. 11) : V1 relie d’est en ouest le sanctuaire de source d’Essarois, proche de la Digeanne, à la vallée de la Seine en passant par le *fanum* du Tremblois, situé à l’intersection entre V1 et V2. Près de la Seine (hors zone d’étude), un itinéraire régional nord-sud gallo-romain relie Alésia à la vallée de la Seine. Deux voies nord-sud traversent le plateau : V14, à l’est, est reconnu sur une douzaine de kilomètres, de part et d’autre de V1. V2, à l’ouest, traverse le plateau calcaire sur environ 8 km, uniquement au nord de V1. Au moins 10 sites sont implantés à moins de 400 m de V1, 7 sites le long de V14 et 4 ou 5 sites le long de V2. Aucun établissement n’a été repéré à plus de 2 km de ces trois voies.

ÉTUDE DU PARCELLAIRE EN FORÊT DOMANIALE DE CHÂTILLON ET COMPARAISONS AVEC CELUI DE LA FORÊT DE HAYE

Relevé des aménagements parcellaires sur la zone d’étude en Forêt domaniale de Châtillon

Dans l’objectif d’analyser les indices d’occupation du sol pouvant se rapporter à l’Antiquité sur la zone étudiée, un relevé vectoriel des structures linéaires détectables à partir des données LiDAR a été réalisé sur SIG, en visant une détection exhaustive des anomalies microtopographiques. Le relevé a été effectué en faisant appel à différentes visualisations du MNT LiDAR : ombrages simples avec élévation 45°, suivant des azimuts à 315°, 270° et 0° ; visualisation des pentes ; visualisations avec l’outil Topographic Position Index (boîte à outils Jenness Tools pour Arcgis http://www.jennessent.com/arcgis/arcgis_extensions.htm), selon deux paramétrages différents, pour permettre de mettre en évidence, d’une part, des structures linéaires faiblement saillantes et de largeurs assez importantes (épaulements ou levées de largeur supérieure à 10 m) et, d’autre part, des structures linéaires étroites et au relief peu marqué (épaulements, levées ou dépressions larges de moins de 5 m). Ces deux types de linéaires sont fréquemment rencontrés dans les ensembles parcellaires.

Les structures relevées ont été réparties sur 2 fichiers : un fichier *parcel_cf2_ze* pour les linéaments parcellaires, et un fichier *voirieCF_ze* pour tronçons viaires identifiés. Le relevé reprend partiellement celui transmis à Rurland par D. Goguey en mars 2017, et qui couvre une petite partie de la zone étudiée (shapefiles *BD_lignes_DG_YP* et *linéaires GPS*, en noir sur la fig. 11)⁶. La répartition des structures relevées montre que des zones vides d’aménagements se dessinent très nettement, en particulier au nord-est de la zone d’étude. L’absence de structures dans ces zones n’est pas explicable par une qualité insuffisante des données LiDAR ou par un effacement des reliefs par érosion. Cette absence traduit certainement une absence réelle d’aménagements parcellaires : cet espace n’a probablement jamais été exploité pour un usage agropastoral.

La figure 12 montre le relevé des aménagements parcellaires et des voies, en superposition avec les 59 établissements répertoriés sur la base de données archéologique EnVix, en fonction de leur période d’occupation, lorsqu’elle est connue. Les établissements datés sont tous d’époque romaine (15 attestés de la période romaine, 15 probables). 17 *tumuli* ont été identifiés, surtout dans la partie nord de la zone d’étude. Ils n’ont pas été fouillés et ne sont pas datés. 12 autres tertres pourraient aussi correspondre à des *tumuli* (à confirmer).

D’un point de vue méthodologique, les relevés des structures sur les shapefiles *parcel_cf2_ze* et *voirieCF_ze* ont été opérés en produisant des segments linéaires aussi longs que possible entre deux vertex⁷, tout en veillant à respecter la morphologie générale des structures. Ce choix méthodologique de relevé entraîne parfois une légère simplification schématique de la géométrie des structures vectorisées. Cependant, les micro-déviations de linéaments susceptibles de contenir une information

6. Indépendamment du relevé, effectué pour Rurland, des structures se rapportant aux systèmes parcellaires en Forêt domaniale de Châtillon, un autre relevé, plus général, des structures archéologiques a été réalisé par A. Giosa dans le cadre de sa thèse en cours, portant sur l’ensemble de la zone couverte par LiDAR (400 km² environ). N’ayant pas eu accès à ces relevés sur SIG pour notre étude, les résultats présentés dans cette *Annexe 2* et dans le chapitre 7 de *Gallia Rustica 2* ont été établis sans prise en compte possible du travail d’A. Giosa.

7. Vertex : extrémité d’un segment.

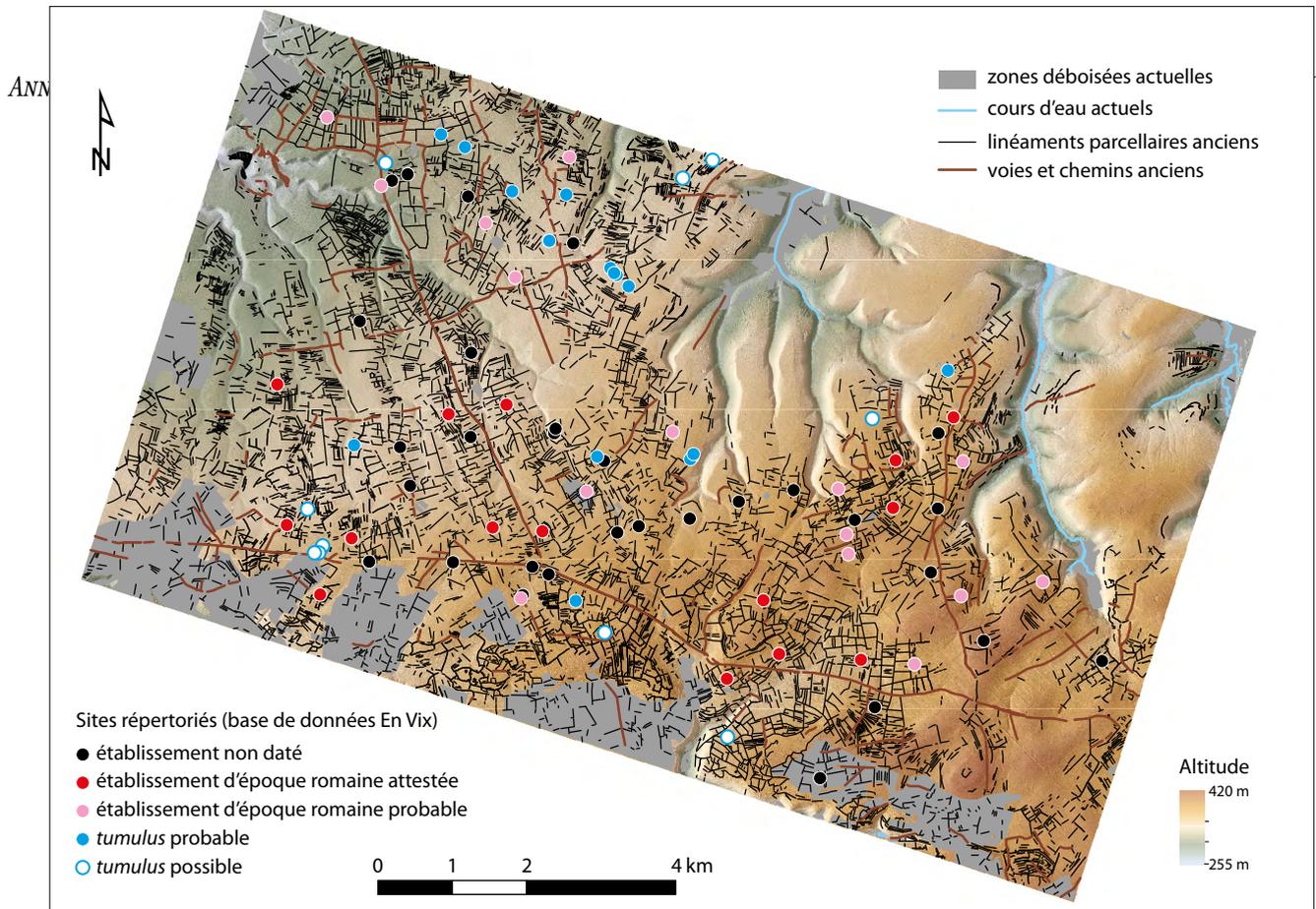


Fig. 12. Aménagements parcellaires, éléments de voirie et établissements relevés sur la zone étudiée (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les sources : données LiDAR : Forêt domaniale du Châtillonnais, Parcs nationaux de France, 2012 ; données archéologiques : Base de données EnVix - MSH de Dijon, DRAC-SRA de Bourgogne-Franche-Comté, 2017, et occupation du sol d'après BD ORTHO IGN[®]50 cm, 2017).

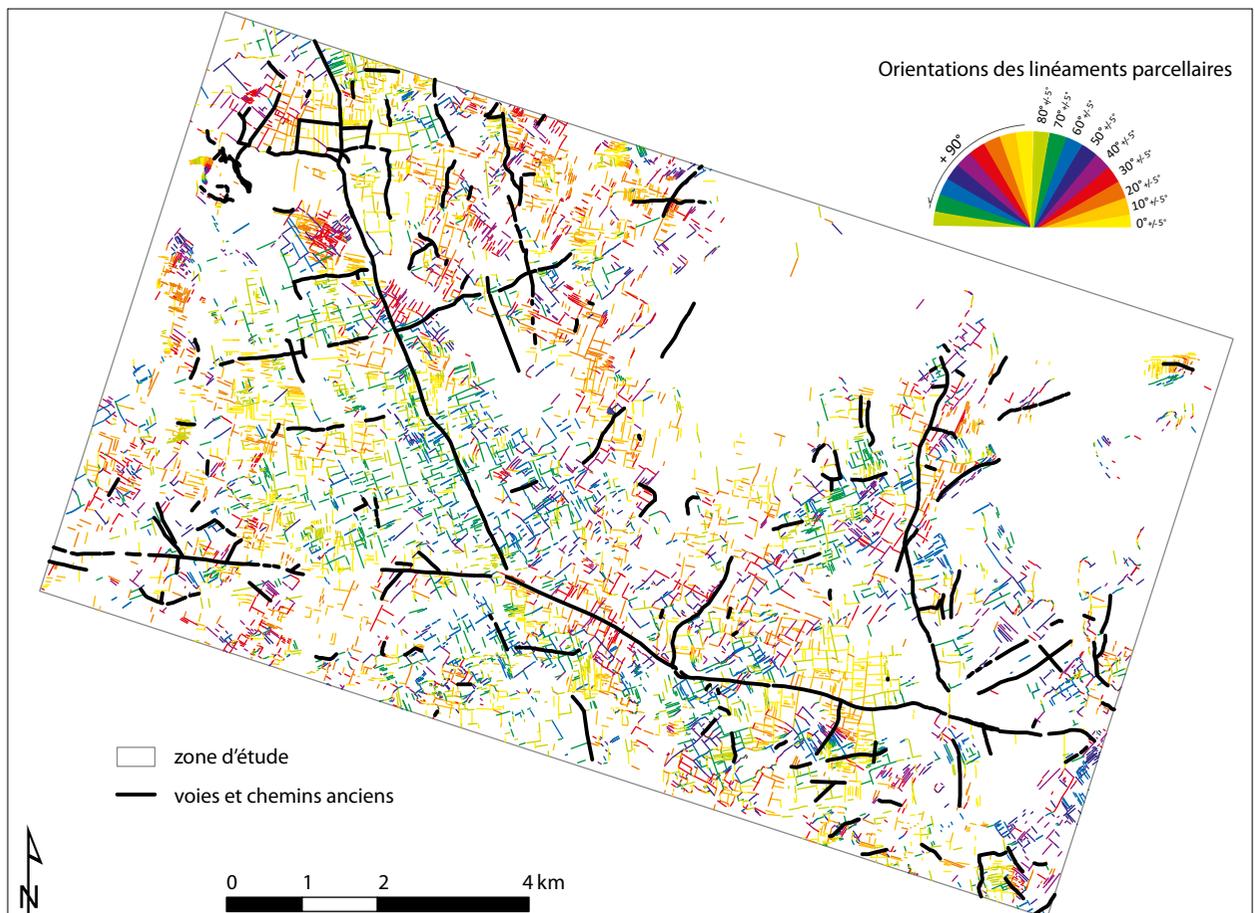


Fig. 13. Tri des linéaments parcellaires en fonction de leur inclinaison (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après données LiDAR : Forêt domaniale du Châtillonnais, Parcs nationaux de France, 2012).

significative pour une interprétation topographique dynamique des systèmes parcellaires (modifications de tracés, recoupements ou chevauchements de structures, par exemple) ont toujours été reportées sur les relevés, pour veiller à conserver au mieux l'ensemble de l'information dynamique contenue dans la donnée microtopographique. Le choix préalable d'une méthode schématisée de relevé a été adopté pour préparer l'étape suivante d'analyse, consistant à opérer un tri automatique des linéaments en fonction de leur inclinaison. L'objectif a été de favoriser une exploitation optimale des résultats du tri pour l'étude des systèmes parcellaires, en éliminant, dès le relevé, des segments de trop petite taille, pour lesquels le calcul d'inclinaison n'a pas de valeur exploitable, car les marges d'erreur angulaire résultant de la vectorisation initiale, et traduisant l'inclinaison du linéament, sont trop élevées.

Le tri automatique des linéaments parcellaires a été effectué sur ArcGis avec la commande Python suivante :

```
180+math.atan2((!Shape.firstpoint.X! - !Shape.lastpoint.X!),(!Shape.firstpoint.Y! - !Shape.lastpoint.Y!)) * (180 / math.pi)
```

Les linéaments ont ensuite été regroupés en fonction des inclinaisons obtenues, par tranches de $10^\circ \pm 5^\circ$ en 9 classes, de 0° à 80° , auxquelles s'ajoutent pour chaque classe les orientations perpendiculaires et opposées (par exemple, la classe 1 comprend les orientations à 0° , 90° , 180° et 270° , $\pm 5^\circ$). La figure 13 montre le résultat obtenu, avec une visualisation des résultats semblable à celle choisie pour la Forêt de Haye (cf. Annexe 1). Et, comme pour l'étude menée pour la Forêt de Haye, ce tri par orientation n'a pas eu pour objectif de rechercher des systèmes à trame orthogonale, régulière ou non. Il vise simplement à faciliter la mise en évidence de groupes parcellaires cohérents.

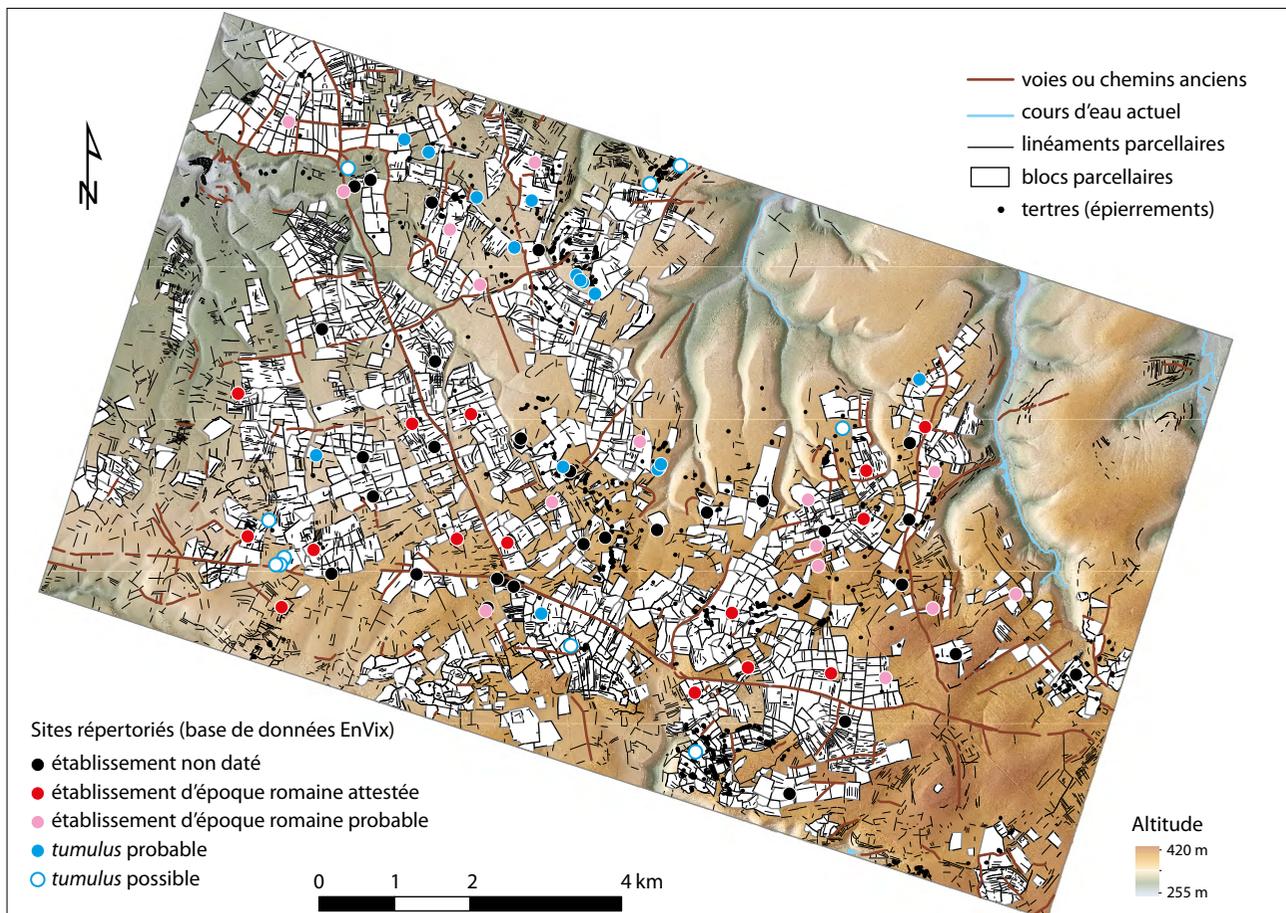


Fig. 14. Proposition d'assemblage des linéaments parcellaires en blocs. Localisation des éléments de voirie et des établissements relevés sur la zone étudiée (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les sources : données LiDAR : Forêt domaniale du Châtillonnais, Parcs nationaux de France, 2012 ; données archéologiques : Base de données EnVix - MSH de Dijon, DRAC-SRA de Bourgogne-Franche-Comté, 2017).

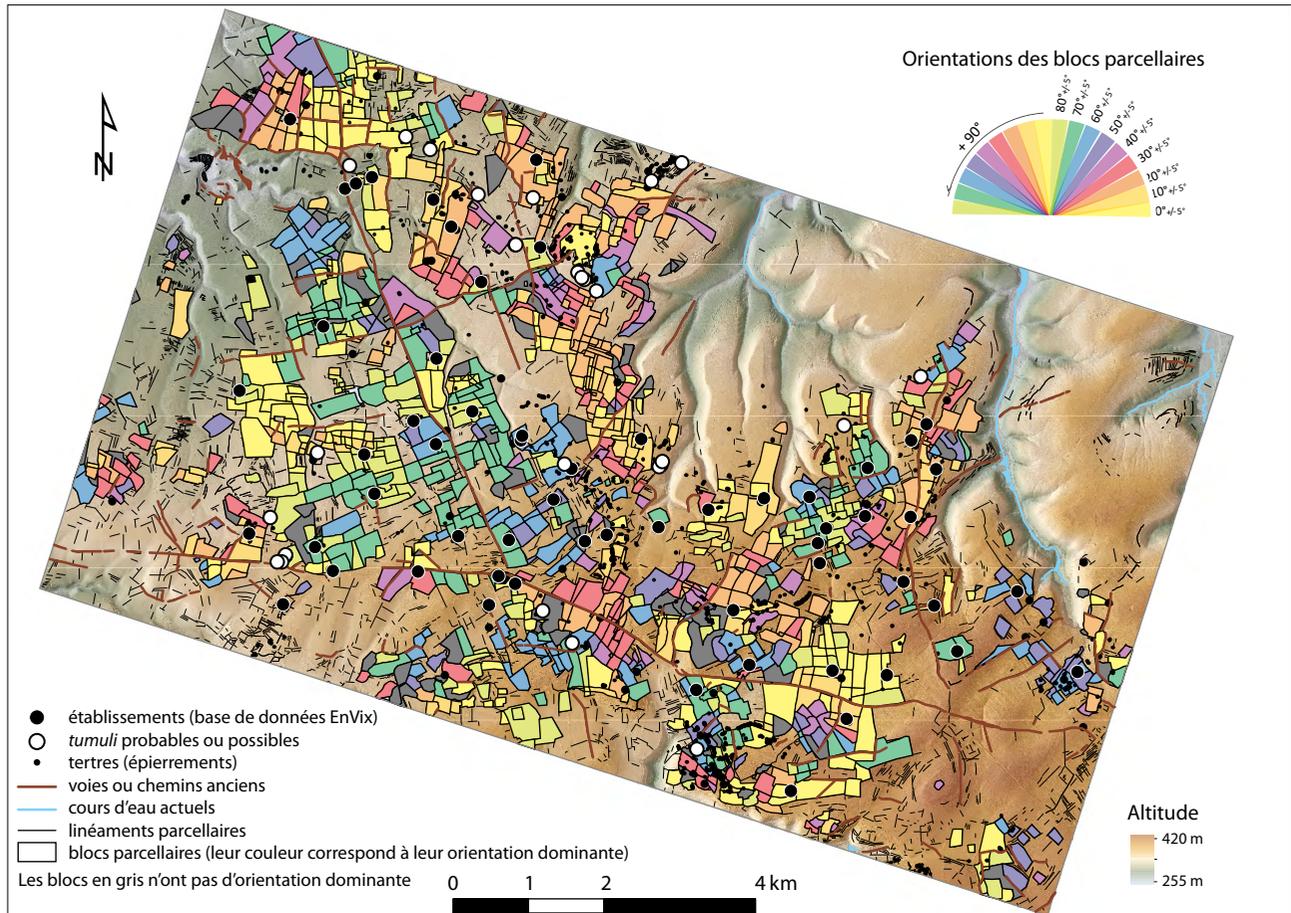


Fig. 15. Proposition de classement des blocs parcellaires en fonction de leurs orientations. Localisation des éléments de voirie et des établissements relevés sur la zone étudiée (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les sources : données LiDAR : Forêt domaniale du Châtillonnais, Parcs nationaux de France, 2012 ; données archéologiques : Base de données EnVix - MSH de Dijon, DRAC-SRA de Bourgogne-Franche-Comté, 2017).

D'autre part, l'ensemble des linéaments relevés a été utilisé pour identifier des unités parcellaires surfaciques (fig. 14). Celles-ci ont été déterminées en prenant appui sur les linéaires les plus longs possibles, tout en veillant à conserver les indices d'éventuels recouvrements de parcelles pouvant appartenir à des systèmes différents. Le processus mis en œuvre est le même que celui utilisé pour la Forêt de Haye, ce qui a permis ensuite de comparer les résultats obtenus. Et, de même que pour la Forêt de Haye, les orientations des linéaments ont servi à attribuer des orientations dominantes aux parcelles (fig. 15).

Comparaison des planimétries en Forêt domaniale de Châtillon et en Forêt de Haye

Densités de structures (fig. 16 et 17)

Des densités de linéaments par hectare ont été calculées pour évaluer l'emprise au sol des structures et pour traduire de façon unifiée les variations de l'impact local de ces aménagements sur le relief au sol (fig. 16). Les densités sont un peu plus élevées en Forêt domaniale de Châtillon qu'en Forêt de Haye (fig. 16, tons les plus foncés, et fig. 17, histogramme). L'emplacement des tracés de voies apparaît assez nettement dans les deux zones d'étude. La plus grande concentration de linéaments autour des voies s'explique par l'inclusion, dans le comptage statistique, des linéaires correspondant aux doubles buttes bordant les chemins les plus importants. Ceci a eu pour effet d'accroître mécaniquement les densités de linéaments au voisinage des chemins, qui s'ajoutent aux linéaments parcellaires eux-mêmes.

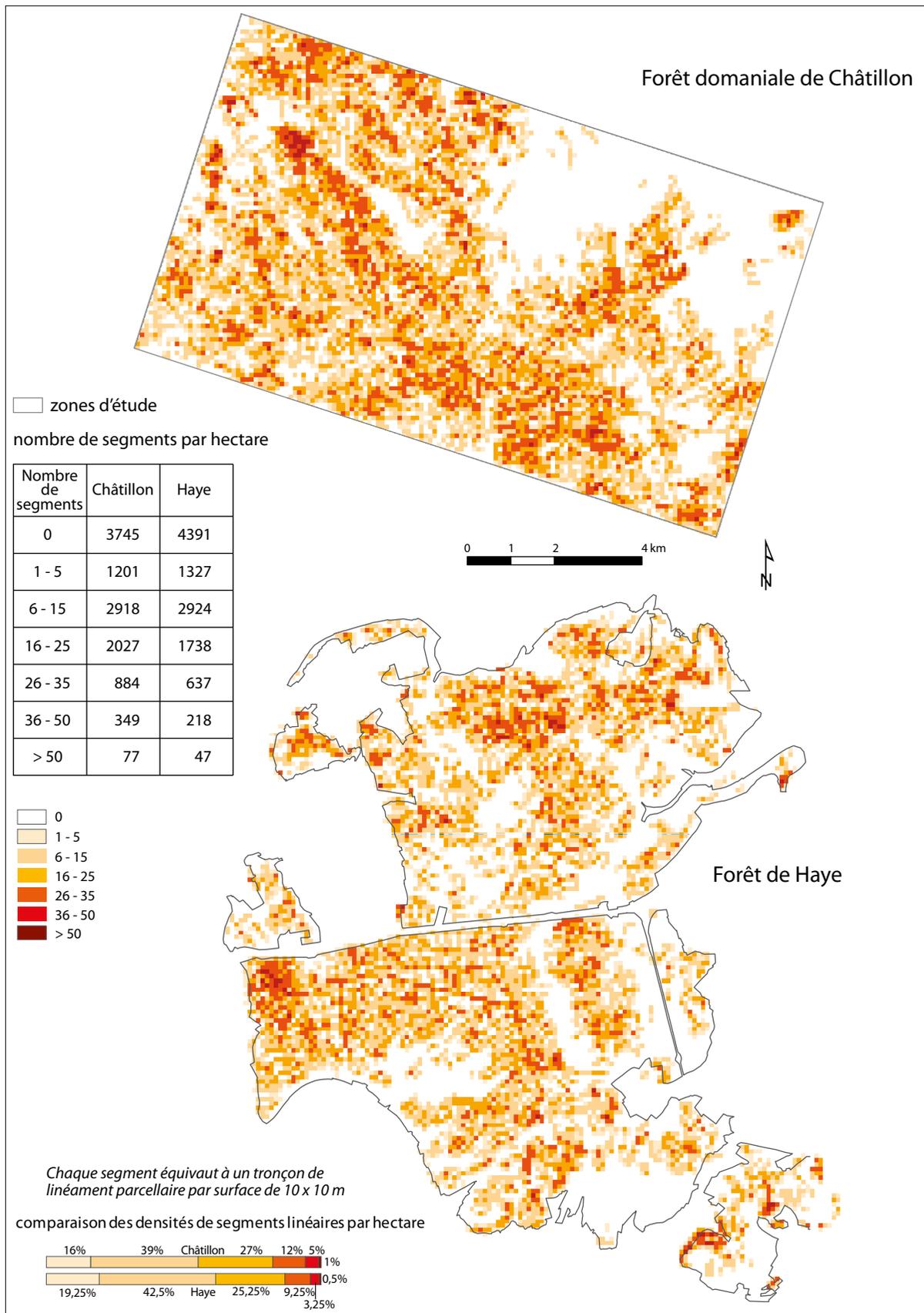


Fig. 16. Comparaison entre la Forêt de Châtillon et de la Forêt de Haye : densités de linéaments parcellaires par hectare (C. Fruchart, Rurland 2017).

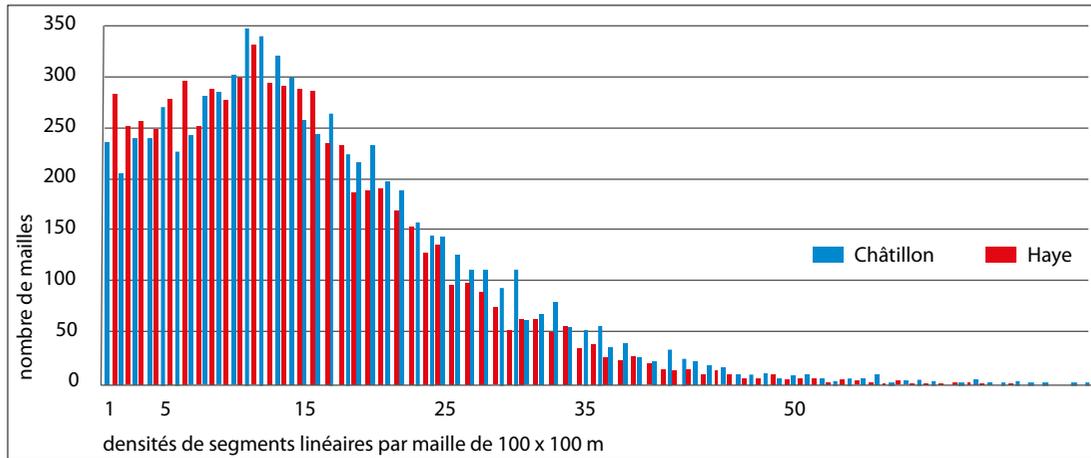


Fig. 17. Comparaison entre la Forêt de Châtillon et de la Forêt de Haye : histogrammes des distributions de densités parcellaires par hectare (C. Fruchart, Rurland 2017).

D'un point de vue méthodologique, le calcul des densités a été opéré en attribuant une largeur par défaut de 10 m aux linéaments, considérée comme une largeur moyenne d'emprise au sol des structures. Cette valeur a été estimée par l'observation répétée et en de multiples zones, de profils de microreliefs sur les relevés LiDAR. Pour notre comptage, un linéament long de 100 m équivaut donc, par convention, à une surface au sol de $100 \times 10 = 1\,000 \text{ m}^2$. La densité de linéaments par hectare a été calculée par simple addition des surfaces restituées, par maille de $100 \times 100 \text{ m}$, et les résultats ont été répartis en 7 classes :

La classe 1 correspond aux zones sans linéaments.

La classe 2 correspond à une couverture de 5 % au plus de la maille par des linéaments (50 m^2).

La classe 3 correspond à une couverture comprise entre 6 et 15 % ($60\text{-}150 \text{ m}^2$).

La classe 4 correspond à une couverture comprise entre 16 et 25 % ($160\text{-}250 \text{ m}^2$).

La classe 5 correspond à une couverture comprise entre 26 et 35 % ($260\text{-}350 \text{ m}^2$).

La classe 6 correspond à une couverture comprise entre 36 et 50 % ($360\text{-}500 \text{ m}^2$).

La classe 7 correspond à une couverture supérieure à la moitié de la surface de la maille.

Comparaisons planimétriques (fig. 18 à 20)

D'un point de vue surfacique, les assemblages de linéaments en Forêt de Haye forment des bandes ou des quadrilatères aux géométries régulières, occupant des surfaces étendues d'un seul tenant (voir Annexe 1). Ceci est particulièrement vrai dans la partie centrale de la forêt. De tels ensembles n'existent pas sur la zone étudiée en Forêt domaniale de Châtillon, où le dispositif parcellaire⁸ apparaît nettement plus morcelé qu'en Forêt de Haye. En revanche, le réseau de voies du Châtillonnais semble plus développé qu'en Forêt de Haye. Le réseau viaire du Châtillonnais est en partie structuré selon une géométrie régulière, qui dessine assez largement un plan maillé sensiblement orthogonal, en appui sur V2 (partie nord-ouest de la zone d'étude). Les voies V1 et V2 structurent assez nettement les agencements parcellaires du Châtillonnais. En Forêt de Haye, le rôle structurant des voies n'est pas totalement absent, mais il est beaucoup moins marqué qu'en Forêt domaniale de Châtillon.

Le relief naturel (vallées sèches) conditionne souvent la structuration du parcellaire, et de ce point de vue, les deux zones d'étude présentent de bonnes similitudes.

8. Du moins, l'ultime état de ce dispositif parcellaire, celui qui a été conservé sous la couverture forestière et que nous sommes en mesure de relever aujourd'hui.

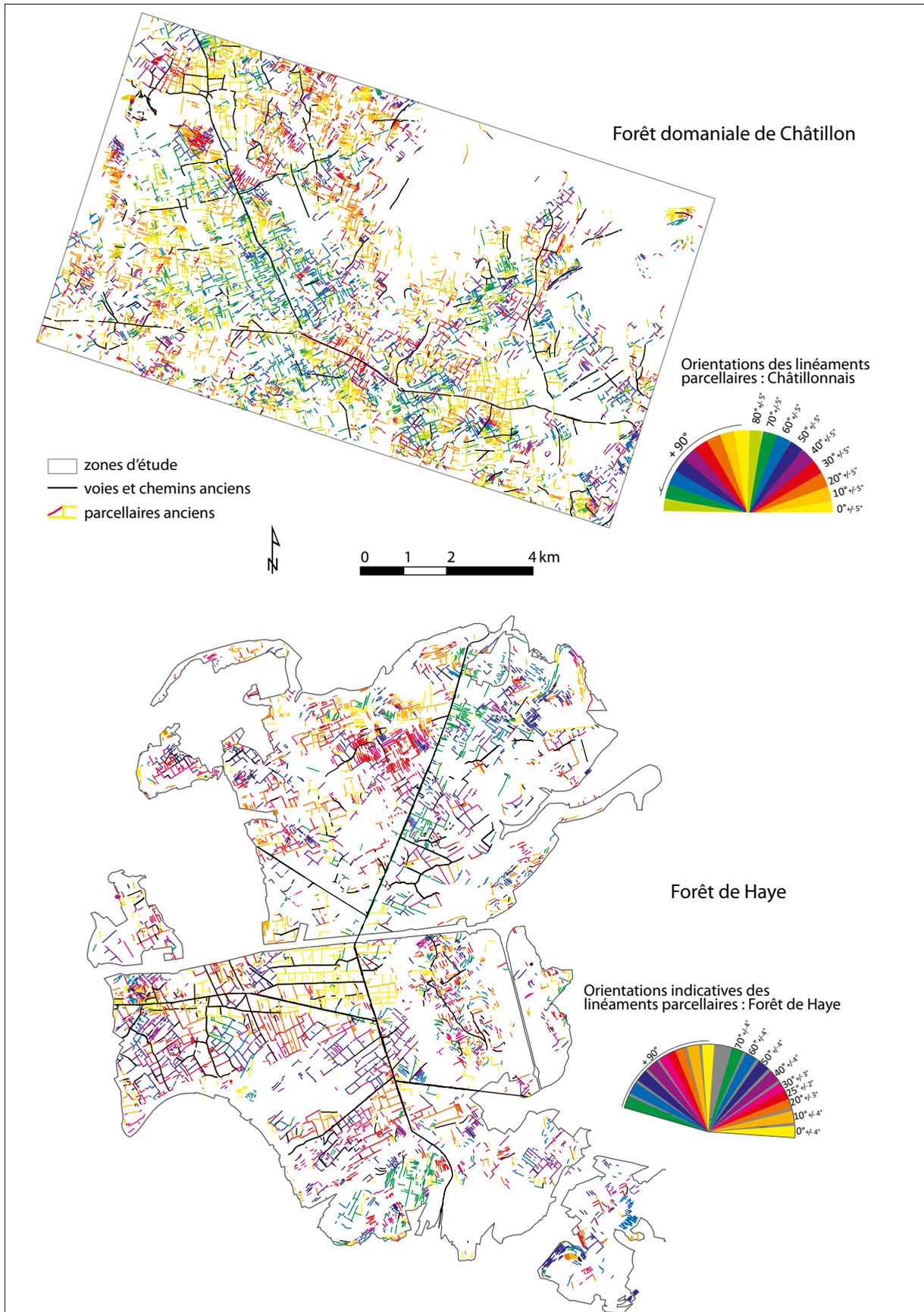


Fig. 18. Comparaison entre la Forêt de Châtillon et de la Forêt de Haye : distribution des linéaments parcelaires en fonction de leurs inclinaisons (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après données LiDAR Forêt domaniale du Châtillonnais, Parcs nationaux de France, 2012 et données LiDAR Haye 2007, DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF ; données M. Georges-Leroy, DRAC Grand-Est).

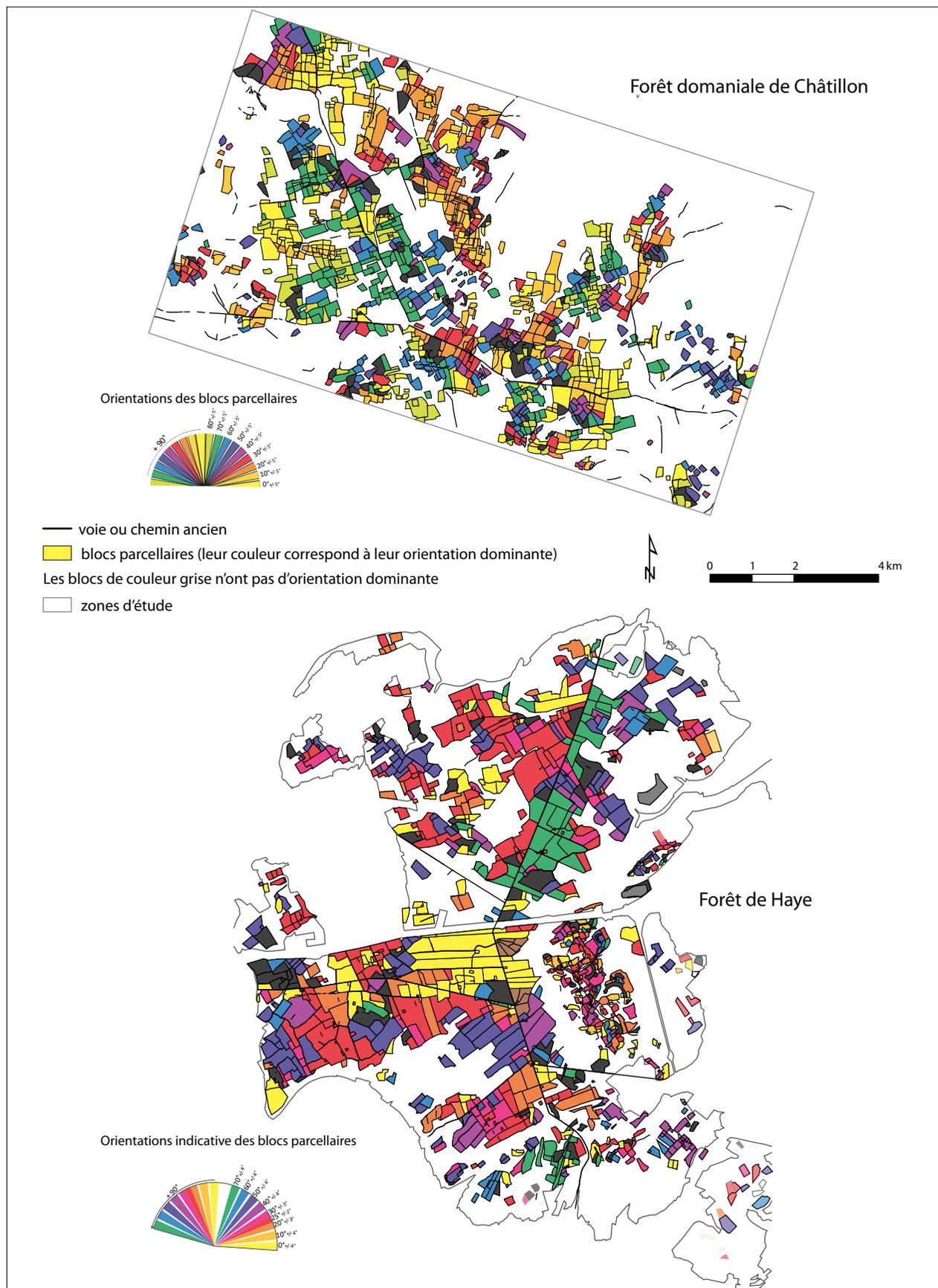


Fig. 19. Comparaison entre la Forêt de Châtillon et de la Forêt de Haye : distribution des blocs parcellaires en fonction de leurs orientations (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après données LiDAR Forêt domaniale du Châtillonnais, Parcs nationaux de France, 2012 et données LiDAR Haye 2007, DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF ; données M. Georges-Leroy, DRAC Grand-Est).

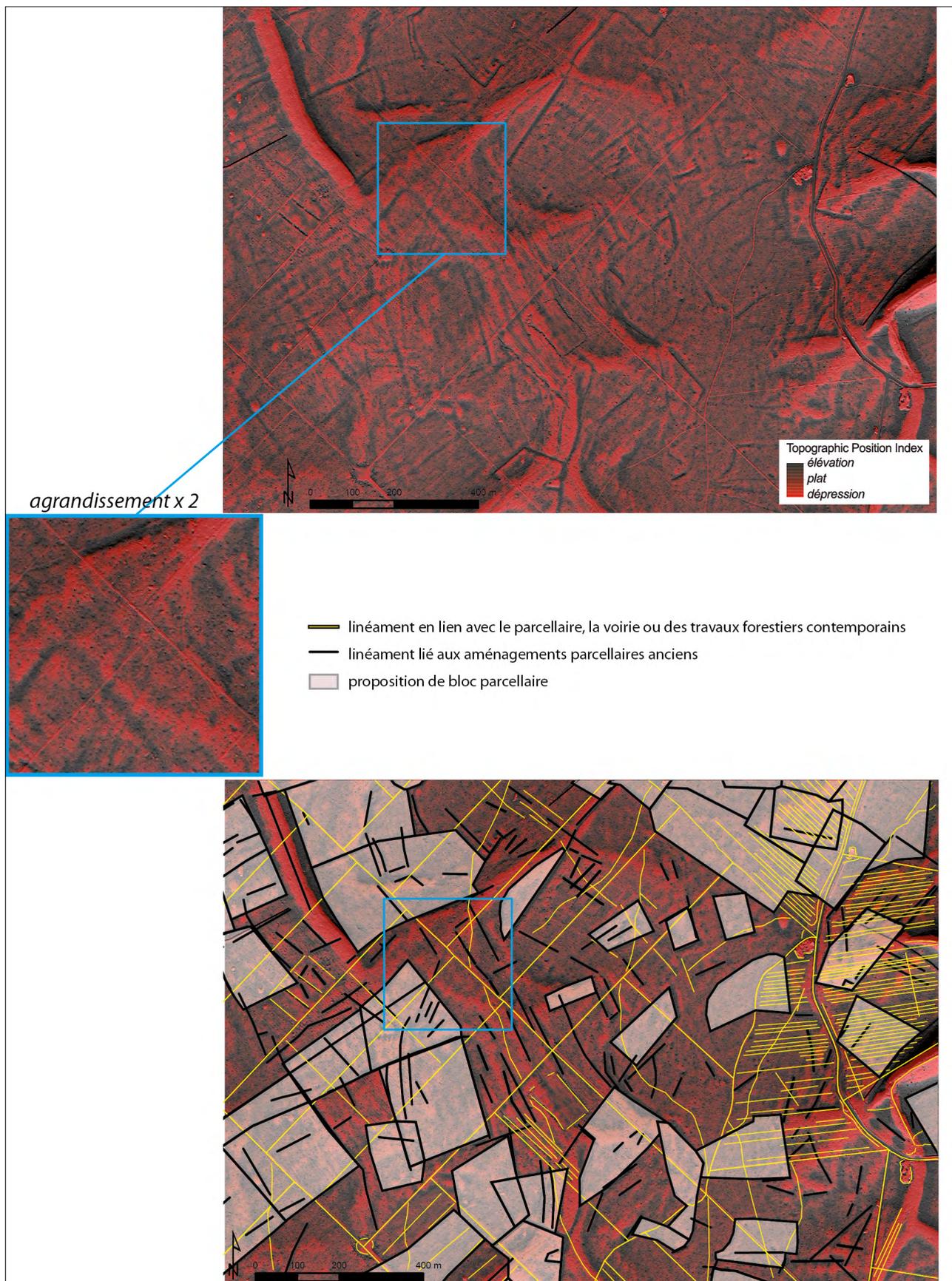


Fig. 20. Forêt de Châtillon : aperçu d'une zone où les linéaments parcellaires n'ont pas pu être assemblés en blocs (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après données LiDAR Forêt domaniale du Châtillonnais, Parcs nationaux de France, 2012).

Le système parcellaire du Châtillonnais, composé de parcelles polygonales de dimensions modestes, agglomérées les unes aux autres, présente d'assez bonnes similitudes avec la planimétrie parcellaire observée dans la partie nord / nord-ouest de la Forêt de Haye, où des polygones de tailles variables sont agglomérés par grands blocs, et sont séparés par des zones vides d'aménagements.

D'une manière générale, les parcellaires de la Forêt de Haye présentent une plus grande variété planimétrique et morphologique que les aménagements de la zone étudiée dans le Châtillonnais. Ce fait n'est a priori pas explicable par des adaptations du parcellaire à des facteurs environnementaux : contraintes qui seraient imposées par le relief naturel, différences notables liées à des facteurs géologiques, pédologiques ou hydrologiques.

En Forêt de Haye, la quasi-totalité des linéaments parcellaires a pu être assemblée en blocs parcellaires. En Forêt domaniale de Châtillon, des séries de linéaments n'ont pas pu être assemblées ainsi, soit parce que les linéaments sont situés dans des zones ouvertes actuelles – et le plan d'occupation du sol actuel agit alors comme un masque empêchant un assemblage archéologiquement pertinent des linéaments "fossiles" en blocs –, soit parce qu'aucun plan clair ne se dégage de l'organisation des linéaments sous couvert forestier actuel. La figure 20 donne un aperçu de ce dernier cas de figure (zone dans le carré bleu) : dans cette zone, on détecte bien des linéaments (en noir sur la figure), mais aucune solution de regroupement pouvant former un ou des blocs ne peut être proposée et considérée comme une solution probable d'assemblage cohérent de linéaments. À cet endroit, des parcelles ont certainement existé, mais aucune solution de bloc parcellaire n'est proposable soit parce qu'il y a plusieurs solutions, soit parce qu'aucune solution n'est identifiable. Ce phénomène, qui se produit sur des surfaces assez étendues en Forêt domaniale de Châtillon, peut être causé par des superpositions anciennes de cultures se conformant à des agencements planimétriques successifs différents, ou être causé par un effacement partiel de linéaments par érosion naturelle (sol très mince, par exemple), ou par colluvionnement (apports sédimentaires dans des zones en dépression), ou encore être d'origine anthropique et dû, par exemple, à la formation de faisceaux de chemins postérieurs aux surfaces agricoles (ce dernier cas est probable au voisinage du sanctuaire du Tremblois).

Comparaisons topographiques (fig. 21 et 22)

On relève en de nombreux endroits des tertres empierrés (points noirs sur la fig. 21 ; les *tumuli* sont représentés en bleu sur la fig. 22), répartis de façon inégale sur la zone d'étude, sur des surfaces d'étendues relativement limitées. Bien que quelques tertres soient interprétés comme des *tumuli*, la plupart des amas pierreux sont probablement plutôt des tas d'épierrement agricoles associés aux aménagements parcellaires, et témoignent d'un usage ancien agropastoral.

Les figures 21 et 22 permettent de croiser la localisation des blocs parcellaires de la Forêt domaniale de Châtillon avec les pentes naturelles. La figure 22 propose également une numérotation des voies et donne l'emplacement des sites connus répertoriés dans la base de données archéologiques EnVix. La préférence des terrains plats (zones en blanc, pente inférieure à 5°) pour l'installation des parcelles est très nette. L'absence de parcellaires dans la partie nord-est de la zone d'étude peut ainsi en partie s'expliquer par l'existence de zones de fortes déclivités, sur des étendues importantes.

Comparativement à la Forêt de Haye, la préférence pour les sols plats semble moins systématique dans le Châtillonnais qu'en Lorraine : 98 % des parcelles sont localisés sur des terrains de pente inférieure à 5° en Forêt de Haye, et seulement 82,5 % en Forêt domaniale de Châtillon. Toutefois, le taux de surfaces parcellaires en terrain plat, ou presque plat, augmenterait pour le Châtillonnais si on intégrait les zones de linéaments qui n'ont pas pu être transformées en blocs parcellaires.

Dans la partie est de la zone d'étude (fig. 22), quelques sites semblent assez bien alignés (trait pointillé rouge sur la figure), comme installés le long d'une limite, par exemple le long d'un chemin. Toutefois, aucun tracé pouvant évoquer une voie n'est détectable sur le relevé LiDAR dans cette zone, et ce possible alignement d'établissements reste inexplicable et pourrait simplement relever du hasard. Enfin, tout au nord de la zone d'étude, une série de *tumuli* (possibles ou probables) est située dans des espaces libres séparant différents groupes de blocs parcellaires. Faute de disposer de données chronologiques précises et/ou de stratigraphies de fouille, on ne peut à l'heure actuelle déterminer si la présence des *tumuli* a été un facteur repoussant l'aménagement parcellaire hors des zones funéraires, ou si les structures funéraires ont été préservées de manière fortuite, car elles ont échappé à la destruction dans des zones où aucun aménagement parcellaire n'a été effectué.

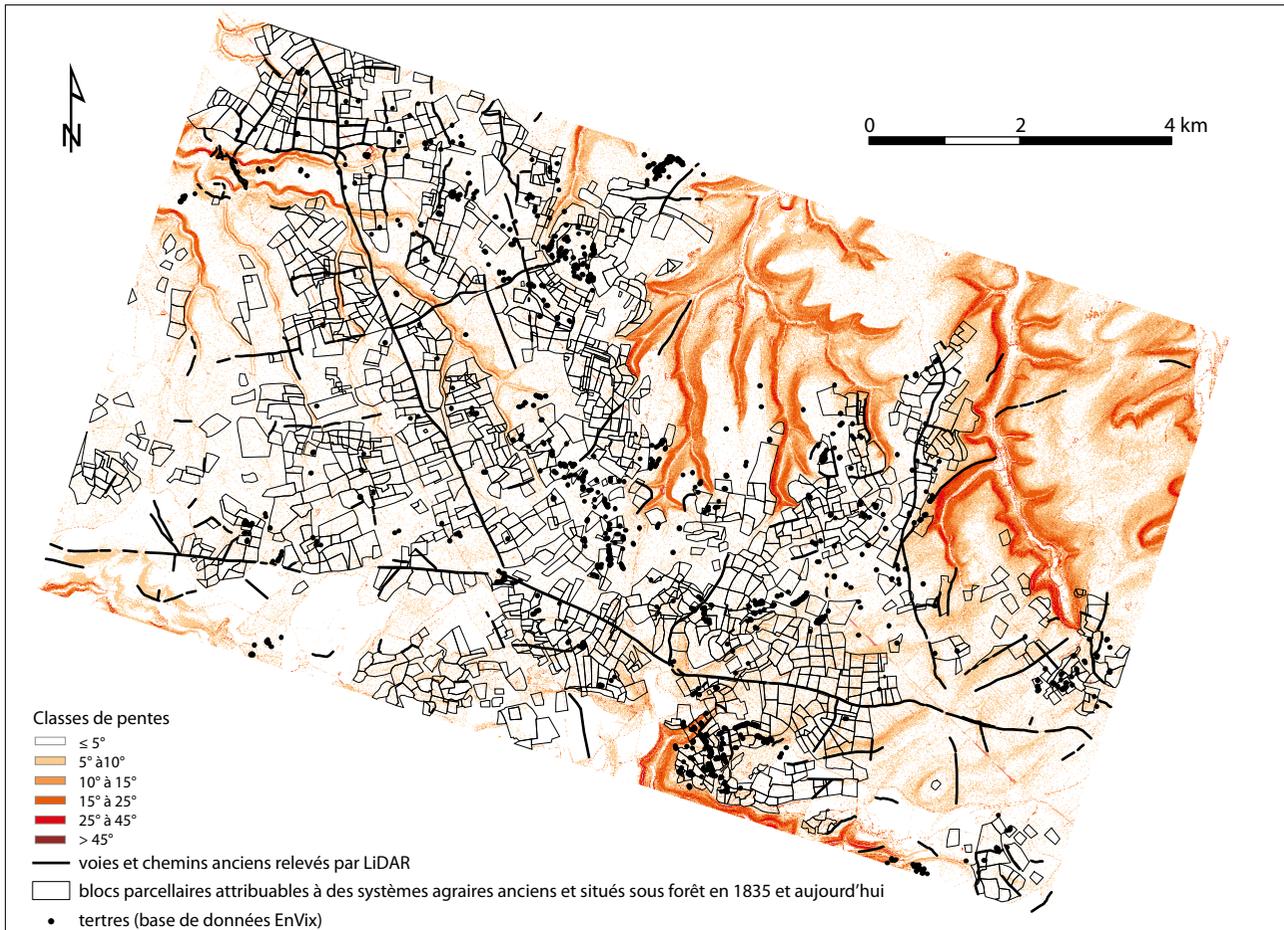


Fig. 21. Localisation des blocs parcellaires sur un modèle de pentes du sol en 6 classes. Localisation des éléments de voirie et des tertres empierrés relevés sur la zone étudiée (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les sources : données LiDAR : Forêt domaniale du Châtillonnais, Parcs nationaux de France, 2012 ; données archéologiques : Base de données EnVix - MSH de Dijon, DRAC-SRA de Bourgogne-Franche-Comté, 2017).

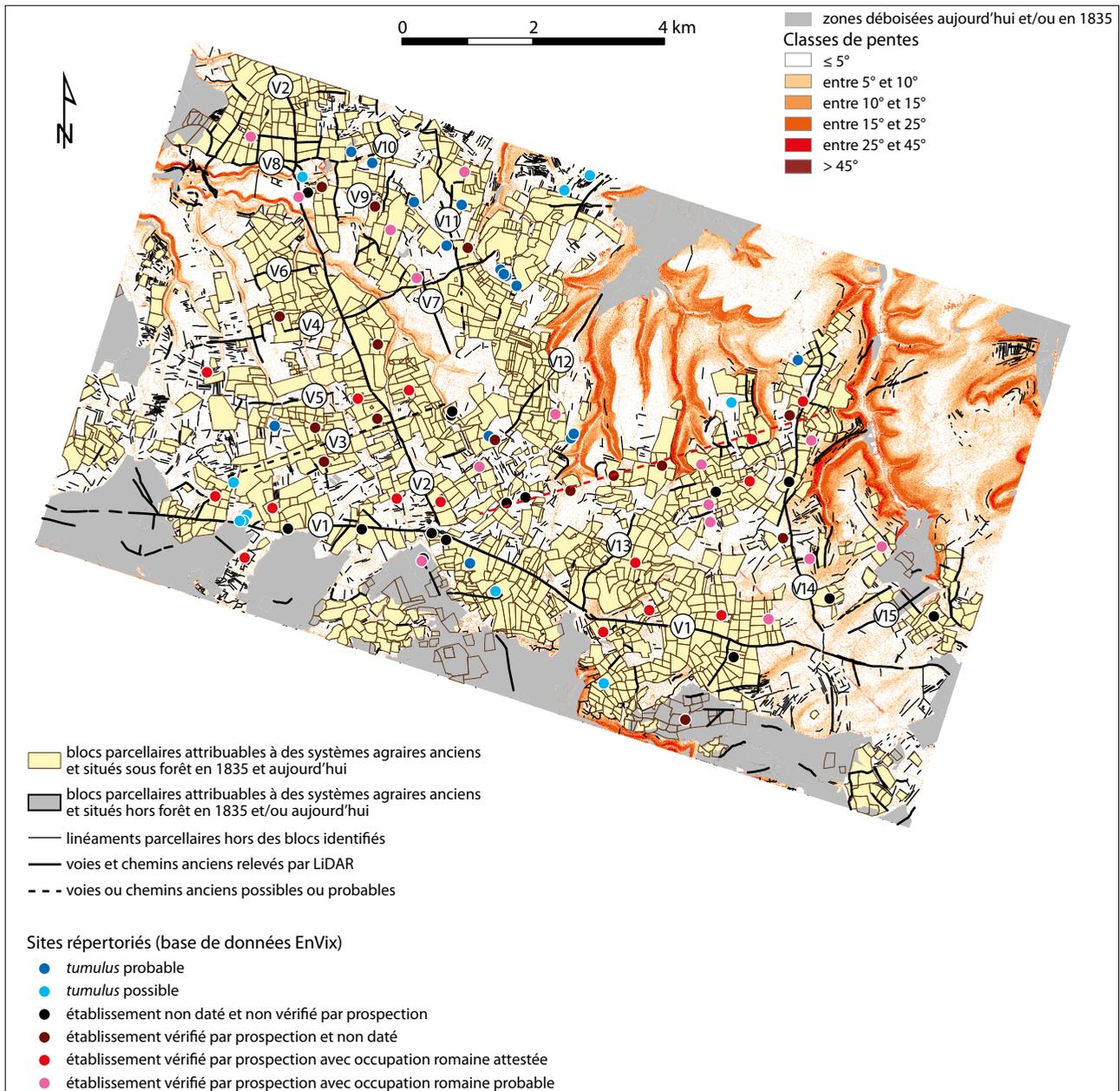
Forêt domaniale de Châtillon : proposition de groupes parcellaires (fig. 23 et 24)

Les blocs parcellaires ont été assemblés en groupes en tenant compte de plusieurs facteurs : leur cohérence géométrique (colinéarité, similarités morphologiques, déploiement en éventail, par exemple), leur relation avec le réseau viaire, leur isolement spatial, leur positionnement par rapport aux contraintes naturelles (pentes).

On a déterminé environ 25 groupes, avec quelques variantes possibles, nommés A à Y. Chaque groupe est représenté par une couleur. Ces couleurs n'ont pas de sens particulier et servent simplement à matérialiser clairement les différents ensembles. On propose deux versions de groupes : une version étendue intègre les blocs et les linéaments résiduels qui n'ont pas pu être assemblés en blocs mais pouvant être associés au groupe (fig. 23). La deuxième version se limite aux blocs identifiés (fig. 24). La version étendue permet de bien visualiser les zones réellement vides de traces parcellaires. Les zones ouvertes en 1835 ou aujourd'hui, en gris sur les figures, n'ont pas été prises en compte.

Groupe A

Situé au nord de la zone d'étude, le groupe A est structuré par la voie V2, d'une part, et par un vallon sec orienté est-ouest, d'autre part. Ce vallon légèrement curviligne délimite en grande partie l'extension vers le sud de l'ensemble parcellaire. Cette limite sud est par ailleurs soulignée par la voie V8 qui longe le vallon au nord. Au sud-ouest du groupe A, une structure de



Superficiés et taux d'espaces cultivés par périodes sur la zone étudiée

zone d'étude	-----	112 km ²
espaces cultivés en 2012	-----	12 km ² (11 %)
espaces cultivés en 1835	-----	17 km ² (15 %)
espaces attribuables à des cultures antérieures au XIX ^e s.	---	40 km ² (35 %)

Répartition des blocs parcelaires attribuables à des aménagements anciens par rapport aux pentes naturelles

classe de pentes (°)	surface disponible (11200 ha)	taux total par classe de pente	surface de blocs parcelaires (4000 ha)	taux de blocs par classe de pente
≤ 2°	2850	25,4 %	1200	30 % (42 % de la surf. disp.)
entre 2° et 5°	5200	46,4 %	2100	52,5 % (40 % de la surf. disp.)
entre 5° et 10°	2000	17,9 %	600	15 % (30 % de la surf. disp.)
entre 10° et 15°	600	5,4 %	70	2 % (12 % de la surf. disp.)
entre 15° et 25°	450	4 %	20	0,5 % (4 % de la surf. disp.)
>25°	100	0,9 %	2	—

Fig. 22. a. Blocs parcelaires et classes de pentes (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les sources : données LiDAR : Forêt domaniale du Châtillonnais, Parcs nationaux de France, 2012 ; données archéologiques : Base de données EnVix - MSH de Dijon, DRAC-SRA de Bourgogne-Franche-Comté, 2017) ; b. Distribution des blocs parcelaires par rapport aux classes de pentes. (C. Fruchart, Rurland 2017).

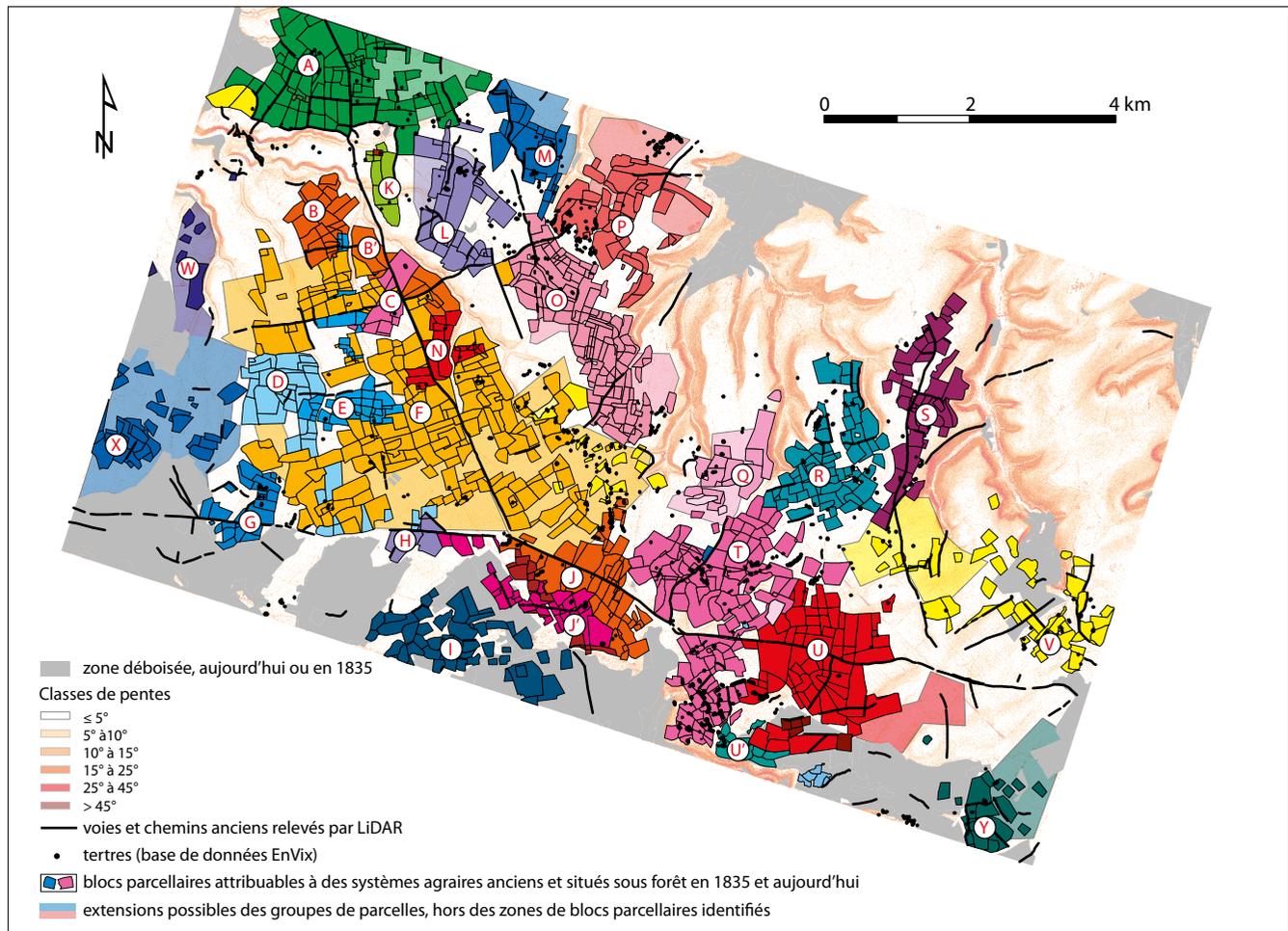


Fig. 23. Proposition d'ensembles de blocs parcellaires, avec indication des zones contenant des linéaments n'ayant pu être assemblés en blocs (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les sources : données LiDAR : Forêt domaniale du Châtillonnais, Parcs nationaux de France, 2012 ; données archéologiques : Base de données EnVix - MSH de Dijon, DRAC-SRA de Bourgogne-Franche-Comté, 2017).

forme parabolique d'environ 20 hectares (550 m x 550 m dans ses plus grandes dimensions, en jaune), située aujourd'hui en partie sous forêt et en partie en zone de culture, est discordante. Le groupe A est composé de blocs polygonaux généralement quadrangulaires, assemblés en suivant des alignements parallèles à V2 à proximité de la voie, puis se déployant en éventail au fur et à mesure qu'on s'éloigne de V2. Le tiers nord du groupe, formé de gros blocs emboîtés les uns dans les autres et toujours en appui sur V2, présente une géométrie moins régulière que celle des deux-tiers sud du groupe.

Groupes B, K, L et M

Ces groupes de blocs parcellaires contiennent des polygones colinéaires de tailles diverses et en général quadrangulaires. Les groupes suivent des directions qui leur sont propres et sont indépendantes d'éventuelles contraintes dictées par le relief. Les orientations ne sont pas non plus contraintes par le réseau viarie V2, V4, V6. Les blocs sont assemblés en ensembles compacts bien dissociés les uns des autres, sauf le groupe B, qui est accolé au groupe F. Le groupe B a été considéré isolément du groupe F car on observe à la fois une nette rupture d'orientation entre les blocs du groupe B et ceux du groupe F, ainsi qu'une discordance d'orientation des blocs du groupe B par rapport à celle de la voie V6. A contrario, les blocs du groupe F sont colinéaires à V6. On propose éventuellement en plus un groupe B' qui pourrait venir en extension du groupe F, à l'est. Cependant, la réalité de ce groupe est incertaine, car l'orientation discordante des parcelles peut s'expliquer par l'adaptation des limites parcellaires au relief naturel.

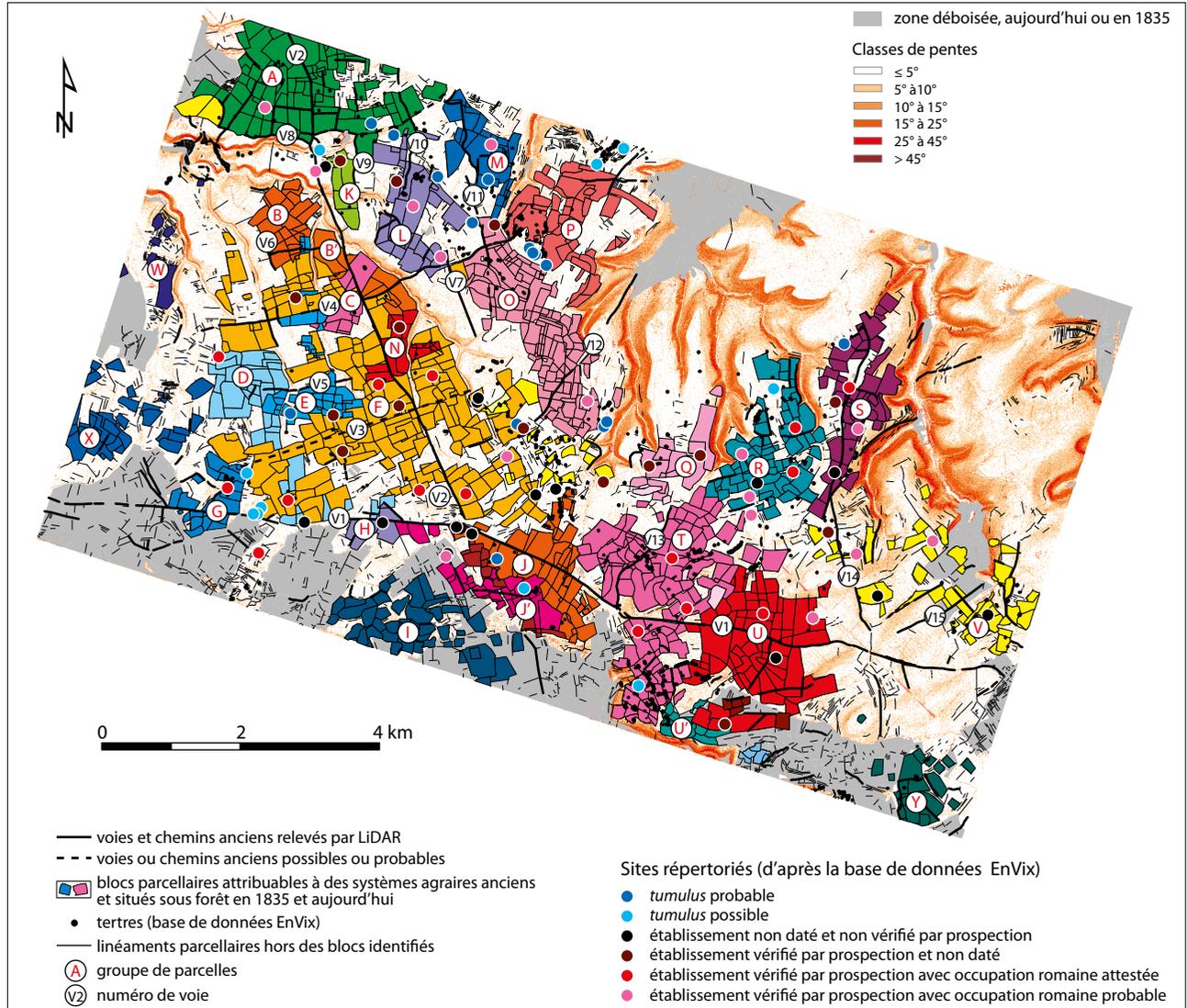


Fig. 24. Proposition d'ensembles de blocs parceliaires. Localisation des établissements (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les sources : données LiDAR : Forêt domaniale du Châtillonnais, Parcs nationaux de France, 2012 ; données archéologiques : Base de données EnVix - MSH de Dijon, DRAC-SRA de Bourgogne-Franche-Comté, 2017).

Groupes C, D, E, F et N

Ces groupes occupent la partie centre-ouest de la zone d'étude. Le groupe F est de loin le plus vaste de la zone d'étude (entre 750 ha et 1100 ha environ, selon qu'on prenne en compte uniquement les blocs ou aussi les zones de linéaments isolés). Il contient une dizaine d'établissements construits en dur, répartis sur la zone en privilégiant la proximité des voies. La moitié des établissements est datée de la période romaine (le reste est non daté). Le groupe F est nettement structuré sur le réseau de voies V2 à V7. A l'intérieur du groupe, on remarque trois petits sous-groupes de blocs d'orientations discordantes : C, E et N. Les sous-groupes C et N sont étroitement imbriqués dans le groupe F, si bien qu'il est impossible de déterminer de possibles antériorités/postériorités de groupes, si elles ont existé. Cependant, une nette déviation de V2 au niveau du groupe N ne se justifie pas par une contrainte topographique, ce qui pourrait indiquer une antériorité du groupe N par rapport aux autres aménagements. La voie V2, lors de sa mise en place, aurait contourné le groupe N. Les blocs du groupe F étant en appui sur V2, cela indiquerait alors une antériorité de N par rapport à F. Le groupe E, dont les blocs sont orientés selon le même axe que V1, s'insère dans un espace peut-être resté libre dans le groupe F. Le groupe E pourrait partiellement chevaucher le groupe F

ainsi que le groupe D, situé dans la périphérie ouest de F. Le groupe D est connecté de façon relativement lâche au groupe F, et présente par rapport à F une discordance générale de l'orientation de ses blocs, qui suivent la même orientation que la voie V₁. A proximité de V₁, où toutes les parcelles sont en appui sur V₁, quel que soit le groupe auquel elles appartiennent, on observe une concurrence des orientations colinéaires à V₁ et V₂. Le groupe G est structuré autour de V₁, avec des blocs de même orientation que les groupes D et E. L'est du groupe F est délimité par un long vallon sec orienté nord-ouest / sud-est. Une zone totalement vide de linéaments parcellaires sépare le groupe F des groupes plus à l'est, mais sans interruption du réseau viaire principal. L'espace libre est assez important, 150 ha au moins, essentiellement sur du terrain plat. On imagine assez volontiers ici un espace boisé entre plusieurs systèmes parcellaires.

Groupes W et X

Ces deux groupes de parcelles situés à l'extrémité ouest de la zone d'étude ne présentent pas de plan clairement identifiable. Ils sont dans une zone où la restitution de blocs parcellaires et particulièrement problématique, à cause d'une mauvaise lisibilité des données microtopographiques qui complique le travail d'interprétation, mais qui n'est pas due à une mauvaise qualité des données LiDAR.

Groupes H et I

Le groupe H est formé de quelques blocs en appui sur V₁ et orientés de façon discordante par rapport à la voie, dans une direction qui diffère de toutes celles des groupes voisins. Le groupe I est situé dans une zone aujourd'hui boisée mais isolée du reste du plateau par des surfaces actuellement cultivées, c'est pourquoi il est difficile de faire un lien entre ce groupe et le reste de la zone d'étude. On peut simplement souligner que les blocs du groupe I sont formés de polygones aux géométries moins régulières que celles des groupes décrits précédemment.

Groupe J et J'

Le groupe J est formé de parcelles quadrangulaires en appui sur V₁, dont elles suivent l'orientation. Au sud, on a distingué un groupe J' qui vient en extension de J mais où les blocs ont des orientations discordantes par rapport à J. Le groupe J' pourrait correspondre à une zone de transition entre le groupe I et le groupe J.

Groupes O et P

Les groupes O et P, au centre nord de la zone d'étude, sont séparés l'un de l'autre par une zone vide d'aménagements ou de tertres d'environ 30 ha, qui contient plusieurs structures interprétées comme des *tumuli* (non fouillés). On observe la même chose entre les groupes L et M. À l'exception d'un possible habitat romain à l'extrémité sud de la zone O, aucun habitat n'est actuellement identifié dans les groupes O et P. Leur structuration apparaît assez différente de celles des groupes décrits précédemment. En effet, dans ces deux groupes, les blocs ont des formes et des orientations diverses, qui ne peuvent se justifier par une adaptation au relief naturel. Les voies identifiées qui les parcourent ne semblent pas suivre de direction privilégiée, et sont manifestement organisées de façon indépendante par rapport au réseau ouest (V₂, V₃ etc.). D'un point de vue topographique, l'organisation du groupe O pourrait se rapprocher de celle observée dans la zone 8 de la Forêt de Haye ("vermicelles", voir Annexe 1).

Groupes Q, R et S

L'agencement des groupes Q et R est contraint par la topographie. Le groupe Q, peu étendu, est composé de blocs parcellaires assez grands. Il contient deux habitats en dur non datés. Le groupe R est composé de blocs d'assez petite taille, aménagés sur le replat du plateau. Ce groupe contient une assez forte densité d'habitats romains. Le groupe S se développe sur une zone de plateau, le long de la voie V₁₄. Il contient 4 établissements situés le long de V₁₄, dont deux sont datés de la période romaine.

Groupes T, U et U'

Le groupe T est installé sur le plateau dans le prolongement sud du groupe R, et entre les groupes J et U. D'un point de vue topographique, il est assez ressemblant au groupe P : ses parcelles ont des formes irrégulières et des orientations variables. Dans les deux groupes, on trouve également des zones assez fournies en tertres. La partie sud du groupe T correspond au site de la Roche-Chambain. Le groupe T contient par ailleurs 3 établissements construits en dur d'époque romaine. Le groupe U (Combe d'Air) présente une structuration franchement différente de celle du groupe T, beaucoup plus géométrique. Ce groupe U, qui contient deux établissements en dur d'époque romaine, s'appuie nettement sur la voie V1. D'un point de vue topographique, son organisation parcellaire pourrait présenter des similitudes avec celle du groupe A (nord de la zone d'étude) : ce sont dans les deux cas des séries de parcelles quadrangulaires formant des bandes, avec quelques parcelles agencées en éventail. On a isolé un sous-groupe U', qui comporte des blocs à la géométrie moins régulière que ceux du groupe U, mais qui s'inscrivent bien dans la continuité de l'agencement global du groupe U.

Groupes V et Y

Ces deux groupes situés à l'extrémité sud-est de la zone d'étude ne présentent pas d'organisation clairement identifiable.

Blocs parcellaires et données relatives aux sols

Les données utilisées concernant les sols proviennent pour l'essentiel de la base de données et du catalogue des stations forestières de la Forêt domaniale de Châtillon (données stationnelles sur SIG de l'ONF et catalogue des stations forestières de J.-C. Rameau). Les attributs exploités sont : le type de sol (d'après les données de Bellier & Maignien 1970), le niveau de

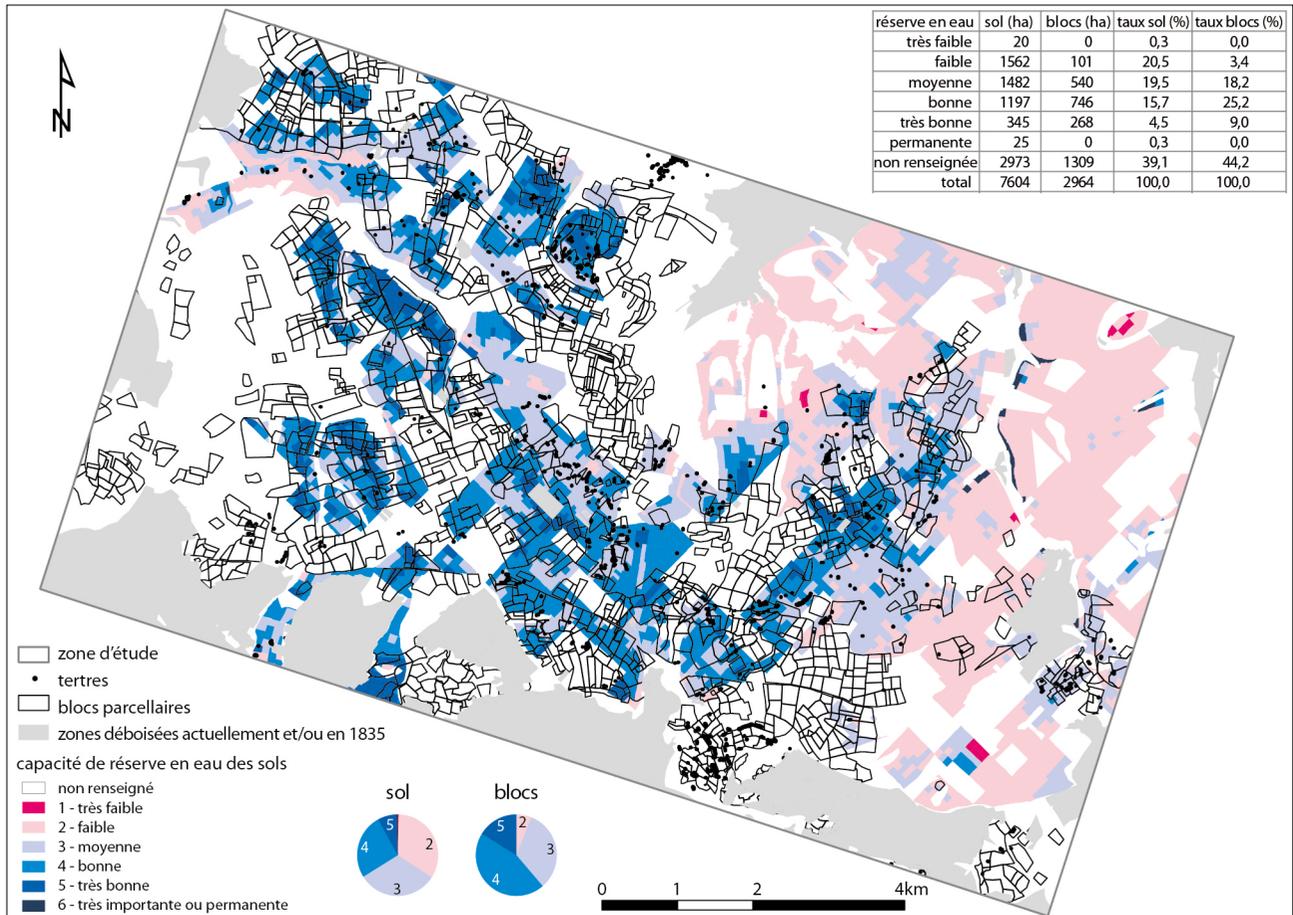


Fig. 25. Blocs parcellaires et capacités de réserve en eau des sols. (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après données LiDAR : Forêt domaniale du Châtillonais, Parcs nationaux de France, 2012 ; données relatives aux stations forestières : Nicloux & Rameau 1986 et ONF ; données archéologiques : Base de données EnVix - MSH de Dijon, DRAC-SRA de Bourgogne-Franche-Comté, 2017).

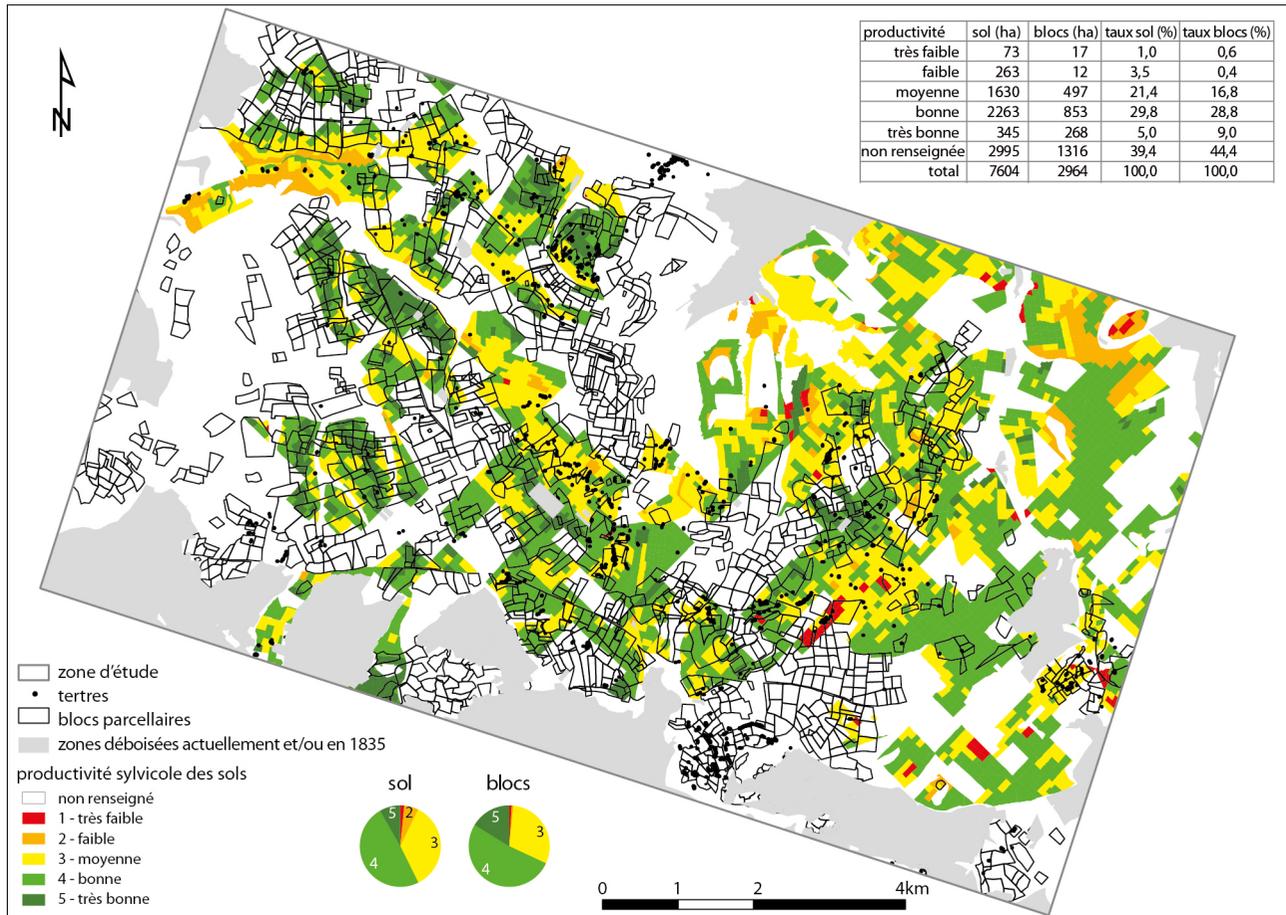


Fig. 26. Blocs parcelaires et niveaux de productivité sylvicole des sols. (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après données LiDAR : Forêt domaniale du Châtillonais, Parcs nationaux de France, 2012 ; données relatives aux stations forestières : Nicloux & Rameau 1986 et ONF ; données archéologiques : Base de données EnVix - MSH de Dijon, DRAC-SRA de Bourgogne-Franche-Comté, 2017).

productivité sylvicole (considéré ici comme un équivalent de la fertilité du sol) et la capacité de réserve en eau du sol. Pour cette dernière caractéristique, le catalogue des stations ne précise pas exactement pour quelle profondeur de sol cette capacité est donnée. Pour l'ensemble des données, la moitié environ de la zone d'étude est renseignée. Par ailleurs, on a aussi utilisé la carte géologique du BRGM à 1/50 000, qui documente l'ensemble de la zone d'étude.

Les figures 25 à 30 présentent les résultats obtenus, d'un point de vue cartographique et quantitatif, sous forme de tableaux récapitulatifs, histogrammes et/ou diagrammes circulaires.

Les capacités de réserve en eau des sols (fig. 25) ont été classifiées en 6 catégories : 1 = très faible, 2 = faible, 3 = moyenne, 4 = bonne, 5 = très bonne, 6 = très importante ou permanente.

Le degré de productivité sylvicole (fertilité) est réparti en 5 classes (fig. 26) : 1 = très faible, 2 = faible, 3 = moyen, 4 = bon, 5 = très bon.

La zone documentée comprend trois principaux types de sols (fig. 29) : des sols calcimagnésiques carbonatés (sols peu fertiles, riches en carbonates et contenant des fragments de roche), des sols calcimagnésiques saturés (sols plutôt fertiles, décarbonatés, mais avec un complexe absorbant saturé en calcium et/ou en magnésium), et des sols bruns limoneux (bonne fertilité).

Capacités de réserve en eau

Pour les zones documentées (fig. 25 : diagrammes circulaires, zones autres que celles en blanc et en gris), les sols sont répartis à parts presque égales entre des sols avec une faible capacité de réserve en eau (34 %), une capacité de réserve moyenne (32 %) et une bonne ou très bonne capacité de réserve (33 %). Ces taux indiquent que, malgré l'absence de cours d'eau, les sols du plateau forestier ont, d'une manière assez large, une capacité à stocker l'eau suffisante pour pallier d'éventuels épisodes de sécheresse printanière ou estivale, à condition évidemment d'avoir bénéficié au préalable d'une pluviométrie suffisante pour que les sols atteignent un taux d'humidité assez élevé. Cette humidité peut alors être absorbée ultérieurement par les végétaux au fur et mesure de leurs besoins. Cette capacité de réserve en eau est particulièrement utile pour les arbres, qui sont généralement capables d'extraire l'eau disponible en profondeur, et peut aussi s'avérer importante pour un usage agropastoral, notamment pour des végétaux à enracinement profond. Toutefois, le potentiel hydrique de ces sols reste dans l'ensemble sensiblement inférieur à celui des plaines alluviales voisines.

Si on considère, dans la zone d'étude, uniquement les surfaces avec des aménagements parcellaires, on constate que seulement 6 % sont implantées sur des sols à faible capacité de réserve en eau, alors que les sols avec cette caractéristique représentent 34 % de la zone d'étude. En revanche, 61 % des surfaces occupées par du parcellaire présentent une bonne ou très bonne capacité de réserve en eau (33 % de la zone d'étude). Pour les sols à capacité de réserve en eau moyenne, les taux sont comparables entre les zones avec ou sans aménagements parcellaires : 33 % pour les zones avec blocs, 32 % pour l'ensemble de la zone d'étude.

Ces résultats montrent clairement le peu d'attractivité des sols à faible capacité de réserve en eau pour l'installation d'aménagements agropastoraux, alors qu'une capacité de réserve en eau moyenne ne semble pas être un facteur dissuasif. D'autre part, il est probable qu'une amélioration des capacités de réserve en eau des sols ait été recherchée, au moins ponctuellement : la présence de tertres d'épierrement en témoigne. Ceux-ci sont particulièrement nombreux dans des zones à capacité de réserve en eau moyenne, ce qui signale probablement un travail d'épierrement visant notamment à améliorer la capacité de réserve en eau du sol par l'augmentation relative du volume de substrat argilo-limoneux capable d'absorber l'eau et de la restituer.

La coïncidence entre la présence de blocs parcellaires et celle de sols à bonne ou très bonne réserve en eau est manifeste, sans qu'on puisse cependant déterminer si ce sont des qualités des sols favorables qui ont été attractives pour l'installation de parcellaires, ou si la présence d'aménagements agropastoraux a contribué à améliorer les sols, notamment leur capacité à retenir l'eau. Il semble toutefois peu probable que des sols à faibles ou très faibles capacités de réserves en eau aient pu être transformés en sols à bonne capacité de réserve en eau par la seule action anthropique.

Indice de fertilité / productivité sylvicole

Pour restituer une fertilité indicative des sols, on a utilisé les indices de productivité sylvicole attribués aux différentes stations forestières (Nicloux & Rameau 1986), qui rendent compte des capacités de croissance des peuplements forestiers dominants relevés lors d'inventaires (hauteur, biomasse, diamètres des fûts). D'un point de vue sylvicole et pour les zones renseignées (fig. 26, hors zones en gris ou blanc), 57 % des sols offrent un bon ou très bon niveau de productivité (en vert) et 35 % un niveau moyen (en jaune). 8 % des sols ont une productivité faible ou très faible. Concernant les surfaces avec blocs parcellaires, 68 % des zones occupées offrent une bonne ou très bonne productivité, 30 % un niveau moyen et 2 % seulement un faible ou très faible niveau.

Fertilité et capacité de réserve en eau

Si on considère l'ensemble de la zone d'étude, il subsiste des étendues importantes de sols présentant de bons niveaux de productivité sylvicole totalement vides de parcellaires, à l'est/nord-est de la zone d'étude. Ces surfaces ont pour particularité d'avoir de faibles capacités de réserve en eau. Pour obtenir une information synthétique, renseignant à la fois sur les niveaux de fertilité et sur ceux de capacité de réserve en eau, les deux informations ont été regroupées et classées en 10 catégories :

1 = réserve en eau et productivités très faibles

2 = réserve en eau faible et productivité très faible

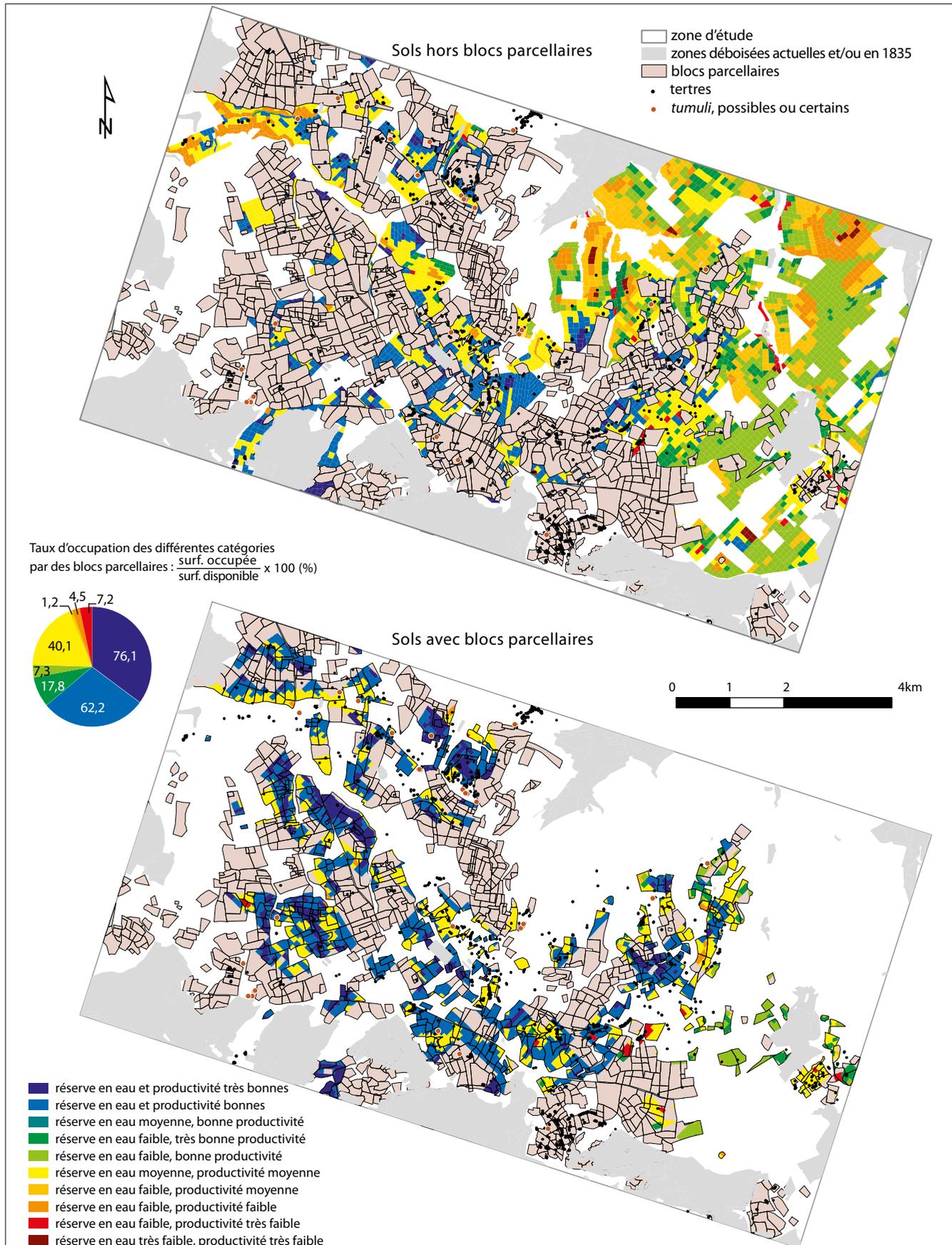


Fig. 27. Blocs parcelaires et indices croisés de niveaux de productivité sylvicole et de capacités de réserve en eau des sols. (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après données LiDAR : Forêt domaniale du Châtillonnais, Parcs nationaux de France, 2012 ; données relatives aux stations forestières : Nicloux & Rameau 1986 et ONF ; données archéologiques : Base de données EnVix - MSH de Dijon, DRAC-SRA de Bourgogne-Franche-Comté, 2017).

- 3 = réserve en eau et productivités faibles
- 4 = réserve en eau faible et productivité moyenne
- 5 = réserve en eau et productivité moyennes
- 6 = réserve en eau faible et bonne productivité
- 7 = réserve en eau faible et très bonne productivité
- 8 = réserve en eau moyenne et bonne productivité
- 9 = bonnes réserves en eau et productivité
- 10 = très bonnes réserves en eau et productivité

Les résultats obtenus sont présentés sur la figure 27. On constate ainsi, pour les zones renseignées, une étroite corrélation entre la répartition des blocs parcelaires et les classes 9 et 10, et dans une moindre mesure, avec la classe 5. En revanche, quel que soit le niveau de productivité représenté, les sols à faible ou très faible capacité de réserve en eau sont vides d'aménagements parcelaires.

Données géologiques

D'un point de vue géologique (fig. 28), la zone d'étude comprend deux formations principales : des calcaires massifs à faciès "Comblanchien" du Bathonien supérieur (41 % de la zone d'étude, en bleu foncé) et des calcaires oolithiques du Bathonien ("Oolithe blanche" : 45 %, en bleu clair). Les blocs parcelaires sont nettement plus présents sur les formations du

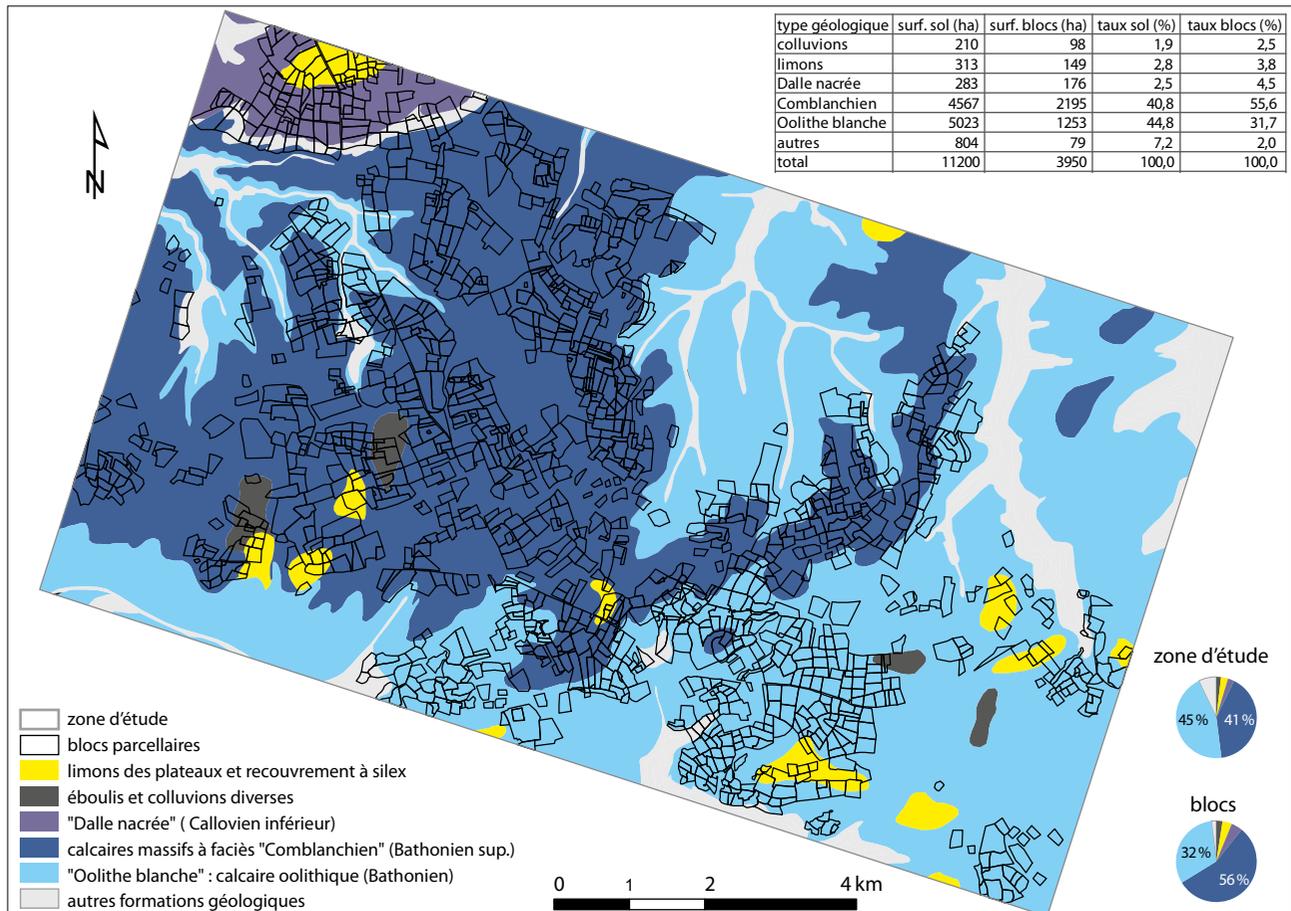


Fig. 28. Blocs parcelaires et données géologiques. (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après données LiDAR : Forêt domaniale du Châtillonais, Parcs nationaux de France, 2012 ; données géologiques d'après la Carte géologique 1/50 000 vecteur harmonisée avec MNT, Feuille n°196 - Côte-d'Or, BRGM ; données archéologiques : Base de données EnVix - MSH de Dijon, DRAC-SRA de Bourgogne-Franche-Comté, 2017).

Comblanchien (55,6 % des blocs) que sur les calcaires oolithiques (31,7 %). Ces derniers calcaires, souvent tendres et gélifs, favorisent la génération de sols très caillouteux et fortement carbonatés, alors que les calcaires massifs du Comblanchien permettent la formation de sols de meilleure qualité.

Données pédologiques

Du point de vue pédologique (fig. 29), assez logiquement, les sols humocarbonatés peu fertiles qui couvrent la partie est de la zone d'étude (jaune clair) sont presque inoccupés par des aménagements parceliaires (environ 450 ha, soit moins de 15 % des surfaces de blocs pour lesquels les données pédologiques sont connues). Environ 80 % des surfaces parceliaires renseignées par la carte pédologique sont situées sur des sols calcimagnésiques saturés (53 %) ou des sols bruns limoneux (27 %). Dans les régions du nord-est de la France, ces sols bruns sont en général considérés comme de bons terrains agricoles, notamment pour la céréaliculture.

Un tableau récapitulatif des correspondances entre les formations géologiques et les types de sols qui en dérivent, extrait de Nicloux & Rameau (1986) : *Typologie des stations forestières dans la forêt domaniale de Châtillon-sur-Seine, rapport scientifique*, est présenté sur la figure 30.

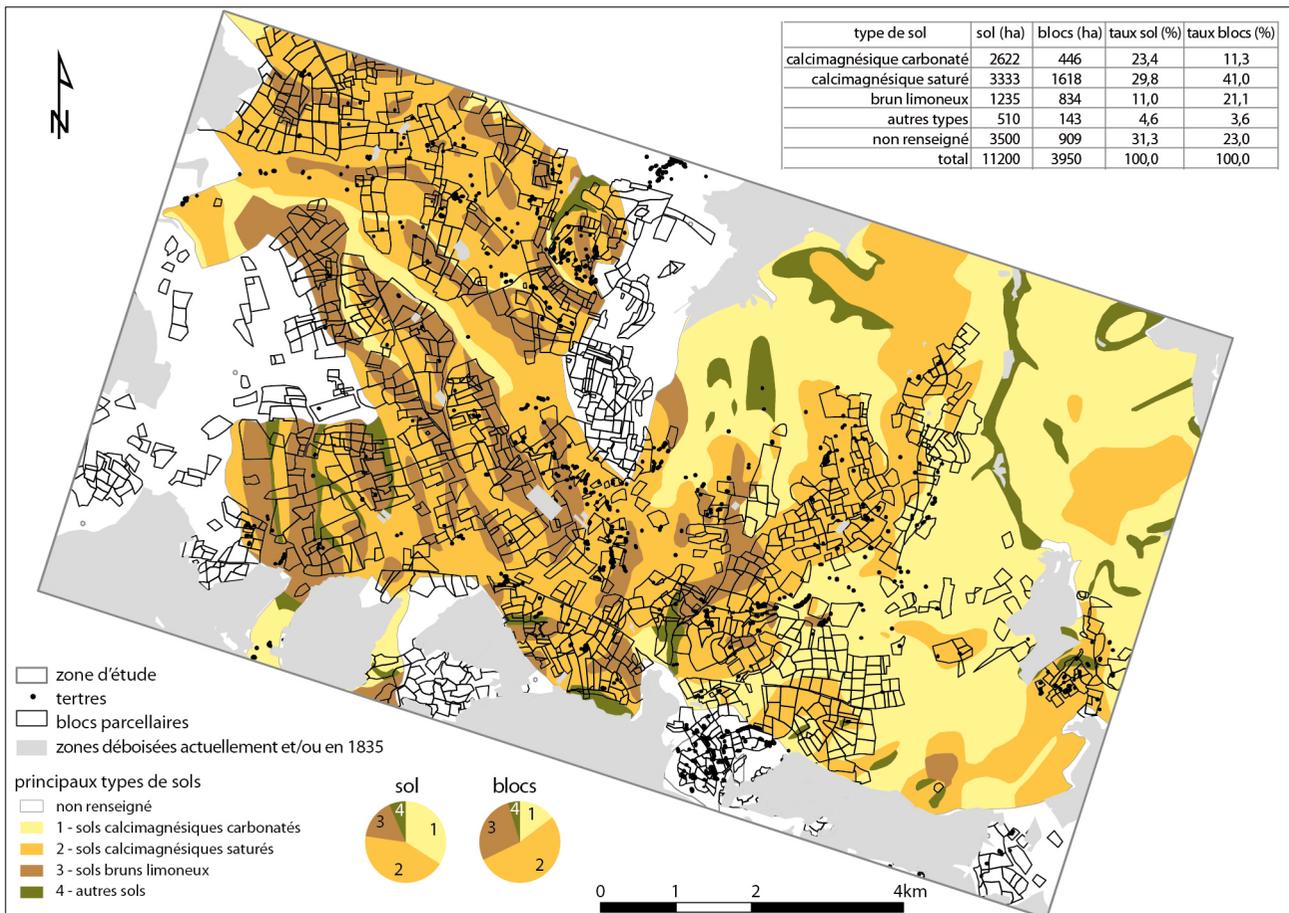


Fig. 29. Blocs parceliaires et données pédologiques. (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après données LiDAR : Forêt domaniale du Châtillonnais, Parcs nationaux de France, 2012 ; données pédologiques : Bellier & Maignien 1970 ; données archéologiques : Base de données EnVix - MSH de Dijon, DRAC-SRA de Bourgogne-Franche-Comté, 2017).

Figure 10 - PRINCIPAUX TYPES DE SOLS EN FONCTION DU SUBSTRATUM ET DE LA TOPOGRAPHIE

Roche-mère ou formations superficielles	Calcaire oolithique		calcaire massif à faciès comblanchien	Calcaire à rhyconelles	limons
	faciès tendre	faciès dur (niveau supérieur)			
Processus d'altération ou de mise en place des matériaux d'origine du sol	désagrégation mécanique		dissolution		
Individualisation des matériaux d'altération	sable et graviers calcaires		argile de décarbonatation		limons
Processus pédogénétique	carbonatation (*)	carbonatation - brunification			brunification ± lessivage
Type de sol	sol calcimagnésique	sols calcimagnésiques à brunifiés			sols bruns ± lessivés
Variation stationnelle liée à la topographie				sol brun eutrophe	Pollution de l'argile par des limons • S.B. mésotrophe couche limoneuse ± épaisse sur argile • S.B. faiblement lessivé • S.B. lessivé
Plateau	rendzine humifère sol humo-carbonaté	rendzine brunifiée rendzine humifère		sol brun calcique	
rupture de plateau		sol lithocalcique		sol brun calcique squelettique	
Versant				rendzine	
Fond de vallon dépression	rendzine colluviale - sol humo-carbonaté			sol brun eutrophe sol brun calcique	
				sol brun calcaire	

Fig. 30. Principaux types de sols en fonction du substrat et de la topographie (in : Nicloux & Rameau 1986, fig. 10).

Comparaison des capacités de réserve en eau et des indices de fertilité en Forêt domaniale de Châtillon et en Forêt de Haye (fig. 31 à 35)

Plusieurs cartes comparatives entre les zones d'étude de la Forêt domaniale de Châtillon et de la Forêt de Haye sont présentées sur les figures 32 à 35. La figure 31 est un tableau récapitulatif et de mise en relation des différents indices pris en compte sur les deux zones. Les indicateurs comparés sont les capacités de réserve en eau des sols, la fertilité/productivité sylvicole et la combinaison des capacités de réserve en eau des sols et des niveaux de productivité. Les comparaisons sont données à titre indicatif, car les attributs mis en relation n'ont pas été harmonisés d'un point de vue quantitatif.

La comparaison des zones d'étude fait ressortir des points communs dans les propriétés des sols occupés par des blocs parcellaires : dans les deux zones, on observe une nette dominance des sols présentant une bonne fertilité / productivité sylvicole et de bonnes capacités de réserve en eau (46 % et 48 % des blocs), suivie par des sols de fertilité et réserve en eau moyennes (30 % et 35,5 %). Ces taux sont similaires, bien que les deux zones d'étude présentent, a priori, des différences sensibles de répartitions des sols disponibles pour les classes 5 et 9 (fig. 34 et 35, courbes en traits pointillés sur la figure 35), en particulier pour la classe 9, qui correspond à 25 % des sols du Châtillonnais et à 41 % des sols de la forêt de Haye.

À partir des investigations menées pour Rurland, on ne pourra toutefois pas dépasser ici le cadre d'un simple constat. Il faudrait, pour aller plus loin dans une analyse comparative, mener une étude plus approfondie des données, notamment quantitatives, qui n'était pas réalisable dans les délais de ce programme.

Attribut	Châtillon	Haye	Indice sur les cartes
Réserve en eau	Très faible	Très faible ou Très faible à faible	1
Réserve en eau	Faible	Faible	2
Réserve en eau	Moyenne	Moyenne	3
Réserve en eau	Bonne	Moyenne à forte	4
Réserve en eau	Très bonne	Forte à très forte	5
Réserve en eau	Très importante ou permanente	-	6
Productivité (Châtillon) Fertilité globale (Haye)	Très faible	-	1
Productivité (Châtillon) Fertilité globale (Haye)	Faible	Mauvaise	2
Productivité (Châtillon) Fertilité globale (Haye)	Moyenne	Médiocre	3
Productivité (Châtillon) Fertilité globale (Haye)	Bonne	Favorable	4
Productivité (Châtillon) Fertilité globale (Haye)	Très bonne	-	5
Eau + productivité	Eau = 1, Productivité = 1	-	
Eau + productivité	Eau = 2, Productivité = 1	Eau = 1, Fertilité globale = 2	
Eau + productivité	Eau = 2, Productivité = 2	Eau = 2, Fertilité globale = 2	
Eau + productivité	Eau = 2, Productivité = 3	Eau = 2, Fertilité globale = 3	
Eau + productivité	Eau = 3, Productivité = 3	Eau = 3, Fertilité globale = 3	
Eau + productivité	Eau = 2, Productivité = 4	-	
Eau + productivité	Eau = 2, Productivité = 5	-	
Eau + productivité	Eau = 3, Productivité = 4	-	
Eau + productivité	Eau = 4, Productivité = 4	Eau = 4, Fertilité globale = 4	
Eau + productivité	Eau = 5, Productivité = 5	Eau = 5, Fertilité globale = 4	

Fig. 31. Tableau récapitulatif croisant les données relatives aux niveaux de fertilité des sols et à leurs capacités estimées de réserve en eau, sur les zones d'étude de la Forêt de Châtillon et de la Forêt de Haye (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après : Nicloux & Rameau 1986 ; données ONF – Forêt domaniale de Châtillon ; données J.-L. Dupouey, carte des stations forestières, INRA Nancy).

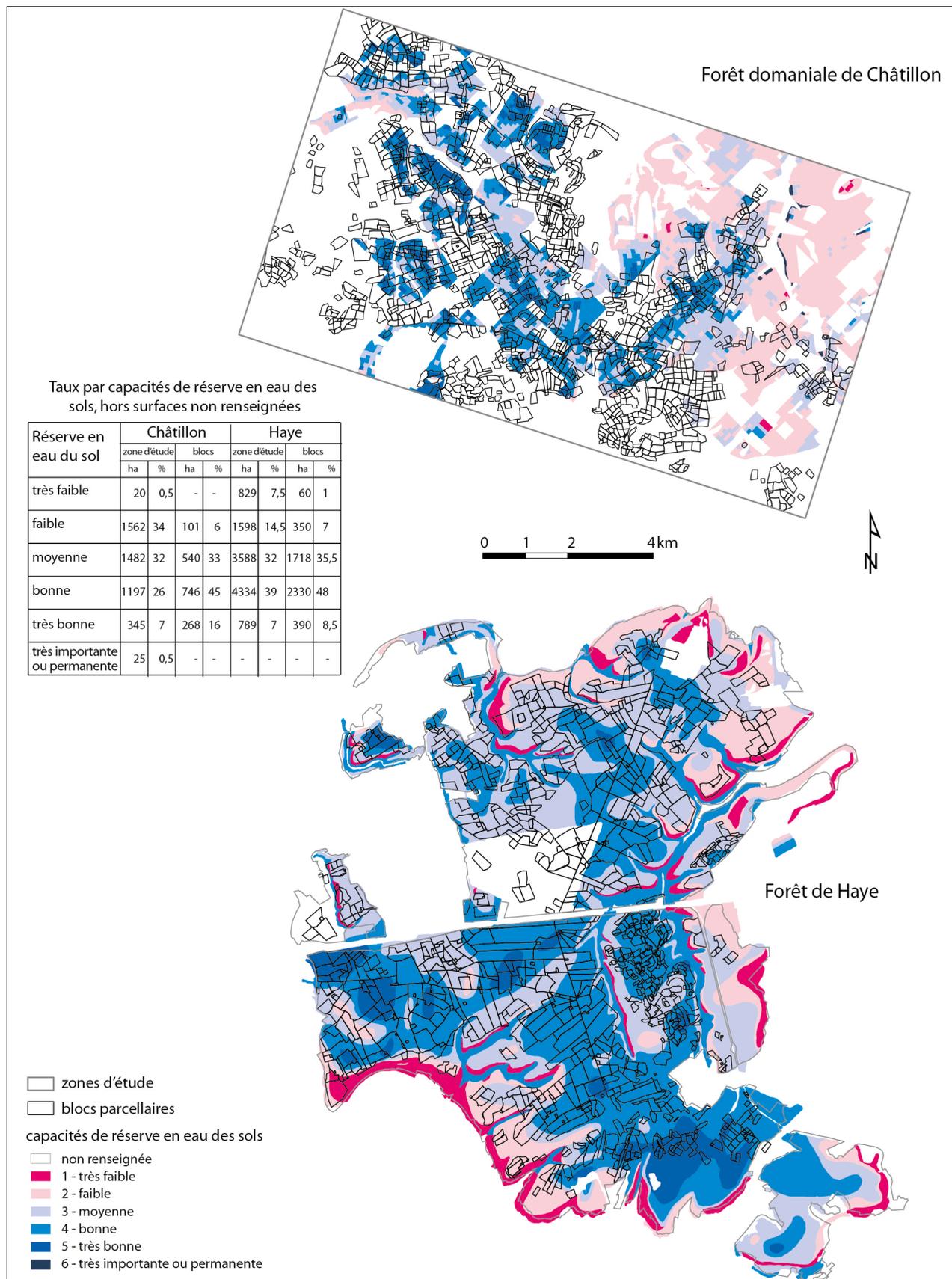


Fig. 32. Comparaison entre la Forêt de Châtillon et de la Forêt de Haye : localisation des blocs et capacités estimées de réserve en eau (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après : Nicloux & Rameau 1986 ; données ONF – Forêt domaniale de Châtillon ; données J.-L. Dupouey, carte des stations forestières, INRA Nancy).

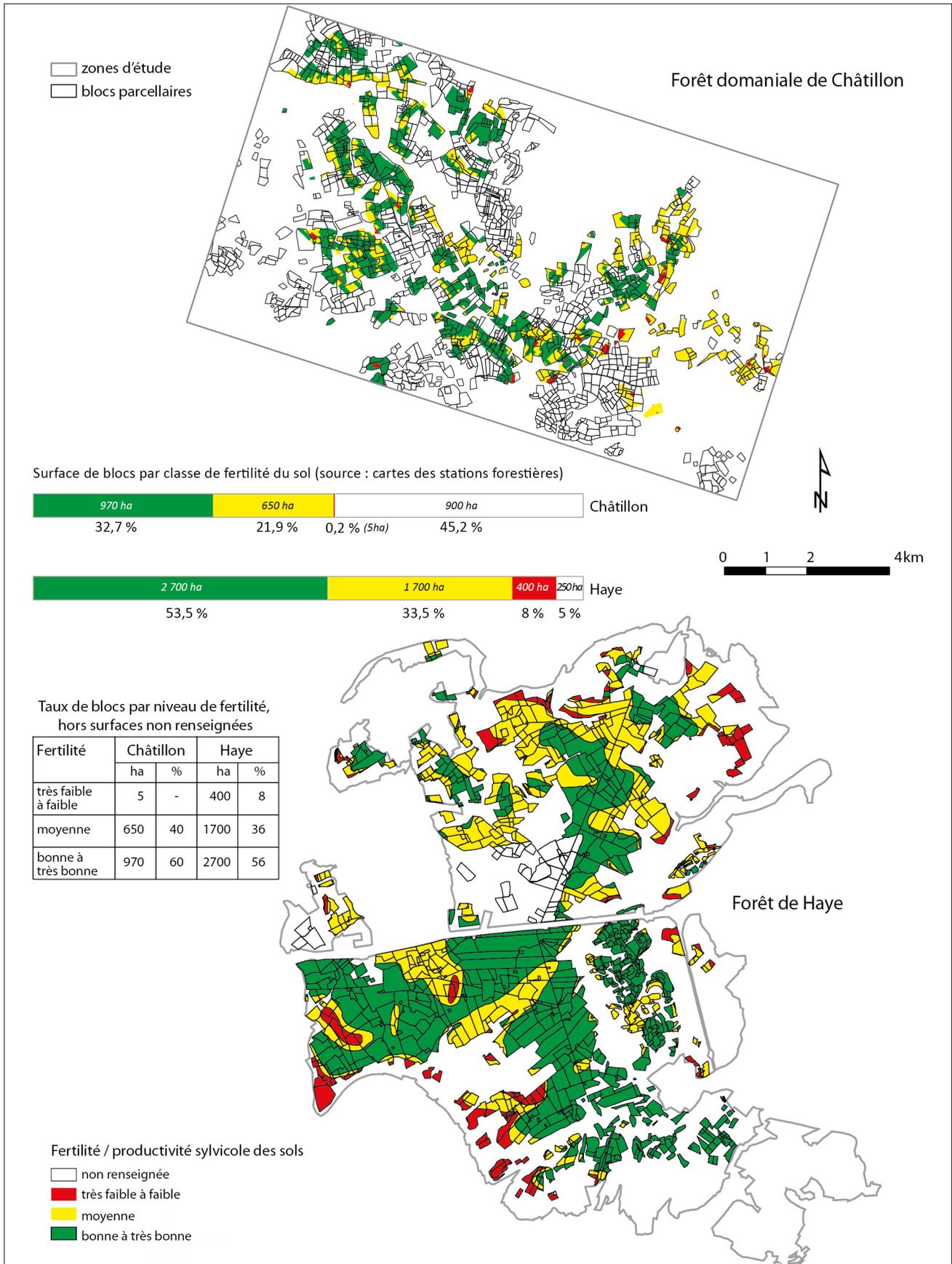


Fig. 33. Comparaison entre la Forêt de Châtillon et de la Forêt de Haye : localisation des blocs et niveaux estimés de productivité sylvicole (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après : Nicloux & Rameau 1986 ; données ONF – Forêt domaniale de Châtillon ; données J.-L. Dupouey, carte des stations forestières, INRA Nancy).

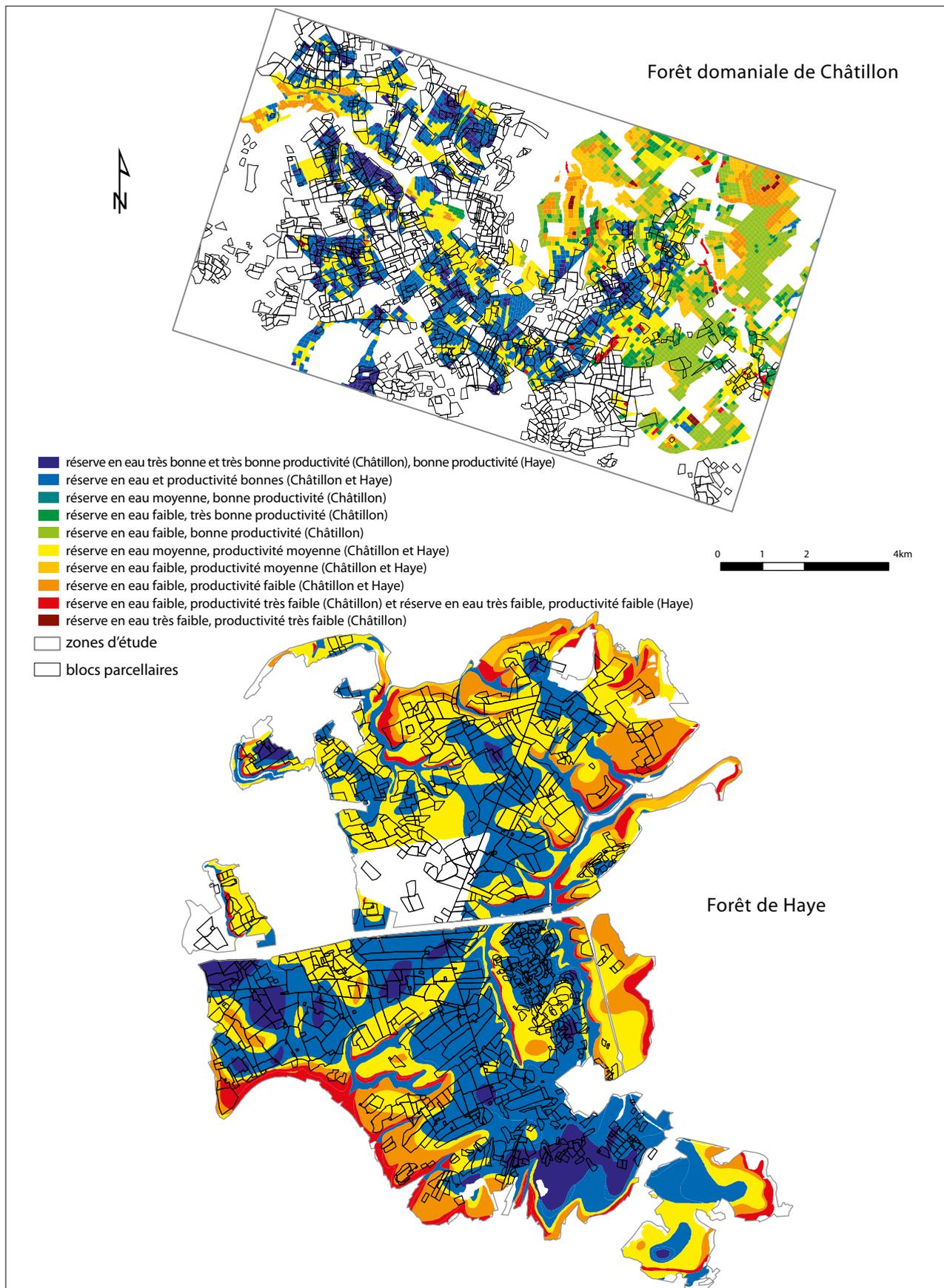


Fig. 34. Comparaison entre la Forêt de Châtillon et de la Forêt de Haye : localisation des blocs, capacités de réserve en eau et niveaux de productivité sylvicole sur l'ensemble des zones d'étude (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après : Nicloux & Rameau 1986 ; données ONF – Forêt domaniale de Châtillon ; données J.-L. Dupouey, carte des stations forestières, INRA Nancy).

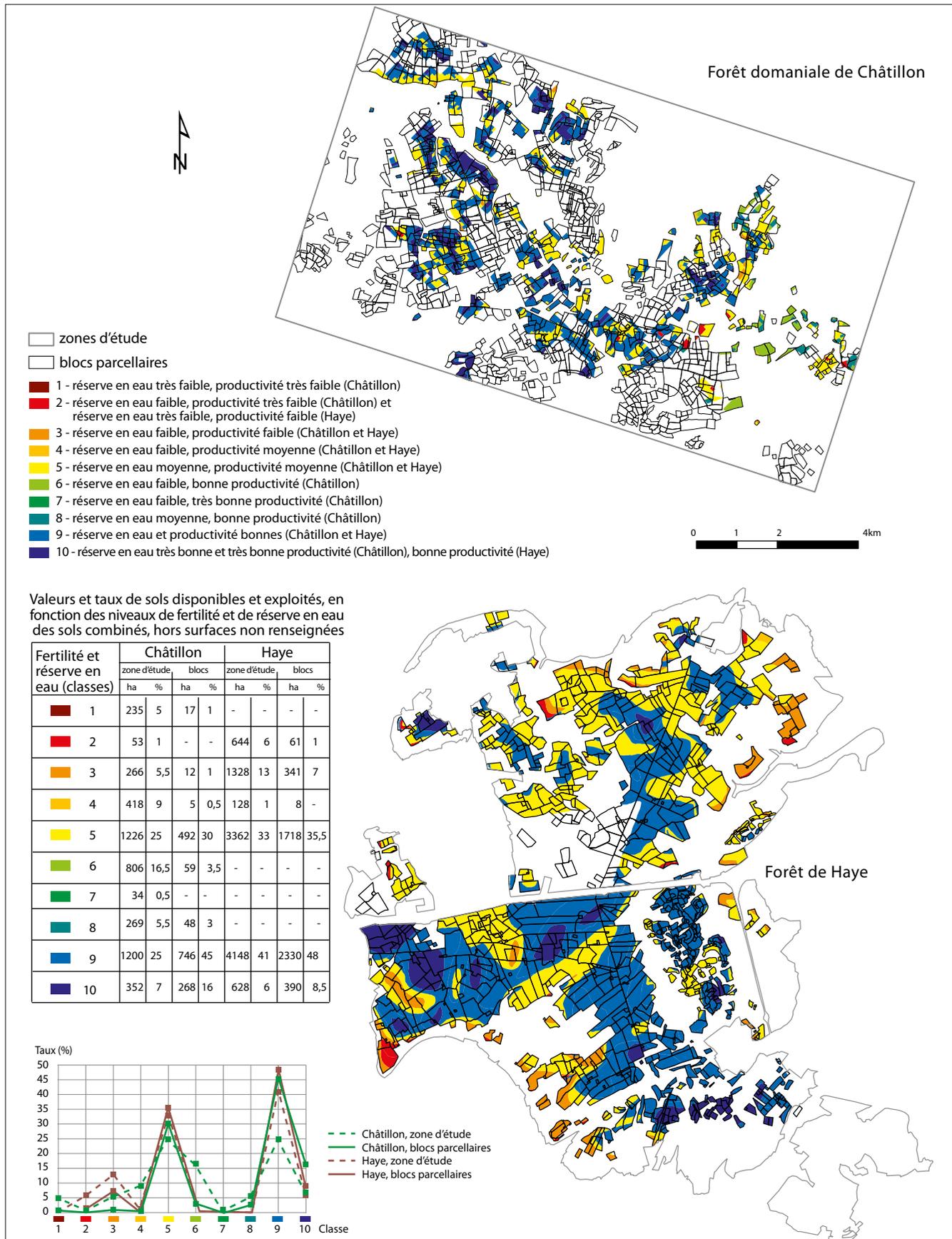


Fig. 35. Comparaison entre la Forêt de Châtillon et de la Forêt de Haye : localisation des blocs, capacités de réserve en eau et niveaux de productivité sylvicole sur les surfaces occupées par des blocs (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après : Nicloux & Rameau 1986 ; données ONF – Forêt domaniale de Châtillon ; données J.-L. Dupouey, carte des stations forestières, INRA Nancy).

Approche des ensembles parcellaires du Piémont vosgien et analyse de données LiDAR autour du col de Saverne

Catherine Fruchart,

avec la collaboration de Nicolas Meyer, Antonin Nüsslein et François Favory

GÉNÉRALITÉS

Cadre général

Le secteur étudié du Piémont vosgien se situe dans les Vosges du Nord, une zone où le massif est composé de grès du Trias inférieur (t₁) et moyen (t₂) (carte géologique à l'échelle 1/1 000 000). Cette zone montagneuse sépare la plaine d'Alsace, à l'est, du plateau lorrain, à l'ouest, en suivant une orientation des reliefs sensiblement sud-ouest / nord-est (fig. 1). À l'époque romaine, la principale agglomération du Piémont vosgien était Saverne (*Tres Tabernae*), placée sur un axe routier reliant la plaine du Rhin à Metz (*Divodurum*), chef-lieu de Cité des Médiomatriques. Saverne est située à environ 30 km de Brumath (*Brocomagus*), à l'est, petite ville de la plaine d'Alsace qui fut capitale de Cité des Triboques, à 30 km de Sarrebourg (*Pons Saravi*), à l'ouest et à environ 40 km de Strasbourg (*Argentoratum*), au sud-est, où était stationnée la *legio VIII Augusta*. L'itinéraire antique reliant *Argentoratum* à *Divodurum*, orienté selon un axe sud-est / nord-ouest, traversait l'*oppidum* du Fossé des Pandours qui surplombe Saverne (fig. 2), en suivant un tracé assez voisin de la route actuelle reliant Saverne à la petite agglomération actuelle de Phalsbourg, sur le plateau lorrain. Saverne est à environ 100 km de Metz (nord-ouest), à 100 km de Toul (chef-lieu de Cité des Leuques, à l'ouest), et à 80 km de Bliesbruck (au nord). Entre ces agglomérations se situent la vallée de la Sarre et la vallée de la Seille, une zone où s'est développée, très antérieurement à la période romaine, dès le Néolithique et surtout durant l'âge de Fer, une importante activité de production de sel.

La base de données des établissements répertoriés pour la zone-atelier du Piémont vosgien contient 121 sites (fig. 2, base de données fournie par A. Nüsslein : points rouges). Ils sont installés dans des espaces où ont été identifiés des terrasses, des levées empierrées et des tertres (fig. 2, zones en orange). Ces structures se rapportent à des aménagements parcellaires, détectés grâce à des prospections sur le terrain systématiques et extensives, opérées depuis plus de vingt ans (cf. travaux de N. Meyer, A. Nüsslein, J.-J. Ring, notamment), en mettant en œuvre des méthodes avancées d'investigation et de relevé : prospections à vue avec ramassage du mobilier, relevés microtopographiques extensifs sur le terrain, en particulier. Des fouilles ponctuelles, réalisées sur différents sites, complètent l'information et permettent de confirmer les résultats obtenus en prospection.

Aujourd'hui, le Piémont vosgien est peu urbanisé, surtout occupé par des sols agricoles dans les secteurs de basse altitude (plateau lorrain et collines sous-vosgiennes à l'ouest, plaine d'Alsace à l'est) et par des forêts dans les zones montagneuses, avec un taux d'enrésinement assez élevé (fig. 3, occupation du sol d'après CORINE Land Cover 2012).

La zone-atelier étudiée dans le cadre du programme Rurland (fig. 4, délimitée en bleu foncé) occupe près de 40 000 hectares, presque entièrement boisés aujourd'hui, à des altitudes comprises entre 300 et 700 m. La zone spécifiquement étudiée du point de vue de ses parcellaires (rectangles jaunes) a été limitée à deux surfaces d'environ 11 000 hectares chacune, qui équivalent aux superficies étudiées pour la Forêt de Haye et la Forêt domaniale de Châtillon (voir Annexes 1 et 2). En outre, une zone de 2 200 ha ayant bénéficié d'un relevé LiDAR a pu être étudiée d'une façon plus poussée, car elle fournit une information microtopographique suffisamment précise (fig. 4, zone détournée en rose).

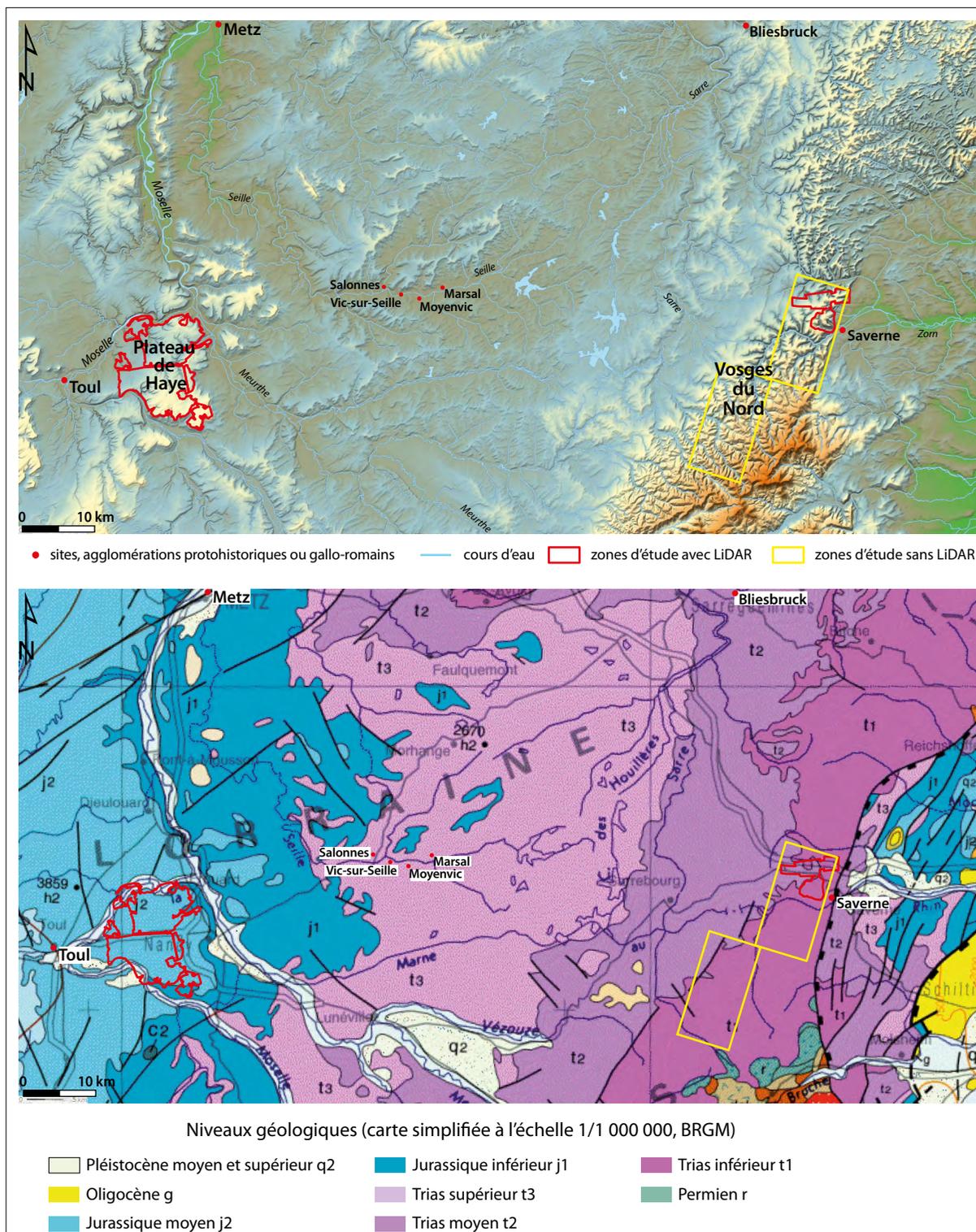


Fig. 1. Localisation des Vosges du Nord et aperçu du contexte géologique (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données topographiques RGE ALTI 5M IGN * 2017 et la carte géologique simplifiée du BRGM à l'échelle 1/1 000 000).

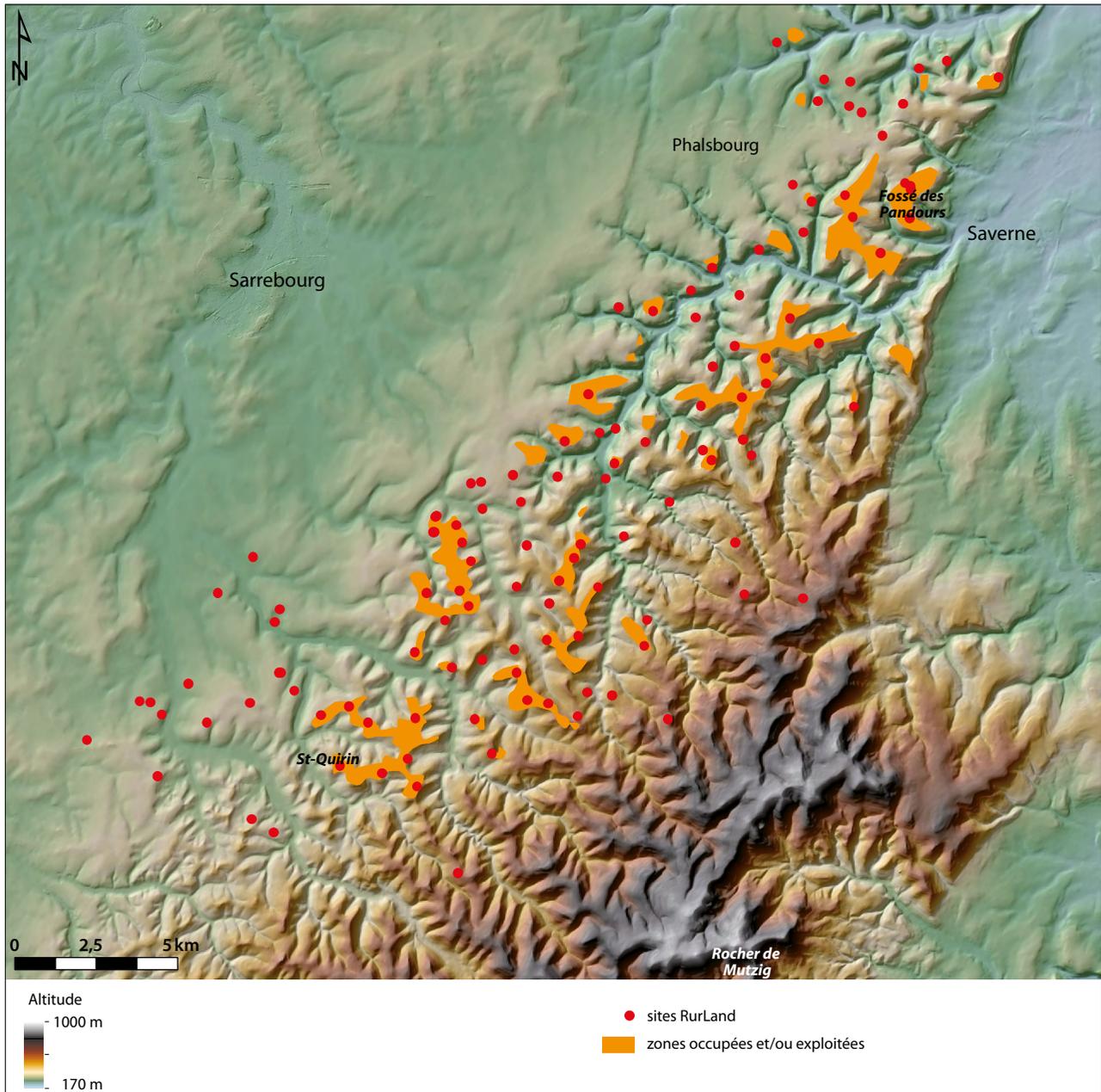


Fig. 2. Localisation des zones d'occupation et des établissements ruraux étudiés pour RurLand dans le secteur du Piémont vosgien (C. Fruchart, RurLand 2017, d'après les données archéologiques de N. Meyer et A. Nüsslein, et les données topographiques RGE ALTI 5M IGN © 2017).

D'un point de vue topographique, le relief naturel autour du Piémont vosgien est assez hétérogène. À l'ouest (fig. 4, n°1 et 5), Sarrebourg et ses alentours sont sur un plateau au relief légèrement vallonné, à des altitudes comprises entre 300 et 350 m. Dans la partie orientale du plateau lorrain, un relief collinéen (n°1) fait la transition entre la zone de plateau et un relief montagneux. Dans cet espace alternant aujourd'hui bois de feuillus et zones cultivées, on dénombre une petite trentaine d'établissements d'époque romaine, tous sous forêt aujourd'hui. Un peu plus à l'est, le relief devient plus montagneux (n°2), à des altitudes entre 300 et 550 m environ. C'est dans cette zone que sont situés la majorité des sites et aménagements parcellaires

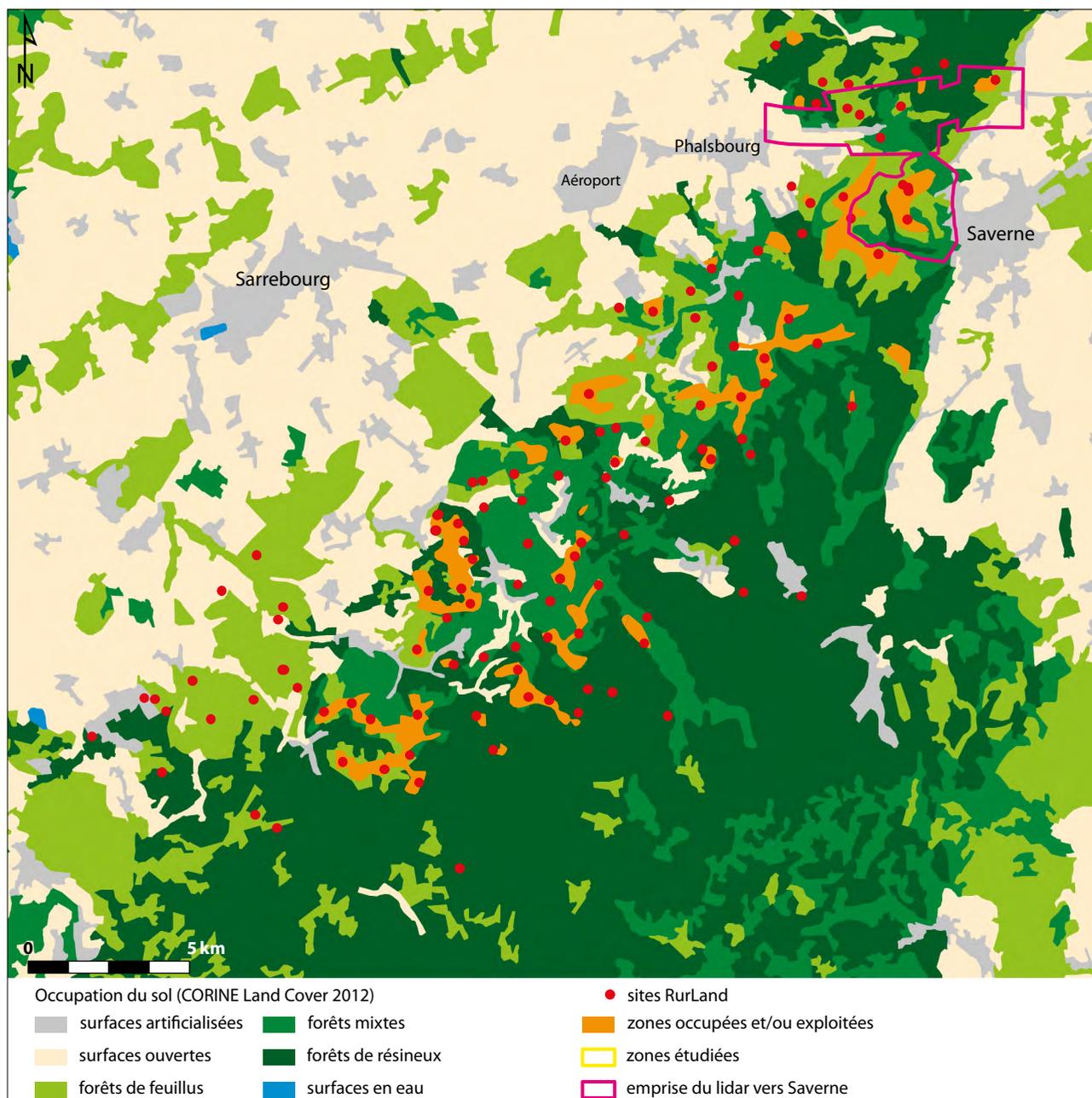


Fig. 3. Occupation du sol actuelle du Piémont vosgien. Localisation des zones étudiées (C. Fruchart, RurLand 2017, d'après les données archéologiques de N. Meyer et A. Nüsslein, et les données CORINE Land Cover 2012 © UE - SOeS).

identifiés par des prospections au sol. Les établissements sont majoritairement gallo-romains¹, et seuls quelques sites laténiens ont été découverts dans la partie septentrionale de cette zone, vers le Fossé des Pandours. Au sud-est du Piémont vosgien, la zone n°3 est franchement montagneuse, avec des sommets culminant autour de 700 m. On y recense quelques rares établissements gallo-romains. Dans les secteurs où les sommets sont les plus élevés, et dont fait partie la zone 4 (Rocher de Mutzig, 1008 m,

1. Une occupation médiévale et moderne a également été mise en évidence, mais elle n'est pas décrite ici, car ces périodes sont hors du cadre temporel étudié pour le programme RurLand.

au sud), les établissements antiques sont encore plus rares (Donon, Grandfontaines). Enfin, la zone 6 correspond à la partie la plus occidentale de la plaine d'Alsace, à des altitudes inférieures à 200 m.

État des connaissances sur les systèmes parcellaires du Piémont vosgien

À la différence de la Forêt de Haye et de la Forêt domaniale de Châtillon (Annexes 1 et 2), la microtopographie précise et extensive des surfaces boisées du Piémont vosgien est mal renseignée. Les seules zones sous forêt précisément documentées sont situées au nord de cette microrégion, vers Saverne, où deux acquisitions LiDAR ont été réalisées en 2007-2008 (Conseil Départemental du Bas-Rhin – Archéologie Alsace et Réseau Ferré de France). Ailleurs, la topographie au sol est restituée par estimation des valeurs altimétriques par photogrammétrie (RGE ALTI 5M de l'IGN). Cette technique permet d'obtenir un modèle numérique performant pour des surfaces non boisées, mais d'une précision moindre sous forêt, en tout cas insuffisante à l'échelle des aménagements anthropiques qui intéressent l'archéologie. La couverture arborée a pour effet d'altérer la précision altimétrique de la topographie du terrain calculée par photogrammétrie. Ceci est particulièrement problématique si la végétation est dense et le relief accidenté, ce qui est le cas du Piémont vosgien, espace montagneux largement couvert de résineux. Le Modèle Numérique de Terrain (MNT) actuellement disponible pour cette zone d'étude s'avère donc inexploitable pour la détection de vestiges archéologiques. Il est alors impossible de croiser la cartographie des aménagements parcellaires identifiés sur le terrain avec une cartographie obtenue par examen du MNT. Or, c'est à partir de ce moyen d'analyse qu'on peut obtenir une information spatiale continue sur la microtopographie du sol, et au final, si la précision du modèle est suffisante, constituer un relevé extensif, visant l'exhaustivité, des structures anthropiques anciennes conservées sous forêt. On ne peut donc pas évaluer à l'heure actuelle avec certitude le degré d'exhaustivité de la cartographie des aménagements déjà réalisée.

Mais, par hypothèse de travail, on a considéré que les prospections au sol, menées à répétition au fil des ans par des équipes expertes, ont couvert la zone du Piémont vosgien de façon aussi systématique que possible, et que la cartographie des aménagements relevés est suffisamment exhaustive pour rendre compte de l'extension réelle de l'occupation ancienne, même si le relevé des structures reste probablement encore à compléter. En outre, les zones étudiées (fig. 4, rectangles jaunes) ont été placées de façon à prendre en compte l'ensemble des surfaces où des aménagements ont été détectés, tout en réduisant les espaces apparaissant vides d'occupation, afin de minimiser les aléas liés à d'éventuels manques d'information.

Par ailleurs, les zones d'occupation ancienne identifiées par prospections au sol (fig. 4, surfaces en orange), qui contiennent des aménagements parcellaires, se rapportent à des espaces multifonctionnels et ne sont pas nécessairement seulement des espaces à vocation agropastorale. En Forêt de Haye et en Forêt domaniale de Châtillon, l'extension des aménagements parcellaires est telle qu'elle conduit à poser de façon assez certaine l'hypothèse de zones très largement dédiées à un usage agropastoral (ce qui n'exclut pas l'existence d'autres activités artisanales). Dans la zone du Piémont vosgien, la fonction agropastorale est assurée, mais son développement semble toutefois moins important que dans les deux zones précédentes. Il s'agit peut-être d'un effet de source : on dispose de données LiDAR qui documentent très bien les occupations du sol passées pour la Forêt de Haye et pour la Forêt domaniale de Châtillon, et ce n'est pas le cas du Piémont vosgien.

Les zones d'occupation identifiées dans le Piémont vosgien sont des espaces avec des aménagements agropastoraux, associés à de l'habitat dispersé ou groupé (hameaux), et à des zones funéraires. Ce sont aussi de vastes espaces délimités par de puissantes fortifications (*oppida*). Ce sont également des zones avec des carrières, généralement de taille modeste. Trois zones d'exploitation ont une extension significative : une carrière de meules dans le secteur de Rothlach-Stampflochel, une carrière dont l'exploitation est attribuée à la *legio VIII Augusta* pour la période gallo-romaine au Fossé des Pandours (Koepfel), et enfin, on connaît plusieurs zones d'extraction dans le secteur de Saint-Quirin (voir fig. 5).

Pour le Piémont vosgien, une estimation quantifiée des surfaces avec aménagements parcellaires a uniquement été possible pour la zone couverte par LiDAR (2 200 ha). Ailleurs (20 000 ha), l'information planimétrique obtenue à partir des observations sur le terrain devra d'abord être complétée avant de pouvoir proposer une restitution de la planimétrie du parcellaire : nous ne pouvons pas, à partir des informations disponibles, définir les limites précises des unités surfaciques partiellement identifiées sur le terrain. Malgré un niveau de détail élevé des plans qui ont été produits à partir des observations (par exemple fig. 5, secteur de St-Quirin), l'information reste trop lacunaire, et dans l'ensemble, insuffisante par rapport au niveau d'information microtopographique nécessaire pour permettre une étude détaillée de la structuration parcellaire.

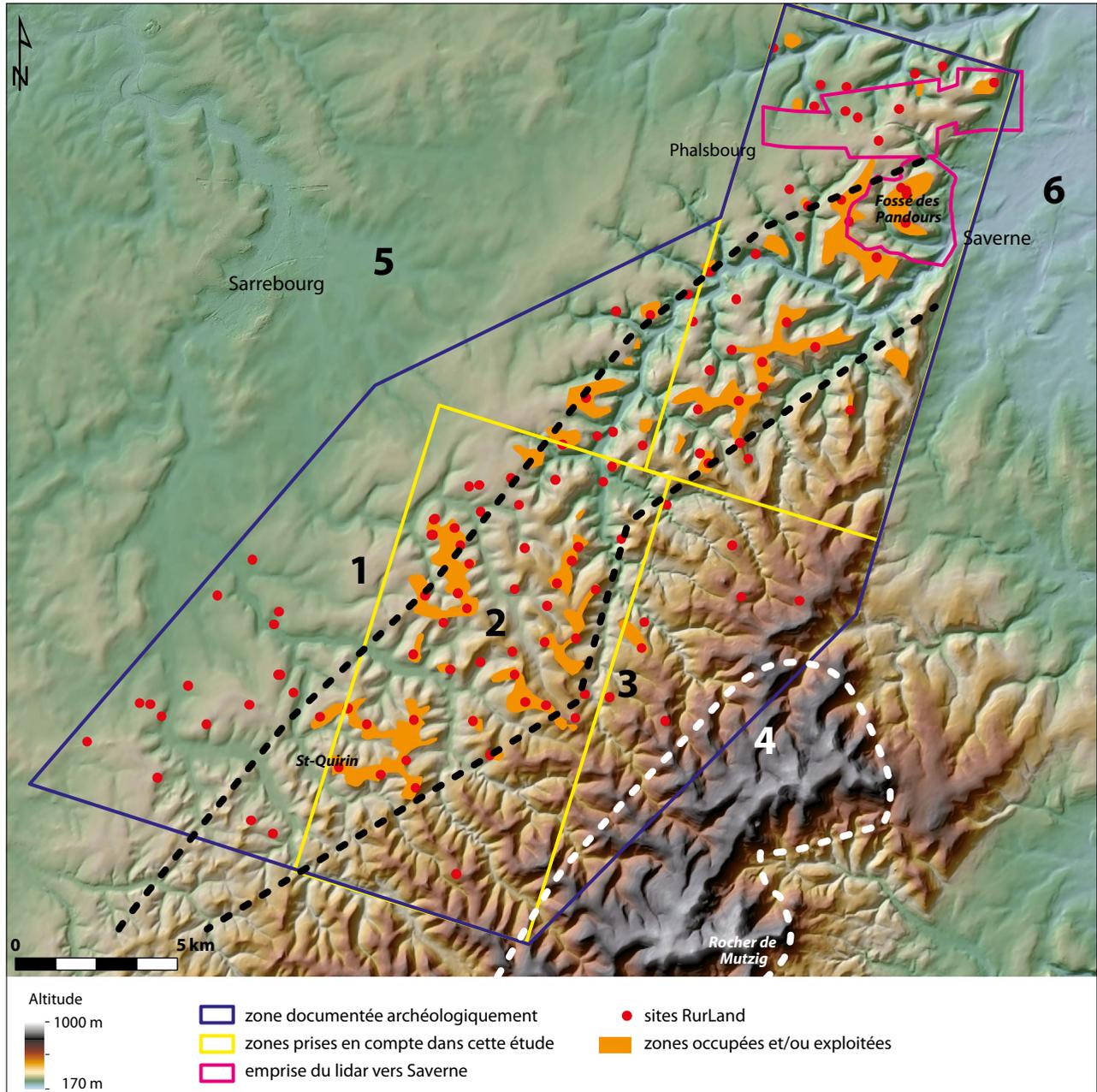


Fig. 4. Localisation des différentes zones du Piémont vosgien étudiées dans le cadre du programme Rurlnad et indication d'ensembles topographiques (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données archéologiques de N. Meyer et A. Nüsslein, et les données topographiques RGE ALTI 5M IGN © 2017).

Pour extrapoler l'emprise surfacique d'unités parcellaires ou d'unités de culture, l'information microtopographique et planimétrique doit être suffisamment précise et surtout continue, pour permettre l'identification des unités recherchées. Cette emprise peut être définie par la recherche de surfaces présentant une bonne cohérence générale. Ce sont des espaces aux périmètres matérialisés par des limites linéaires, rectilignes ou courbes, formant des parcelles polygonales ou irrégulières, selon le cas. Ces parcelles sont connectées à d'autres parcelles adjacentes, elles aussi délimitées. Ou encore, ce sont des surfaces présentant une "texture de sol" particulière, qu'on peut relever grâce à la précision du LiDAR, mais qui, en milieu forestier, échappent le plus souvent à l'observation directe sur le terrain, car la végétation basse recouvre le sol et en masque les traces. Ces "textures" détectables par LiDAR permettent d'identifier le travail et /ou le façonnage ancien du sol, propre à chaque unité

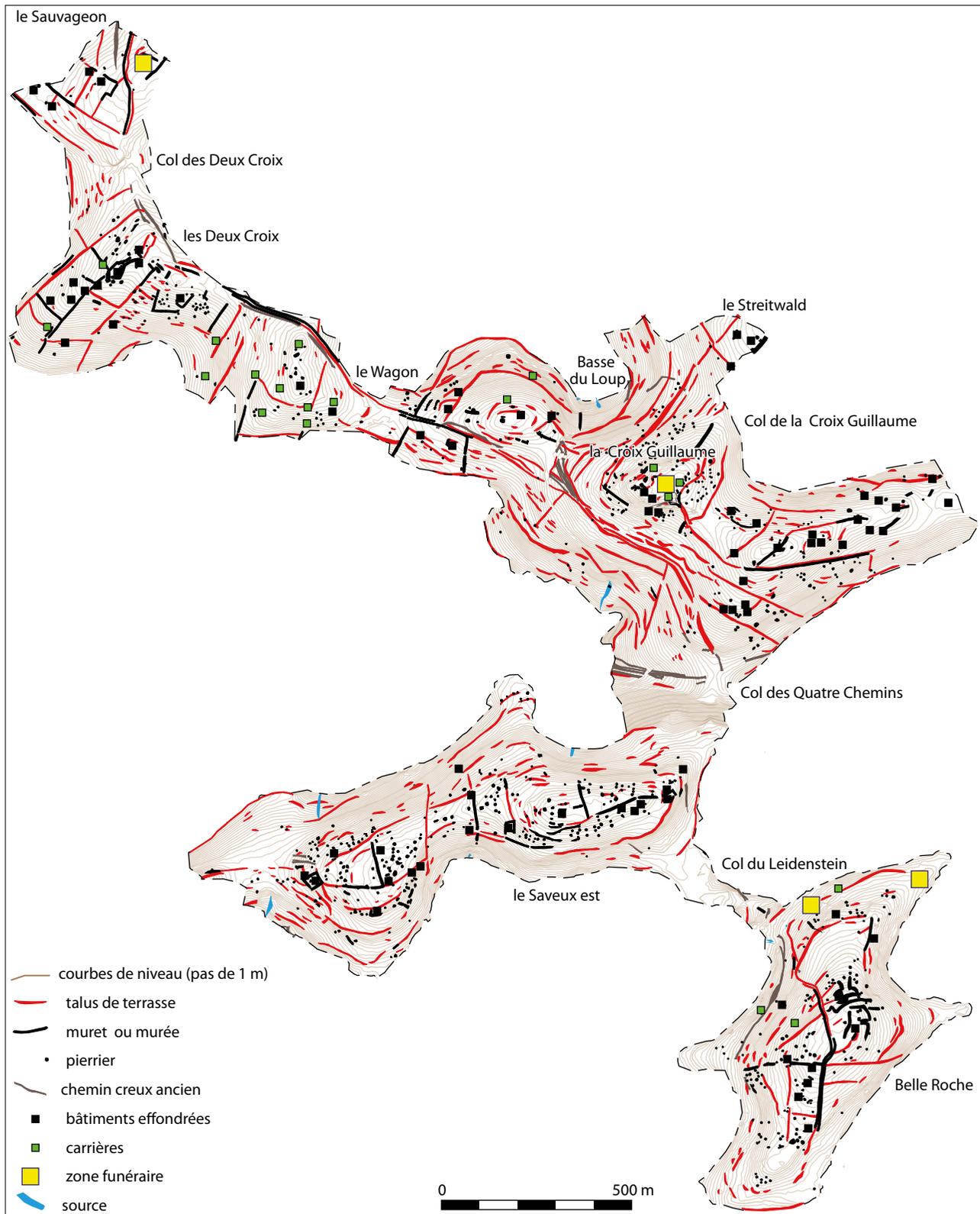


Fig. 5. Localisation des structures identifiées sur le terrain dans le secteur de Saint-Quirin (Moselle). Plan établi par : T. Ernst, A. Farge, E. Gelliot, P. Huard, N. Meyer, T. Le Saint-Quinio, C. Voignier 1994-96 et 2005-2010, modifié par : C. Fruchart, Rurland 2017.

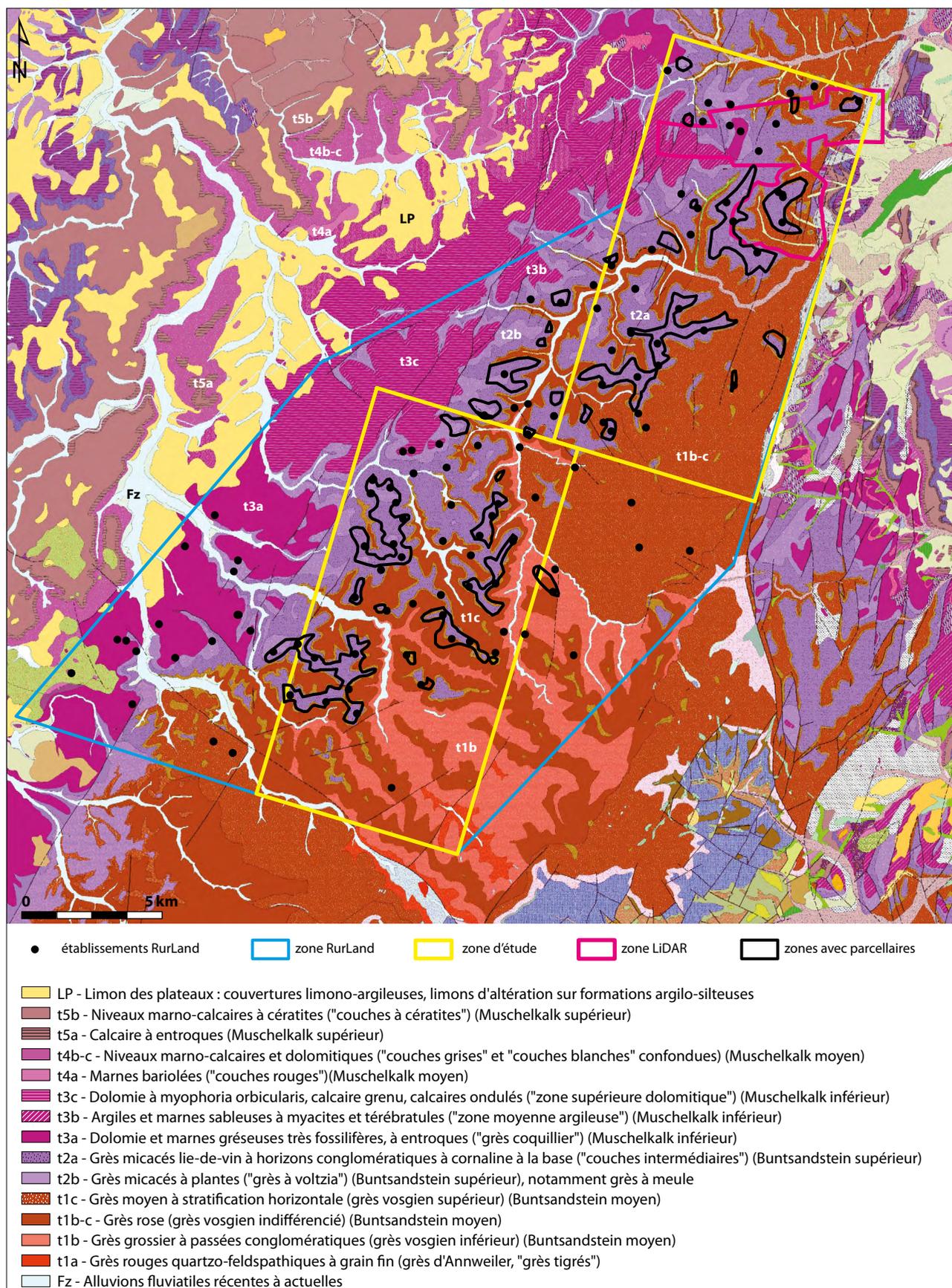


Fig. 6. Localisation des zones d'occupation du Piémont vosgien et des établissements ruraux sur un extrait de carte géologique (C. Fruchart, RurLand 2017, d'après les données archéologiques de N. Meyer et A. Nüsslein, et les données géologiques du BRGM, Carte géologique à 1/50 000, Feuille n° 1379, Moselle).

de culture, qui a laissé en surface une empreinte microtopographique spécifique, préservée par chance de l'érosion jusqu'à nos jours, probablement à la faveur d'une couverture boisée ininterrompue depuis leur abandon.

La restitution de surfaces parcellaires a uniquement été possible pour la zone couverte par LiDAR, mais nous avons pu procéder pour toute la zone d'étude du Piémont vosgien à une mise en relation des zones occupées avec des caractéristiques topographiques et environnementales : carte géologique (fig. 6), carte des pentes (fig. 7 et 8), données pédologiques (fig. 9 à 11) et données sur les milieux forestiers produite par l'Inventaire Forestier National (IFN).

Le croisement avec la carte géologique montre que les zones occupées (fig. 6, zones détournées en noir) sont presque toutes situées sur des niveaux du Trias moyen t2a et t2b. Ce sont des grès micacés ayant bonne tenue à la taille et exploités en construction. Ils sont aussi recherchés pour la fabrication de meules.

À partir des connaissances archéologiques et des recherches menées (en particulier les travaux de N. Meyer, P. Ouzoulias et A. Nüsslein), les spécialistes du Piémont vosgien considèrent avant tout cette zone comme un espace dédié à un usage agropastoral : les habitats et les aménagements parcellaires occupent l'essentiel de l'espace exploitable, alors que les carrières ont une extension limitée. L'extraction et la taille de pierre, identifiées de façon récurrente mais sur des extensions modestes, sont donc à considérer comme des activités annexes.

Les carrières peuvent être mises en lien avec des marchés aux débouchés limités. Localement, la demande est faible, car les bâtiments, qu'on connaît notamment par des fouilles, sont essentiellement en bois. La pierre est employée pour la confection de socles de poteaux et de seuils. Elle sert aussi à réaliser des sculptures votives et funéraires locales. Cette demande locale ne peut être qu'occasionnelle. La matière première est prise sur place, sur des blocs rocheux accessibles.

Au-delà de la zone d'étude, le grès provenant du Piémont vosgien semble réservé à des usages spécifiques. En construction, il est employé dans un marché régional pour la fabrication de gros blocs de seuil, de caniveaux, ou de colonnes de stèles votives. Mais globalement, c'est surtout le grès à *Voltzia* qui est choisi, car il est de meilleure qualité. Celui-ci provient de zones voisines de notre zone d'étude, situées à des altitudes plus basses². Un autre usage spécifique connu est celui de l'export de meules. Cette activité d'extraction, située dans le secteur de la Rothlach, est attribué à la Tène par des molinologues (F. Jodry). Enfin, les carrières du Fossé des Pandours (Koepfel), sont probablement exploitées de façon épisodique par des détachements de la VIII^e Légion.

D'un point de vue comparatif, par rapport aux zones étudiées en Forêt de Haye et en Forêt domaniale de Châtillon, on constate que les surfaces contenant des aménagements parcellaires ont une extension limitée dans le Piémont vosgien (fig. 8). En effet, on peut évaluer le pourcentage de surfaces occupées à environ 10 % sur le Piémont vosgien (2 300 ha sur un total de 22 400 ha), contre 36 % en Forêt domaniale de Châtillon (4 000 ha sur une surface totale étudiée de 11 200 ha) et 43 % en Forêt de Haye (près de 5 000 ha sur un total de 11 200 ha). Si on exclut les biais pouvant provenir d'un effet de source, le Piémont vosgien semble moins attractif pour une activité agropastorale. Une explication qu'on peut avancer est l'existence d'une forte contrainte topographique : plus d'un tiers de la surface du Piémont vosgien a des pentes accentuées à fortes (plus de 10°), pour seulement 16 % a de pentes inférieures à 5°. Pour mémoire, 98 % des blocs parcellaires de la Forêt de Haye sont implantés sur des sols de pente inférieure à 10°, et autour de 90 % pour la zone étudiée en Forêt domaniale de Châtillon.

Données sur les sols de la zone d'étude

L'Alsace dispose d'un Référentiel Régional Pédologique accompagné de cartes à l'échelle 1/250 000 (accès gratuit en ligne sur le site de l'ARAA³, avec une notice descriptive téléchargeable) et à l'échelle 1/100 000 (données à accès restreint sur la base de données nationale DoneSol). La zone du Piémont vosgien est documentée partiellement, car la partie de cette microrégion située en Lorraine ne dispose pas encore d'un référentiel pédologique, encore en cours de réalisation. Pour cette raison, les observations sur les qualités agrologiques des sols de cette zone d'étude restent limitées. Il est en particulier impossible

2. Secteur de Niderviller qui alimente Sarrebourg (*Pons Saravi*), Mackwiller en Alsace bossue, et peut-être le secteur de Phalsbourg.

3. <http://www.araa-agronomie.org/> (consulté le 28 février 2018).

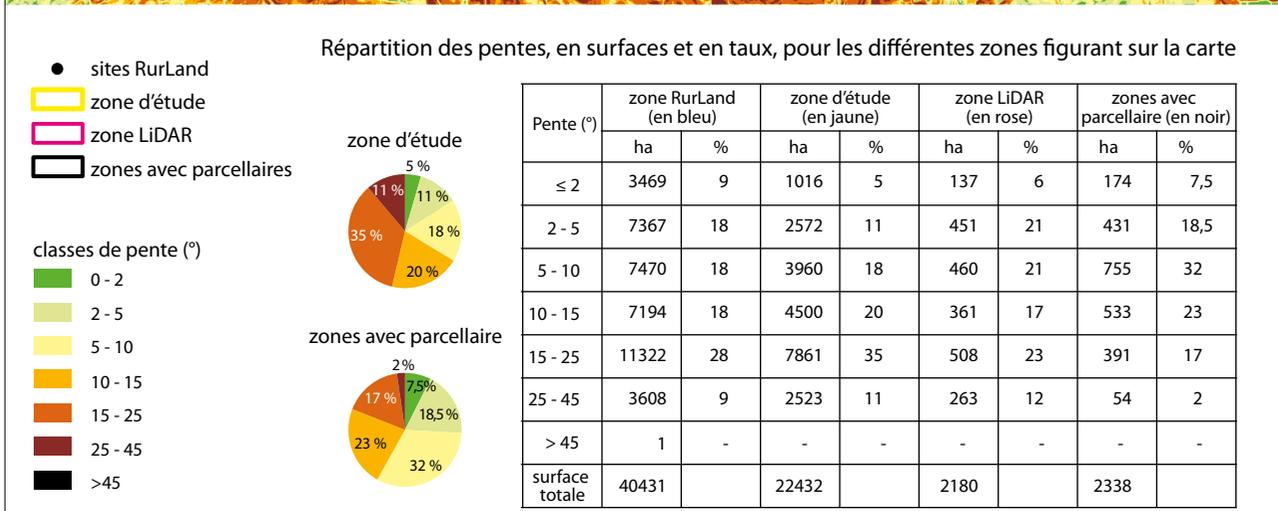
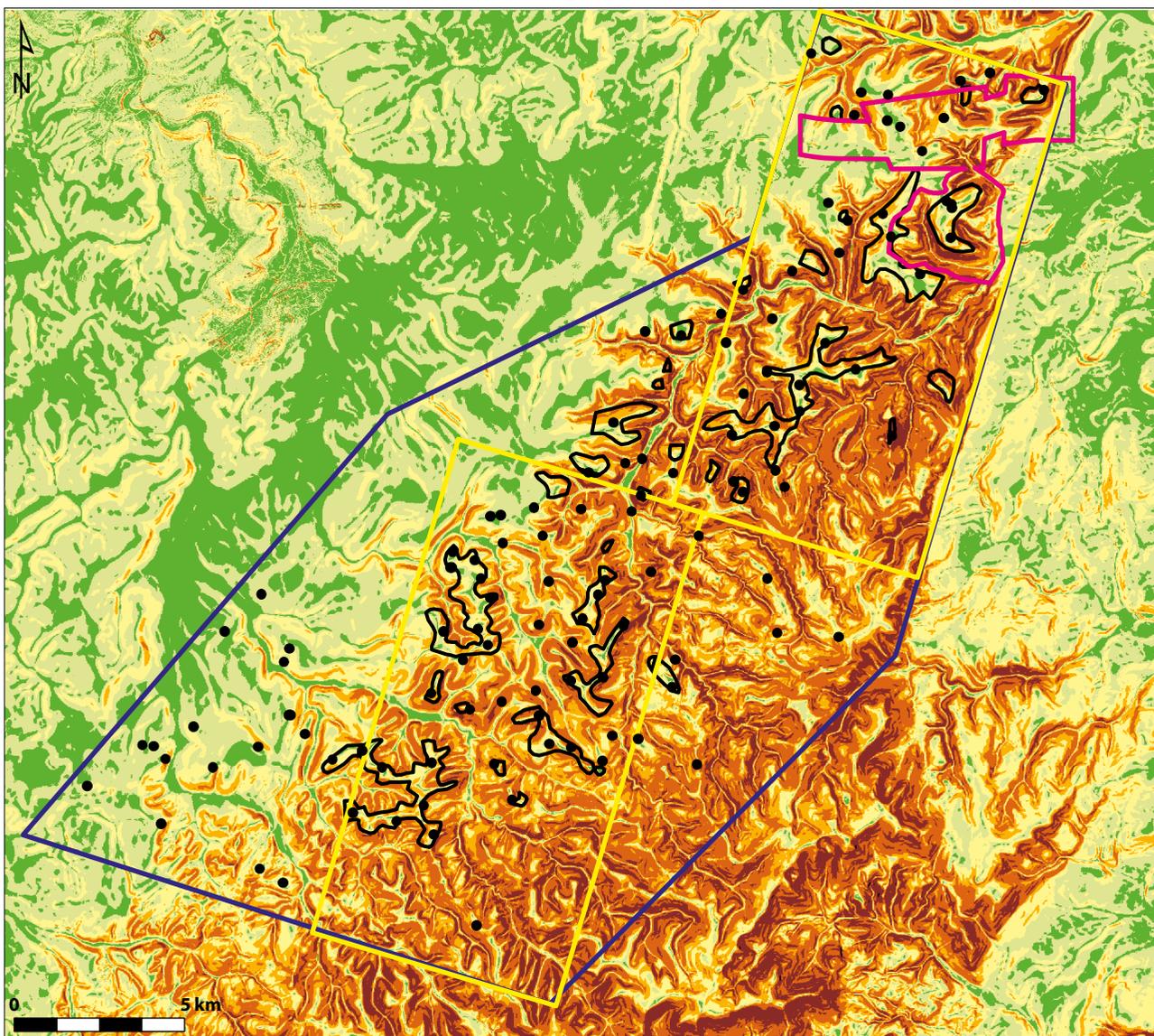


Fig. 7. Localisation des zones d'occupation du Piémont vosgien et des établissements ruraux sur une carte des pentes (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données archéologiques de N. Meyer et A. Nüsslein, et les données topographiques RGE ALTI 5M IGN * 2017).

Pente (°)	Piémont vosgien (ha)			Haye (ha)	Châtillonnais (ha)	
	Zone RurLand	Zone d'étude	Zone LiDAR	Zone LiDAR	Zone LiDAR	Zone d'étude
≤ 2	34695	1016	137	3640	12737	4858
2 - 5	7367	2572	451	4478	13806	4218
5 - 10	7470	3960	460	1426	6856	1332
10 - 15	7194	4500	361	706	2738	489
15 - 25	11322	7861	508	757	1859	292
25 - 45	3608	2523	263	266	152	11
> 45	1	0	0	3	2	0
Surface totale	40429,5975	22433,445	2178,575	11275,8	38150,075	11200,6875

Fig. 8a. Tableau comparatif des reliefs des zones d'étude du Piémont vosgien, de la Forêt de Haye et de la Forêt domaniale de Châtillon en fonction des pentes observées (C. Fruchart, Rurland 2017).

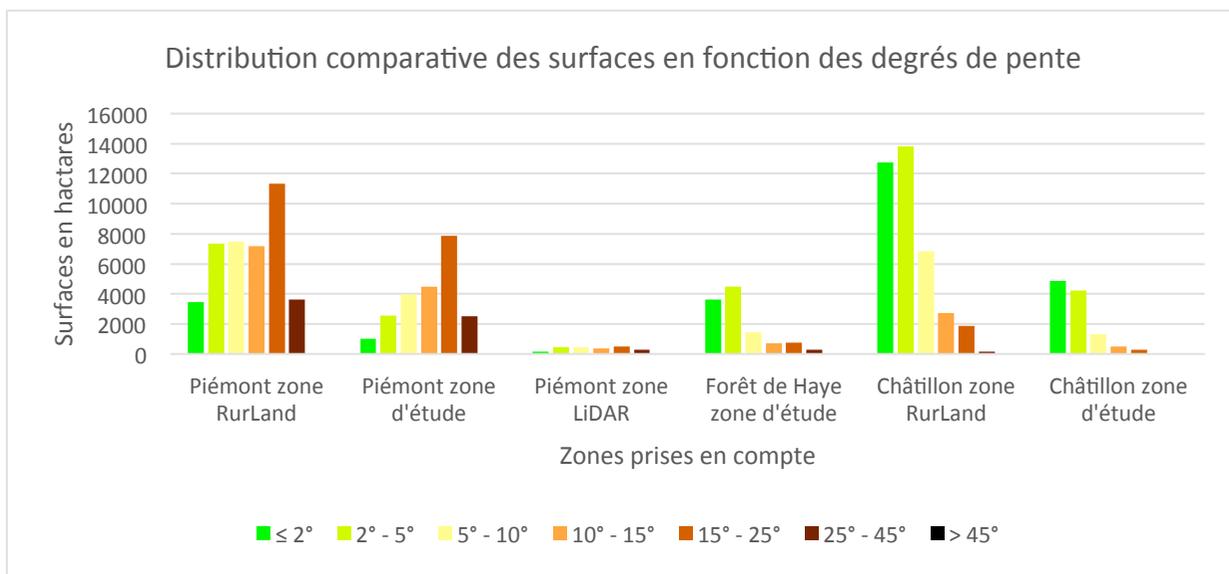


Fig. 8b. Comparaison des reliefs des zones d'étude du Piémont vosgien, de la Forêt de Haye et de la Forêt domaniale de Châtillon en fonction des pentes observées : histogrammes (C. Fruchart, Rurland 2017).

d'évaluer précisément les singularités, ou les similitudes, des terrains occupés par des aménagements parcellaires par rapport à leur voisinage, ou simplement, par rapport à un cadre général quantifié précisément.

La zone étudiée (fig. 9, rectangles jaunes) se situe dans le "petit domaine morphologique" du Massif vosgien (fig. 10, zone 27), et dans le prolongement sud (lorrain) des Collines d'Alsace Bossue (fig. 10, zone 32). Les sols du Massif vosgien sont des sols bruns acides à ocreux, cryptopodzoliques, podzoliques jusqu'à des podzols humo-ferrugineux sur grès et granites acides. Les collines d'Alsace Bossue ont des sols similaires à ceux des collines sous vosgiennes, des sols principalement argileux (pélosols⁴) issus des marnes du Lias, du Keuper ou de l'Oligocène, associés localement à des sols superficiels caillouteux des calcaires du Jurassique ou des conglomérats tertiaires, ainsi qu'à quelques épandages limoneux (cf. notice du Référentiel Régional Pédologique⁵).

4. Les pélosols sont des sols très riches en argile granulométrique et très abondants en limons fins. La considérable quantité d'argile des pélosols freine leur évolution pédogénétique. La libération du fer y est faible, inférieure à celle observée pour les brunisols. À l'état sec, de larges fentes de retrait peuvent apparaître en surface. À l'état humide, la structure des pélosols devient plus massive en raison du gonflement des minéraux argileux (source : Baize, D., Girard, M.-C., coord. (2009) : *Référentiel pédologique 2008*. Association française pour l'étude du sol (Afe), Versailles).

5. http://araa-agronomie.org/uploads/guide_des_sols/3-Guide%20des%20sols-PaysHanau-Saverne_2008.pdf (consulté le 28 février 2018).

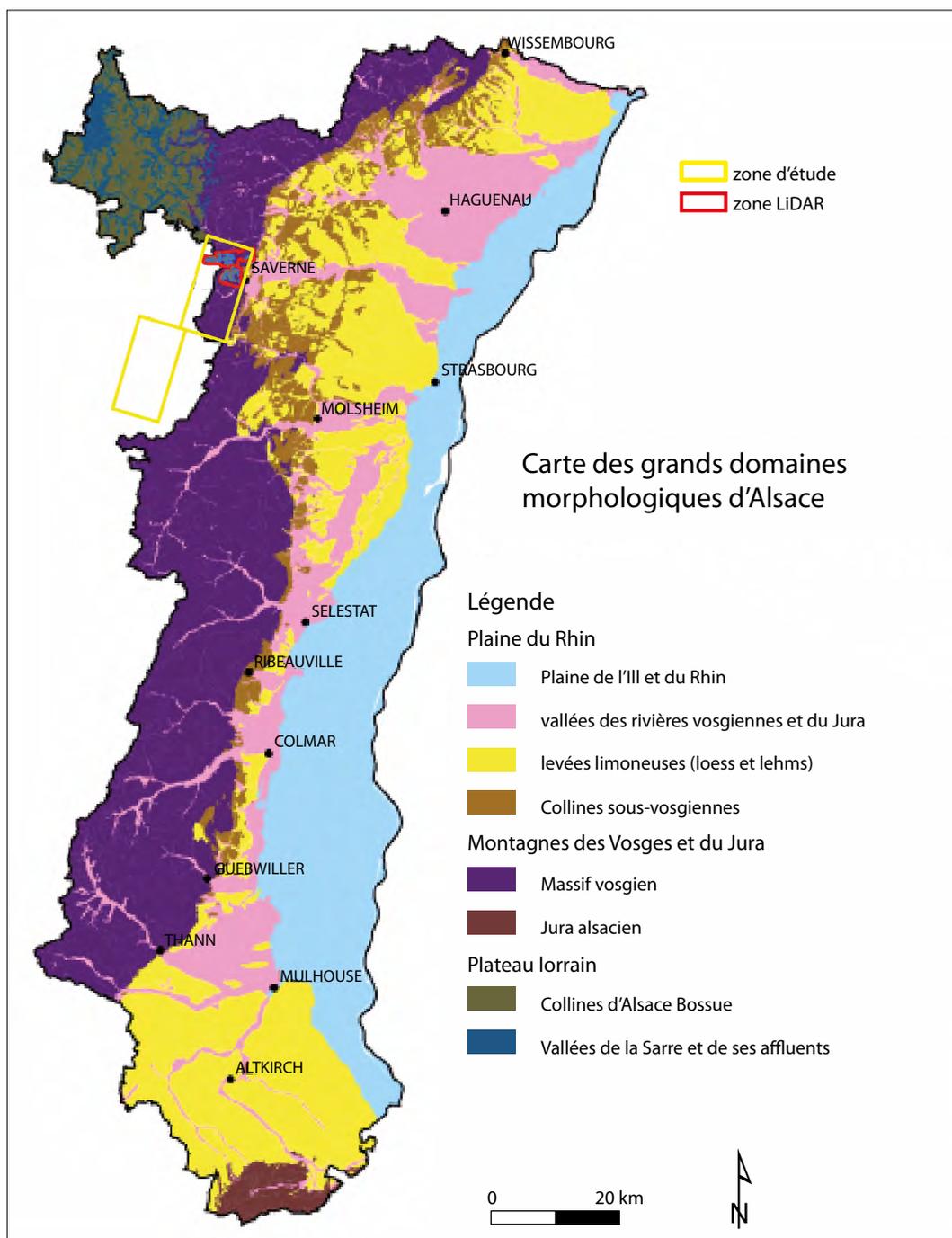


Fig. 9. Grands domaines morphologiques d'Alsace (d'après : *Référentiel régional pédologique de la région Alsace* Échelle 1/250 000. Notice simplifiée. Décembre 2012, fig. 4 p. 8).

La superposition de la cartographie des zones avec blocs parcellaires (fig. 11, zones en rouge) avec celle des informations pédologiques disponibles (carte à 1/100 000) montre que toutes les zones avec blocs parcellaires relevées sur le terrain sont situées sur des sols bruns acides à bruns cryptopodzoliques des colluvions gréseuses du Piémont des Vosges. Ces sols d'épaisseurs variables sont considérés comme des sols de fertilité moyenne, convenant à des usages agricoles spécifiques (arboriculture,

par exemple) ou, aussi, au pastoralisme. Ces sols peuvent avoir localement des épaisseurs importantes⁶, et être alors adaptés à un usage agricole plus large, s'ils bénéficient d'apports suffisants en matière organique pour leur fertilisation, et s'ils sont suffisamment arrosés. Aucune information de synthèse, et à résolution fine, sur les ressources en eau des sols du Piémont vosgien n'a été trouvée, mais il est probable que, dans les zones qui ne disposent pas d'une ressource en eau permanente proche (nappe, cours d'eau), ces sols sont assez sensibles à la sécheresse de surface, car ils ont une tendance sableuse qui favorise un phénomène de drainage naturel.

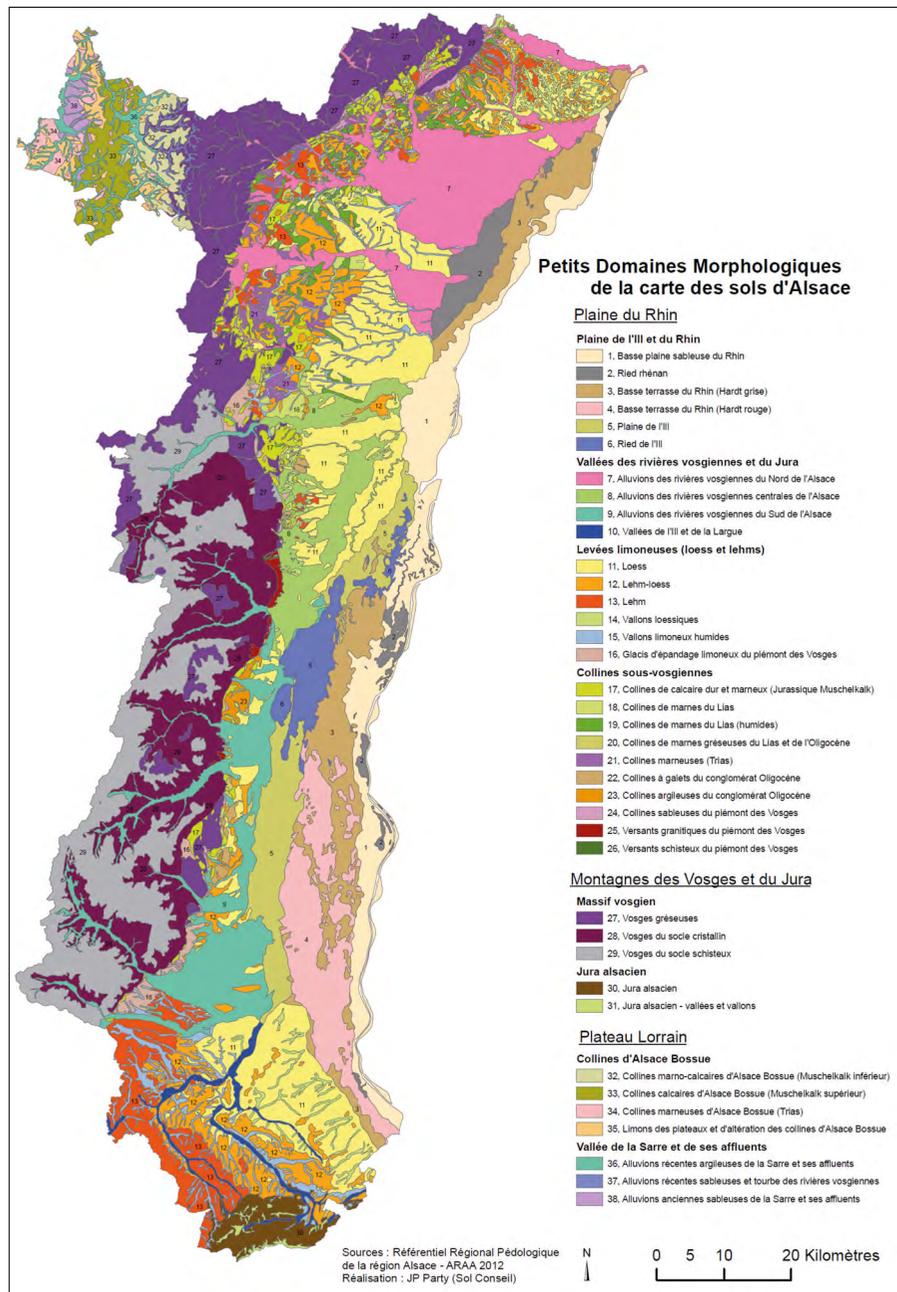


Fig. 10. Petits domaines morphologiques d'Alsace (figure in : Référentiel régional pédologique de la région Alsace Echelle 1/250 000. Notice simplifiée. Décembre 2012, fig 5 p. 10).

6. Ce sont des observations qui résultent notamment des opérations de terrain, prospections et fouilles (information A. Nüsslein).

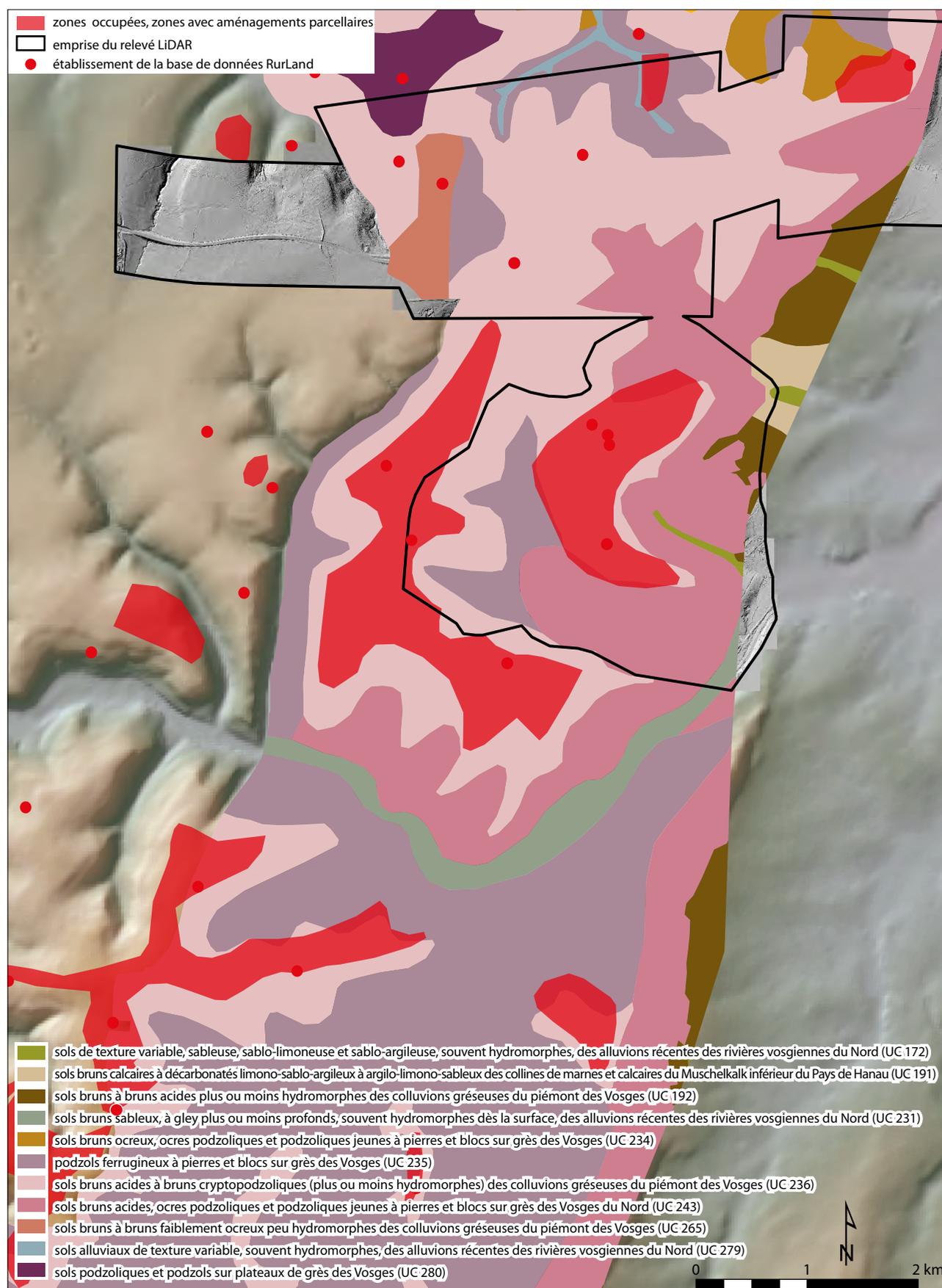


Fig. 11. Aperçu des différents types de sols relevés sur la zone du Piémont vosgien (C. Fruchart 2017, d'après les données archéologiques de N. Meyer et A. Nüsslein, les données topographiques RGE ALTI 5M IGN * 2017, et les données pédologiques de la Base régionale de données sur les sols d'Alsace à l'échelle 1/100 000, ARAA – INRA 2006).

ZONE DOCUMENTÉE PAR LiDAR

Remarques générales

La zone couverte par LiDAR (fig. 12, zone détournée en noir) se situe à l'ouest et au nord de Saverne, dans le voisinage de l'*oppidum* du Fossé des Pandours et, un peu plus au nord, vers l'*oppidum* de la Heidenstadt. En raison d'une couverture importante de résineux et d'un relief accidenté, en raison également des nombreux chemins qui traversent aujourd'hui cette zone et, enfin, à cause des perturbations microtopographiques consécutives à la tempête Lothar qui a touché ce massif en 1999, certaines parties de la zone couverte par LiDAR sont difficiles à exploiter pour la recherche de structures archéologiques (fig. 13, surfaces en gris dans la zone du relevé). Dans l'ensemble cependant, la qualité du relevé suffit pour détecter les différents aménagements observables à la surface des sols forestiers : aménagements parcellaires (fig. 14, en rouge), structures liées aux *oppida* (fig. 14, fortifications, en brun), anciens chemins (en violet), carrières (en bleu), ouvrages militaires modernes (non représenté sur la fig. 14).

Après analyse du LiDAR, la distribution des linéaments parcellaires (fig. 15, en noir) apparaît inégale. Ils sont abondants dans la partie ouest de la zone relevée, et occupent une grande partie de l'*oppidum* du Fossé des Pandours. En revanche, ils sont rares dans la partie centre-nord de la zone LiDAR, et sont totalement absents à l'est. L'absence d'aménagements peut s'expliquer en partie par le relief qui est un facteur limitant : les zones de forte pente sont fréquentes et étendues (fig. 15, zones en rouge).

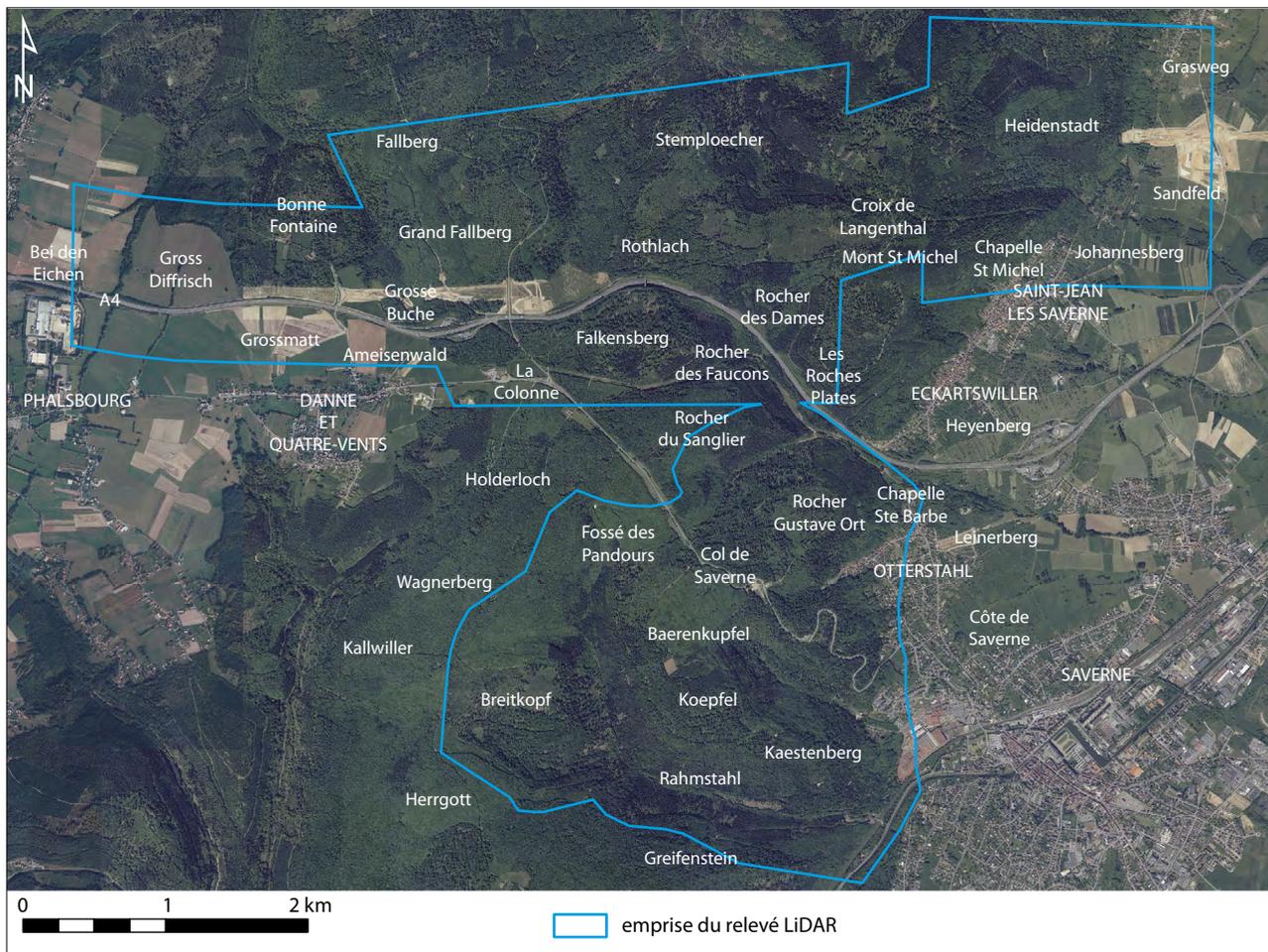


Fig. 12. Aperçu photographique de la zone documentée par LiDAR (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après BD ORTHO IGN[®] 2014).

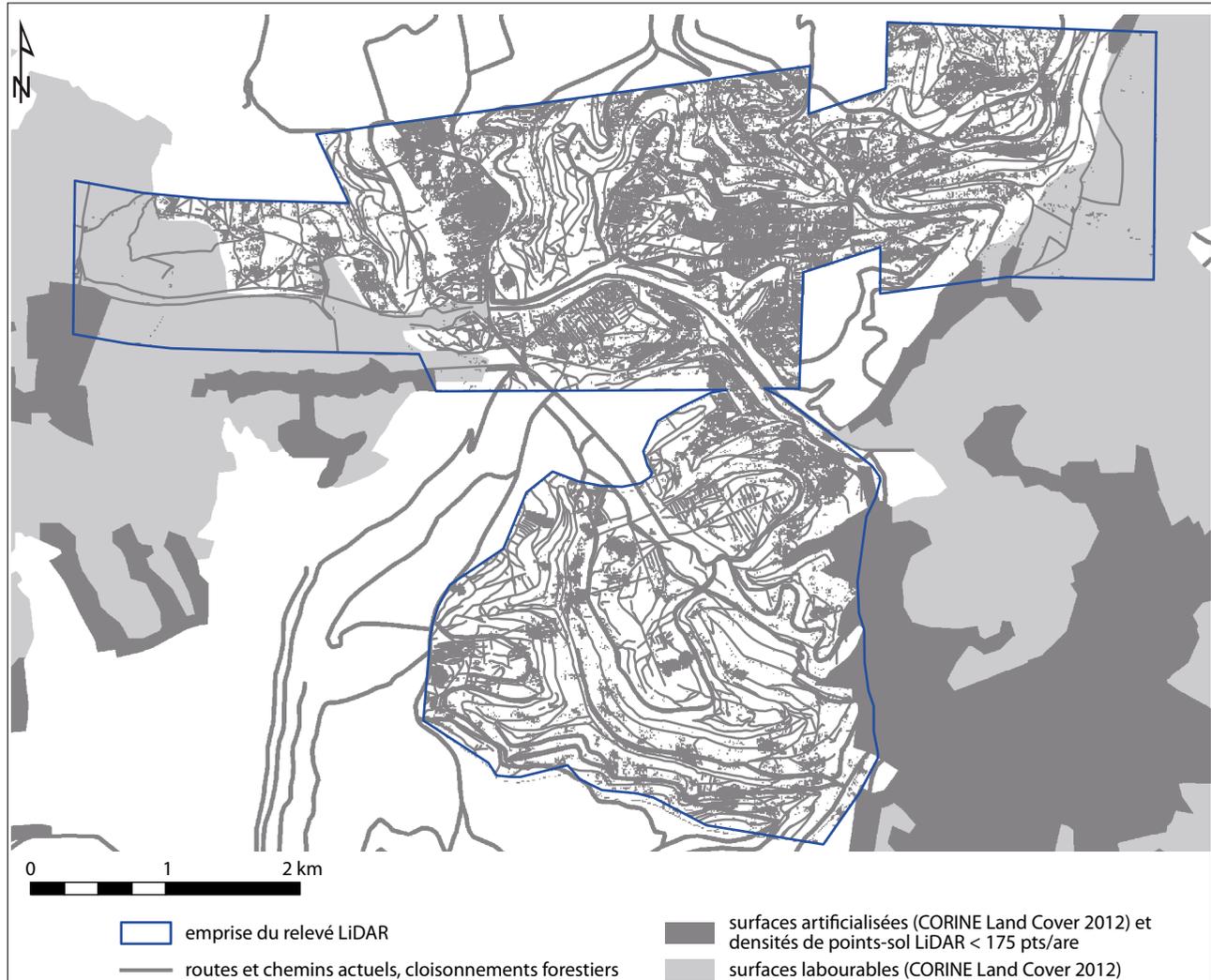


Fig. 13. Localisation des zones où divers facteurs peuvent empêcher le relevé ou la conservation de l'information microtopographique à la surface du sol (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données LiDAR du Fossé des Pandours, Conseil Départemental du Bas-Rhin – Archéologie Alsace et LGV Est, Réseau Ferré de France 2007-2008, et les données cartographiques BD CARTO IGN * et CORINE Land Cover 2012 © UE - SOeS).

Cependant, notamment vers l'*oppidum* de la Heidenstadt (fig. 15, zones en bleu et en jaune), l'absence de structures ne peut être attribuée à la déclivité, à des perturbations ou à une destruction de l'information archéologique à la surface du sol. La géologie ne le justifie pas non plus : nous sommes sur un même niveau du Trias moyen t2a-b. Enfin, dans la petite partie documentée du point de vue pédologique, le constat est le même : la nature des sols est identique au nord-est de la zone d'étude et dans les secteurs avec du parcellaire (fig. 16). Les raisons de cette distribution inégale restent donc encore à déterminer.

On constate aussi une dissymétrie planimétrique pour le réseau routier ancien : la densité de voies apparaît plus importante dans le secteur de l'*oppidum* du Fossé des Pandours que dans le voisinage de l'*oppidum* de la Heidenstadt (fig. 17 et 18).

Une communication viaire ancienne a pu exister entre les deux zones occupées par les *oppida* du Fossé des Pandours et de la Heidenstadt, sans qu'on puisse cependant la dater : on identifie des axes de circulation (fig. 18, pointillés jaunes) suffisamment fréquentés pour avoir causé la formation de larges faisceaux de chemins (fig. 18, chemins en rose). L'axe se dessinant sur le

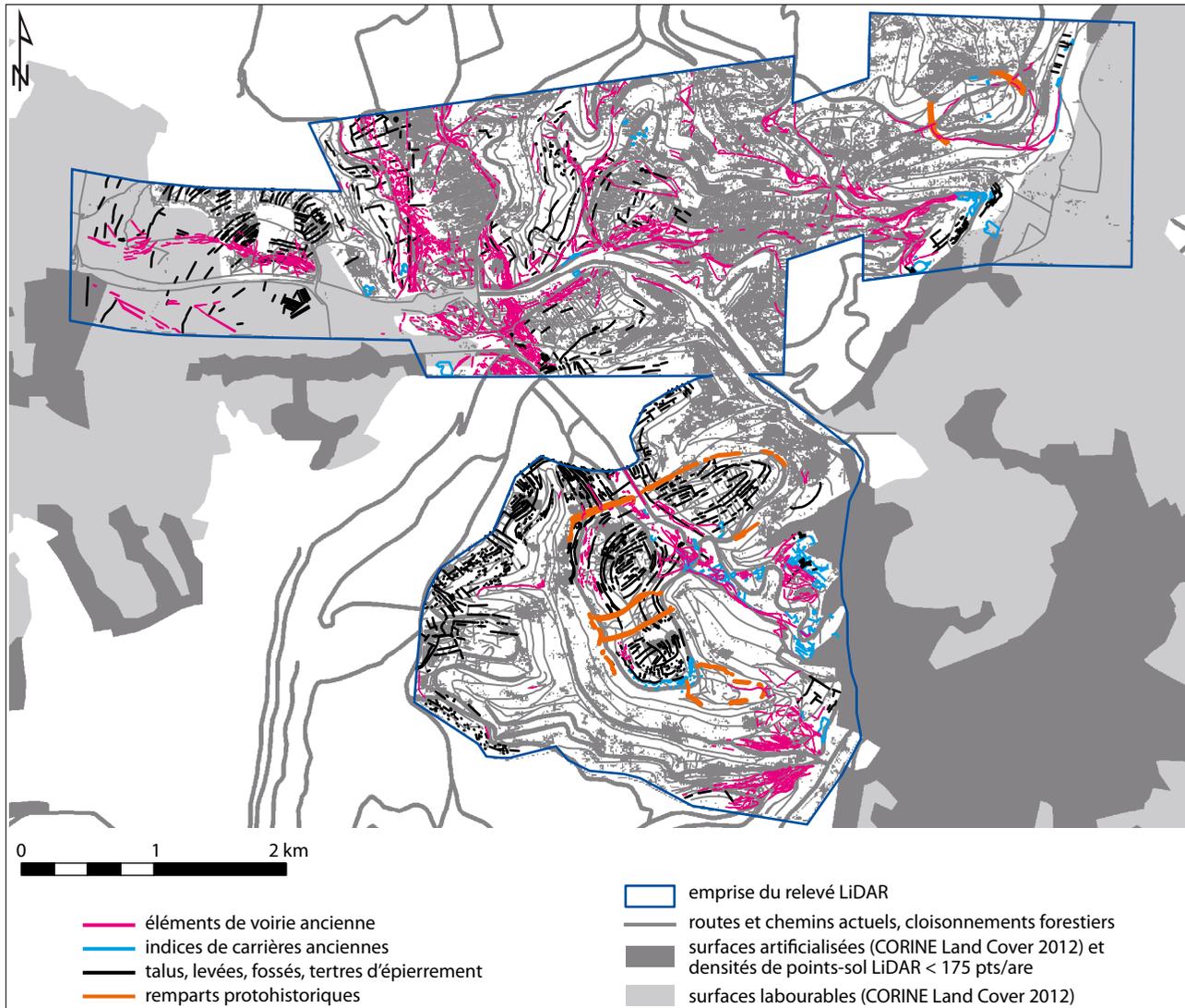


Fig. 14. Localisation des entités détectées à partir des données LiDAR, en superposition avec la carte des zones où divers facteurs peuvent empêcher le relevé ou la conservation de l'information microtopographique à la surface du sol (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données LiDAR du Fossé des Pandours, Conseil Départemental du Bas-Rhin – Archéologie Alsace et LGV Est, Réseau Ferré de France 2007-2008, et les données cartographiques BD CARTO IGN* et CORINE Land Cover 2012 © UE - SOeS).

plateau entre les deux *oppida*⁷ passe à proximité d'une nécropole tumulaire (considérée comme protohistorique à partir de la fouille d'une crémation sans mobilier en 1949), d'une probable zone d'occupation mérovingienne (découverte de tessons IV^e-VI^e s. au cours de prospections en 2000), et d'une zone occupée durant la période gallo-romaine ("Rothlach", zone fouillée en 2008-2009). Comme les réseaux viaires peuvent avoir une durée d'utilisation très longue, dépassant le millénaire, il n'apparaît pas incohérent de prendre en considération en même temps, au voisinage de chemins anciens, des sites ayant de forts décalages temporels : un axe de circulation pérennisé au fil des siècles peut avoir favorisé l'installation de sites à différentes périodes.

7. La présence d'un axe de communication entre les deux *oppida* ne signifie pas pour autant que cette connexion est contemporaine de ces sites. Néanmoins, le relevé LiDAR permet d'établir qu'un axe de circulation entre les deux zones a bien existé, à une ou des périodes qui restent à définir par des investigations sur le terrain.

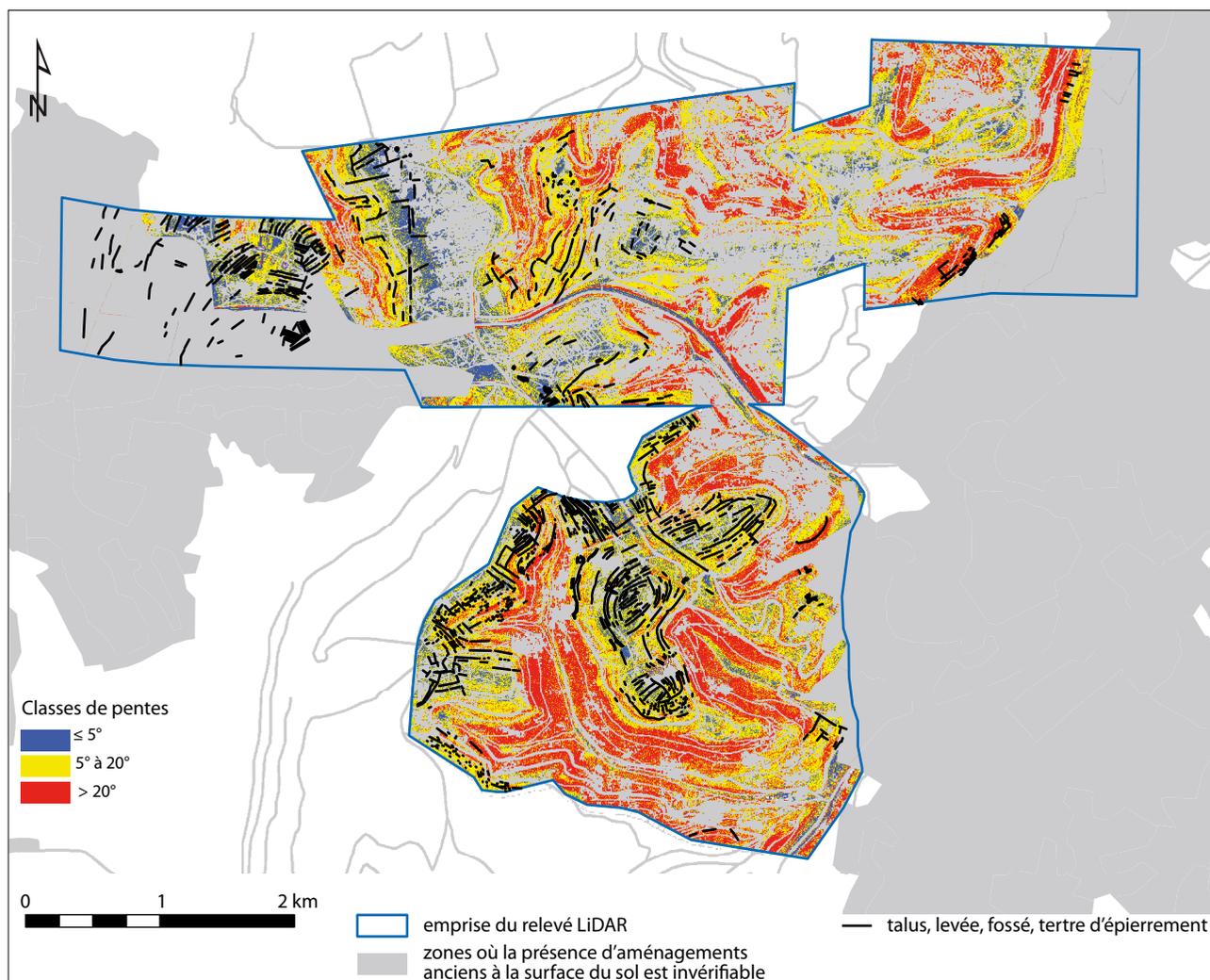


Fig. 15. Localisation des aménagements parcelaires détectés à partir des données LiDAR, en superposition avec une carte des pentes classées en trois catégories et avec la carte des zones où divers facteurs peuvent empêcher le relevé ou la conservation de l'information microtopographique à la surface du sol (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données LiDAR du Fossé des Pandours, Conseil Départemental du Bas-Rhin – Archéologie Alsace et LGV Est, Réseau Ferré de France 2007-2008, et les données cartographiques BD CARTO IGN * et CORINE Land Cover 2012 © UE - SOeS).

Au cours des prospections sur le terrain et de fouilles, plusieurs chemins anciens ont été mis en évidence⁸. Une datation gallo-romaine est parfois proposée, de façon ponctuelle. Cependant, ces observations sont rares et ne permettent pas la restitution d'un véritable réseau de chemins gallo-romains. D'autre part, le réseau de voies anciennes observé par LiDAR se retrouve très largement dans le réseau figuré sur la carte d'État-Major de 1827 (fig. 19, en bleu). Et finalement, en l'absence d'éléments permettant de dater les nombreux chemins détectés par LiDAR, et à cause de la rareté des indices collectés durant les opérations de terrain, aucune hypothèse solide sur le développement et l'évolution du réseau viaire sur la longue durée ne peut être proposée. Le réseau de voies pour la période gallo-romaine reste donc encore à établir.

8. Notamment à proximité des sites de la "Rothlach" et de "Usspann", dans l'*oppidum* du Fossé des Pandours, qui ont bénéficié d'opérations de fouille permettant d'établir leur occupation à la période gallo-romaine.

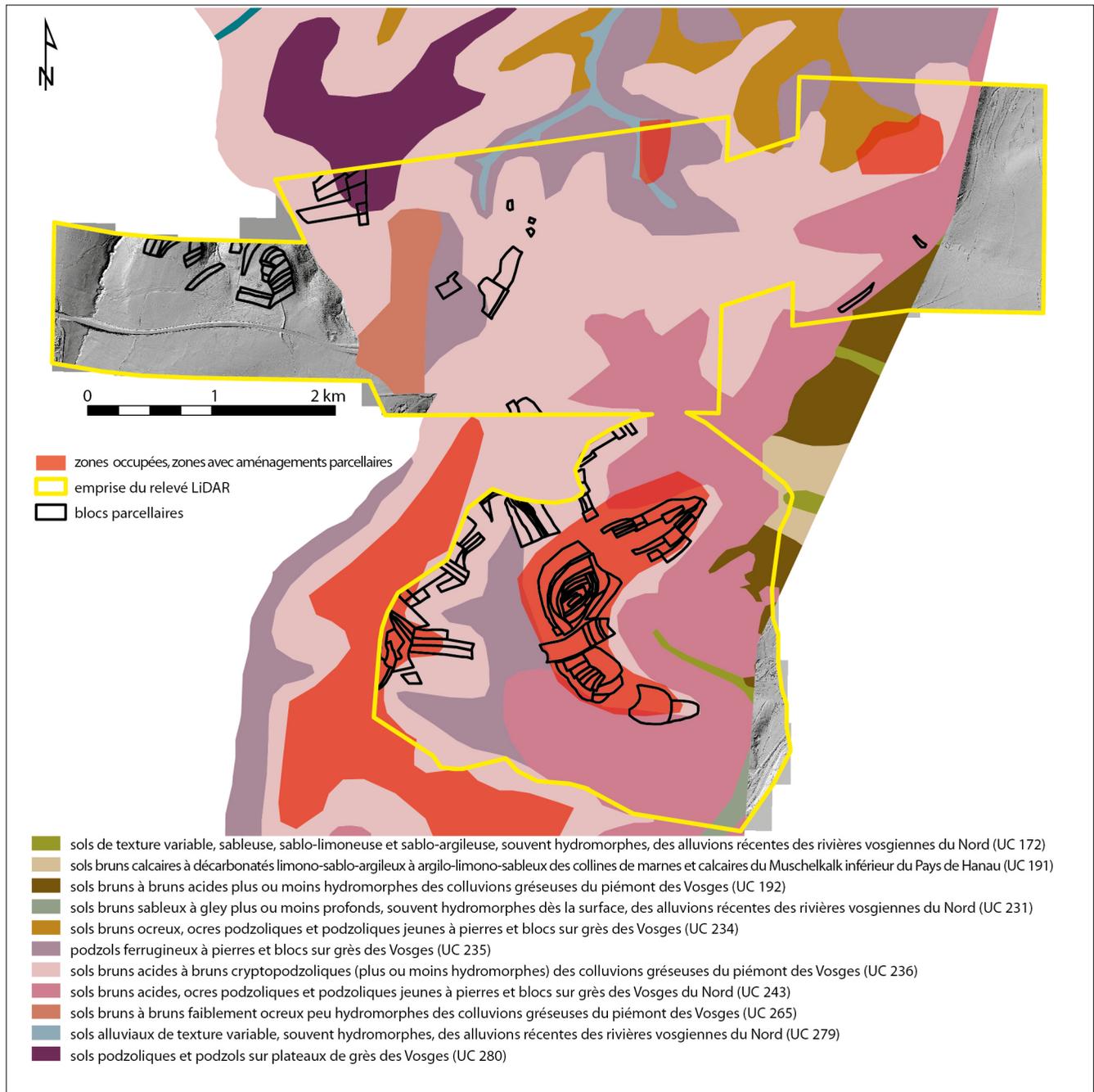


Fig. 16. Aperçu des différents types de sols relevés sur la zone du relevé LiDAR (C. Fruchart 2017, d'après les données LiDAR du Fossé des Pandours, Conseil Départemental du Bas-Rhin – Archéologie Alsace et LGV Est, Réseau Ferré de France 2007-2008, et les données pédologiques de la Base régionale de données sur les sols d'Alsace à l'échelle 1/100 000, ARAA – INRA 2006).

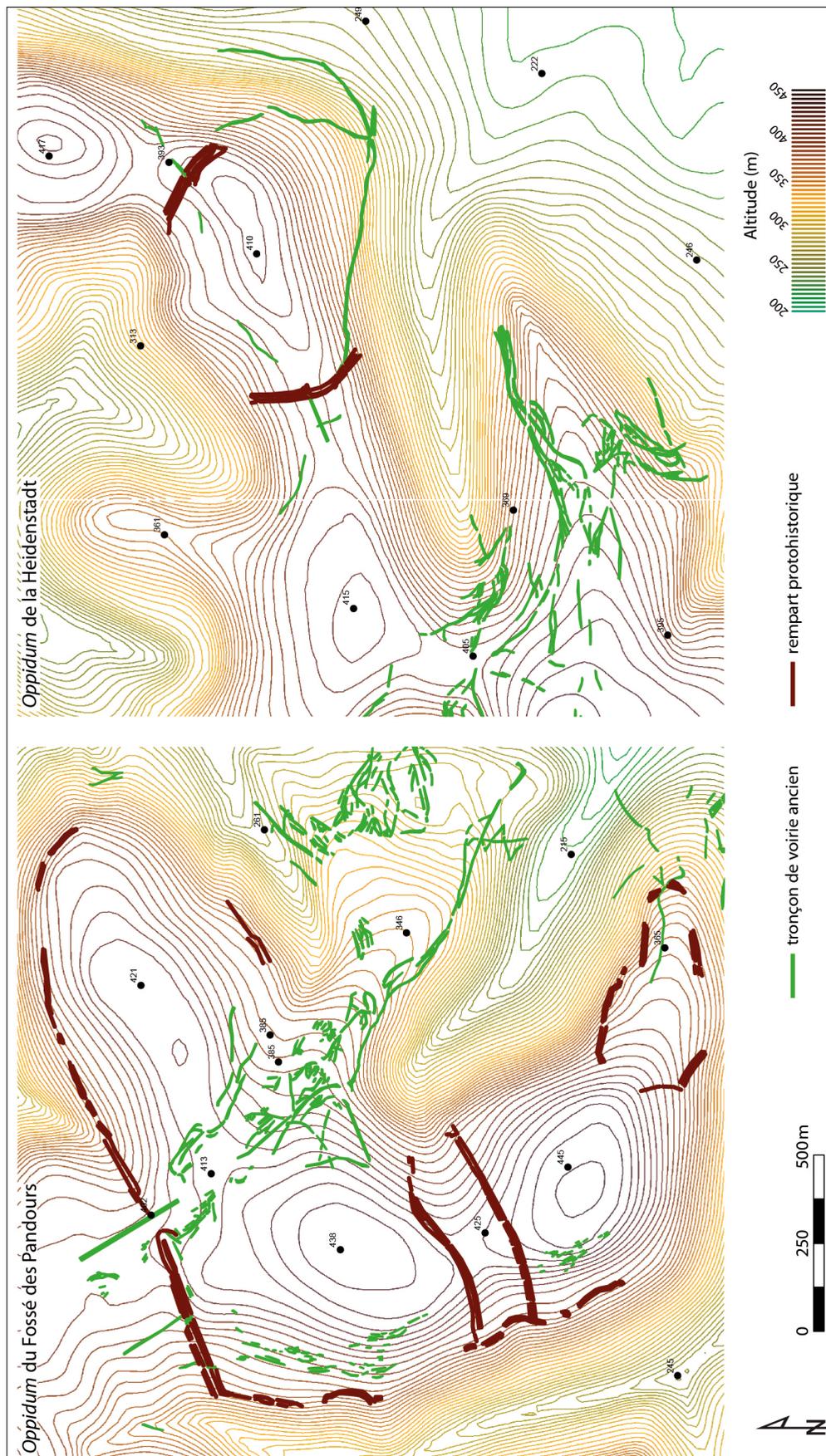


Fig. 17. Comparaison du réseau de voies dans la partie occidentale de la zone de relevé LiDAR (oppidum du Fossé des Pandours) et dans la partie orientale (oppidum de la Heidenstadt) (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données LiDAR du Fossé des Pandours, Conseil Départemental du Bas-Rhin – Archéologie Alsace et LGV Est, Réseau Ferré de France 2007-2008).

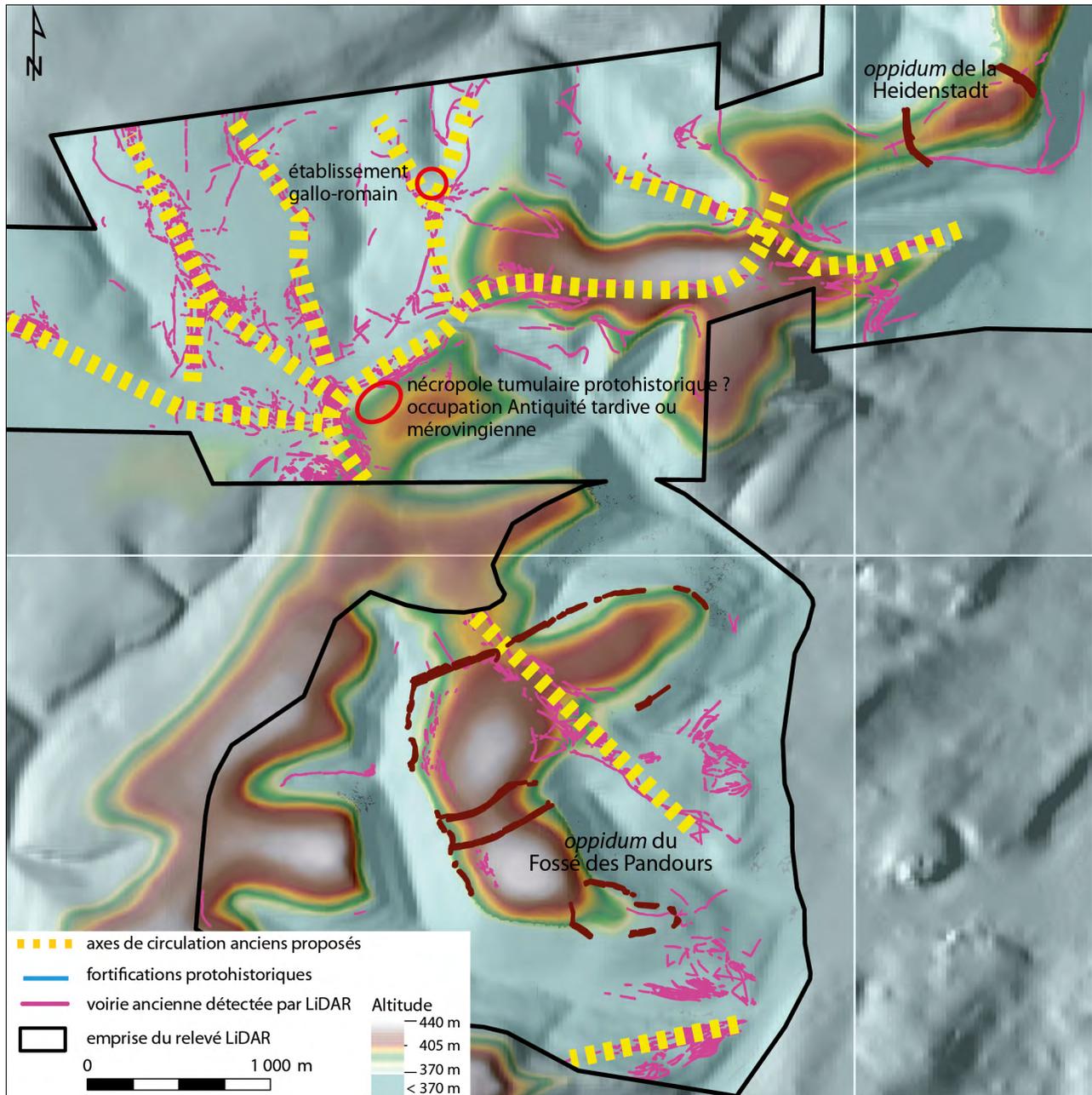


Fig. 18 Axes de circulation probables ou possibles relevés à partir des données LiDAR (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données LiDAR du Fosse des Pandours, Conseil Départemental du Bas-Rhin – Archéologie Alsace et LGV Est, Réseau Ferré de France 2007-2008, et les données topographiques RGE ALTI 5M IGN * 2017).

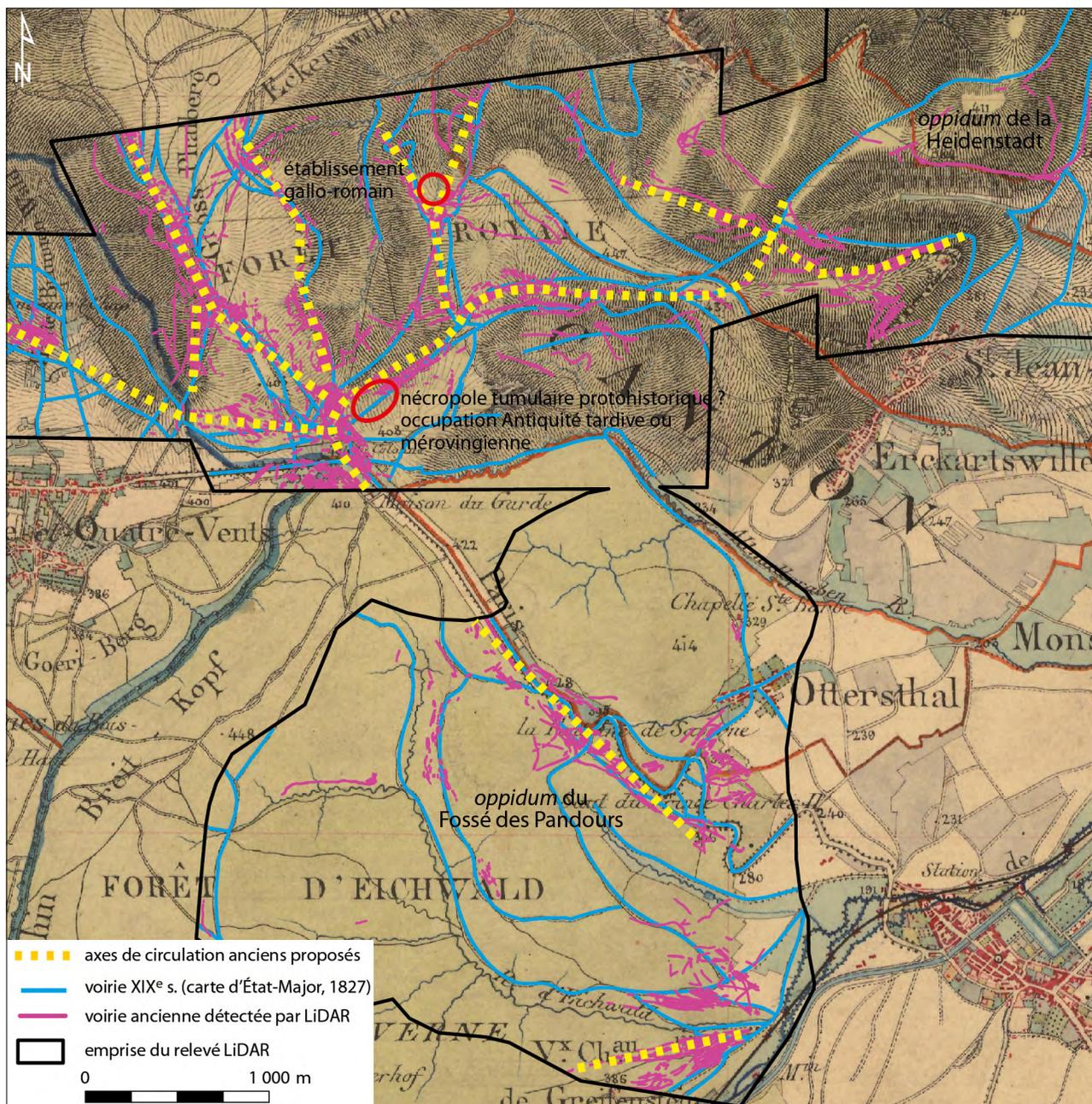


Fig. 19. Comparaison des axes de circulation relevés à partir des données LiDAR avec le réseau viaire figuré sur la carte d'État-Major de 1827 (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données de la carte d'État-Major à 1/40 000, Feuille de Saverne SO, 1827).

Oppidum du Fossé des Pandours

L'oppidum du Fossé des Pandours (fig. 20) a une surface voisine de 170 ha. Il occupe un plateau montagneux et sa forme générale évoque celle d'un croissant qui s'étend sur environ 1 800 m de longueur, d'ouest en est et du nord au sud. Au nord, l'oppidum est limité par un imposant rempart composé d'un léger fossé peu profond précédant un talus très escarpé haut d'une dizaine de mètres (coupe [C, D]), auquel succède une contrepente de déclivité modérée s'étendant sur une quinzaine de mètres. Observé d'ouest en est, le rempart nord s'interrompt sur une longueur de près de 150 m, sensiblement au tiers de son tracé depuis l'ouest, dans le creux du col de Saverne, à l'emplacement où passe aujourd'hui une route départementale, dont le tracé reprend celui d'une route antérieure moderne, aisément localisable à cet endroit sur des plans géométriques du XVIII^e siècle. La morphologie du rempart (fig. 21) semble montrer que cette ouverture est déjà préfigurée dans la fortification protohistorique, suivant une géométrie symétrique, observable dans la structure à large distance de la route actuelle, sensiblement au-delà de la zone ayant fait l'objet de travaux de terrassement aux époques modernes et contemporaines, pour l'installation de la route encore en usage aujourd'hui, et des aménagements dans son voisinage⁹. L'ouverture, qui a certainement été remaniée depuis la mise en place du rempart, ne résulte pas, probablement, d'une destruction moderne du talus monumental. Celui-ci s'amenuise symétriquement de chaque côté sur une longueur de plus de 80 m, bien avant l'ouverture observable aujourd'hui. La fortification protohistorique présente une forme effilée bien régulière, sans trace extérieure de remaniement ou de recouplement. L'ensemble (ouverture + fortification de forme effilée) dépasse nettement, en largeur, l'emprise de la zone remaniée pour le passage de la route moderne. Enfin, la limite de l'axe routier moderne est matérialisée par des fossés bordiers bien visibles sur le relevé LiDAR, dont on détecte les nettes entailles ponctuellement incisées dans le talus du rempart pour leur aménagement. Cet ensemble d'observations permet de faire l'hypothèse qu'un axe de circulation passait déjà par cette ouverture à l'âge du Fer. Cependant, le

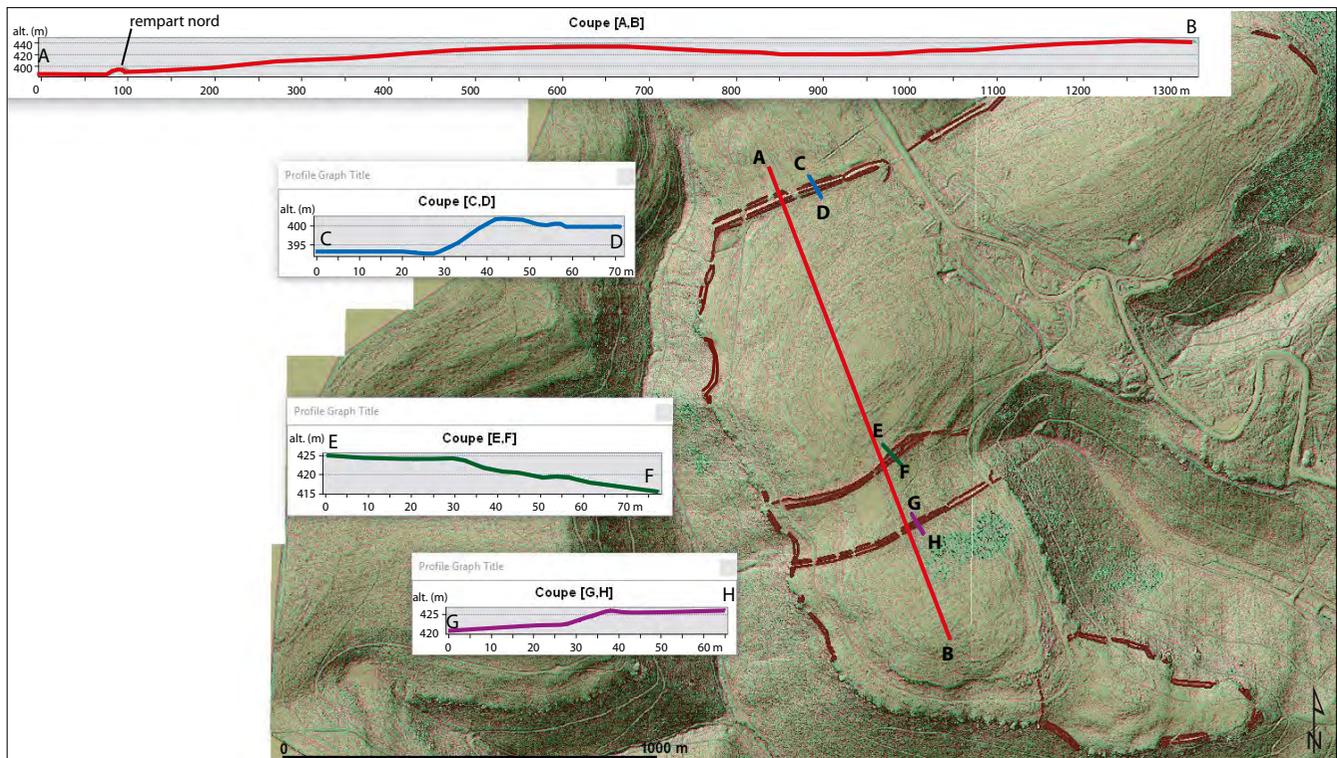


Fig. 20. Aperçu des fortifications associées à l'oppidum du Fossé des Pandours. Vues en profil de l'oppidum (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données LiDAR du Fossé des Pandours, Conseil Départemental du Bas-Rhin – Archéologie Alsace et LGV Est, Réseau Ferré de France 2007-2008).

9. Les travaux liés à l'aménagement de la route royale à l'époque moderne ont porté sur le défrichement d'une zone de 30 toises de part et d'autre de la chaussée (120 m). Postérieurement à ces travaux modernes, à l'ouest la route et à l'extérieur de l'oppidum, la largeur des 30 toises a été remblayée pour rattraper le dénivelé naturel, afin d'aménager des champs presque plats.

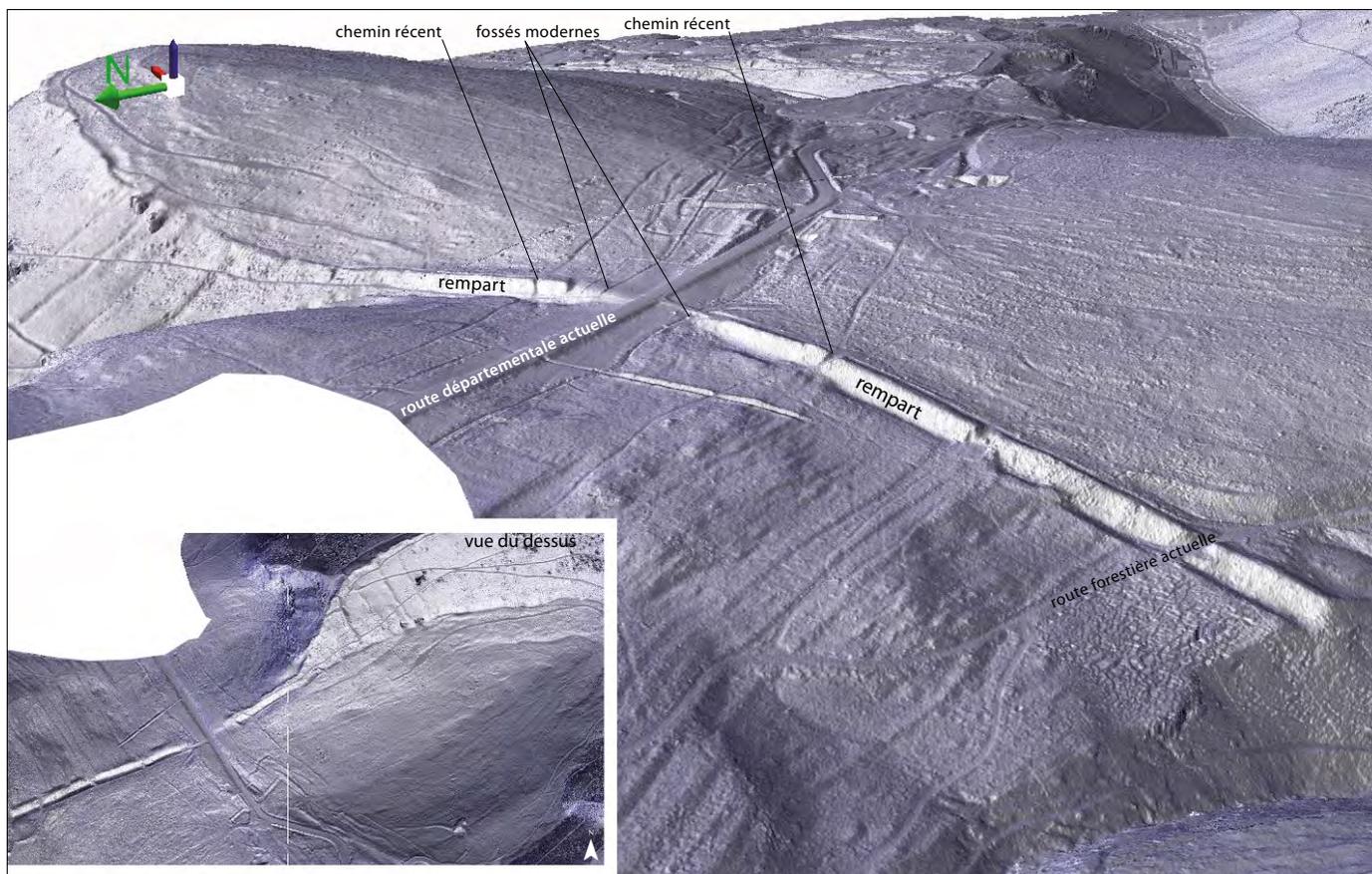


Fig. 21. Aperçu 2.5 D du rempart nord de l'oppidum du Fossé des Pandours (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données LiDAR du Fossé des Pandours, Conseil Départemental du Bas-Rhin – Archéologie Alsace et LGV Est, Réseau Ferré de France 2007-2008).



Fig. 22. Aperçu 2.5 D de la partie ouest (zones 1 à 3) de l'oppidum du Fossé des Pandours (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données LiDAR du Fossé des Pandours, Conseil Départemental du Bas-Rhin – Archéologie Alsace et LGV Est, Réseau Ferré de France 2007-2008).

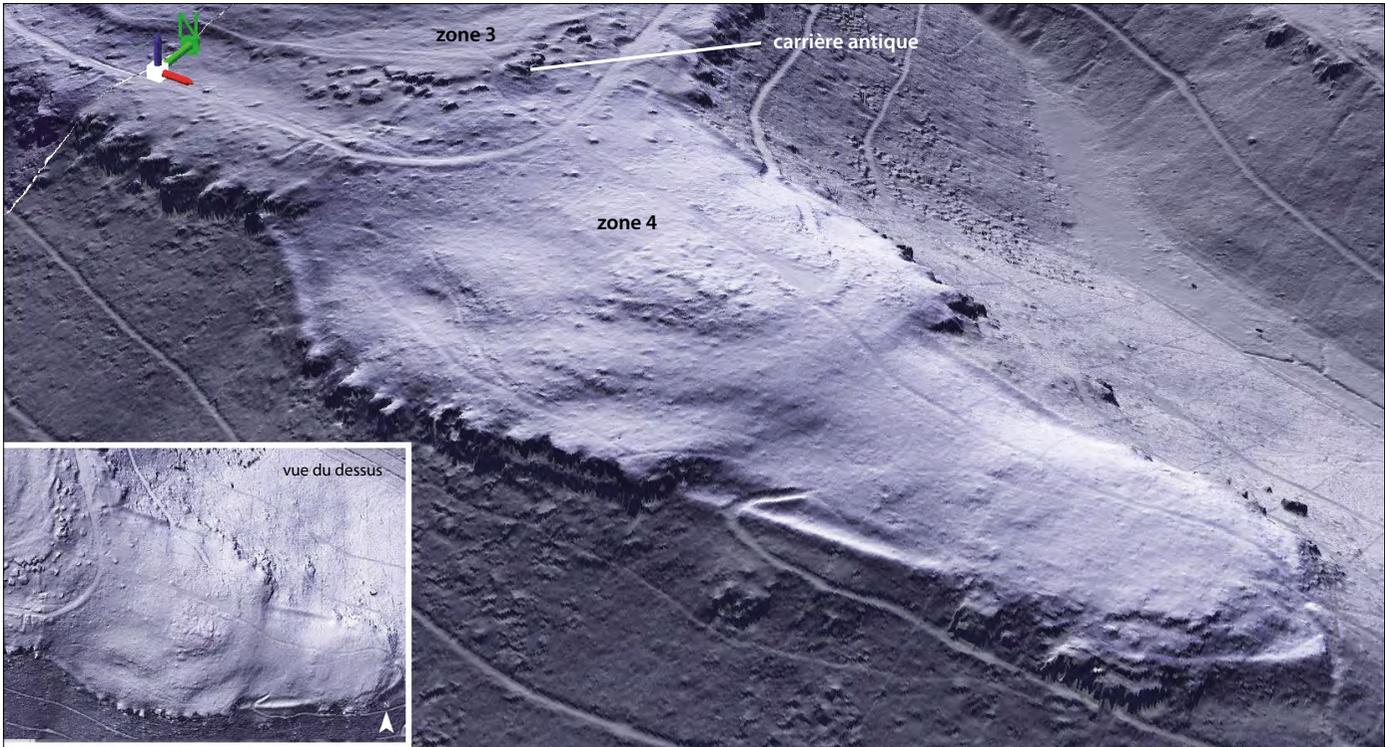


Fig. 23. Aperçu 2.5 D de la partie sud (zone 4) de l'oppidum du Fossé des Pandours (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données LiDAR du Fossé des Pandours, Conseil Départemental du Bas-Rhin – Archéologie Alsace et LGV Est, Réseau Ferré de France 2007-2008).

ou les tracés exacts de la ou des voies protohistoriques, gallo-romaines et médiévales, qui ont précédé le tracé moderne, restent inconnus. Nous pouvons situer ces voies dans la zone où le rempart s'interrompt, sans pour autant savoir à quel endroit exact elles passaient.

L'oppidum est divisé en 4 zones de tailles inégales. Au nord, la zone 1 (fig. 19), la plus vaste, occupe environ 100 ha (1 800 m d'est en ouest sur une largeur maximale de 750 m, vers l'ouest). Elle inclut deux sommets entre lesquels passe le col de Saverne, à environ 400 m d'altitude. Le *Barbarakopf*, à l'est, culmine à 421 m et le *Baerenkupfel*, à l'ouest, culmine à 438 m. Un rempart secondaire (fig. 20, profil [E, F] et fig. 22) traverse le plateau d'ouest en est, en suivant un axe sensiblement parallèle à celui du rempart nord. Il sépare la zone 1 de la zone 2. Cette dernière, d'environ 10 ha, occupe une bande de terrain longue de 550 m et large de 150 à 180 m, à l'endroit d'une légère dépression du plateau (altitude 420 m). Le sud de la zone 2 est délimité par un autre rempart, presque parallèle au précédent (fig. 20, profil [G, H]) et traversant lui aussi tout le plateau. Plus au sud encore, la zone 3 (30 ha, 650 m x 500 m) englobe le *Koepfel*, sommet le plus élevé de l'oppidum (445 m).

L'extrémité méridionale de l'oppidum (fig. 23, zone 4) occupe la partie la plus basse du plateau, à 350-400 m d'altitude. Cet espace enclos d'environ 12 ha (550 m de longueur sur 300 m de largeur maximale) est partiellement séparé de la zone 3 par deux levées barrant la pente à l'ouest et à l'est, entre le bord du plateau et un escarpement naturel où des affleurements rocheux en grès ont été exploités pour la confection de pierres de taille dès la période romaine (carrière attribuée à la VIII^e Légion). La zone 4 comprend deux espaces naturellement étagés relativement plans. A la différence des zones 1 à 3, la zone 4 ne révèle aucune trace d'aménagement du sol (terrasses, pierriers, etc.). Elle est pourtant située sur un emplacement qui semble privilégié : cette zone est protégée à l'ouest et au nord par les sommets du *Koepfel* (445 m) et du *Barbarakopf* (421 m) qui la dominent, et elle bénéficie d'une exposition favorable, au sud et à l'est. Cette configuration pourrait avoir été attractive pour l'installation d'une zone d'habitat ou, si on considère un cadre simplement agropastoral, pour le parcage de bétail. Cette zone apparaît mieux protégée des intempéries, et c'est aussi l'emplacement le moins éloigné de la plaine, située à environ 200 m plus bas en altitude, au pied du versant oriental du massif montagneux.

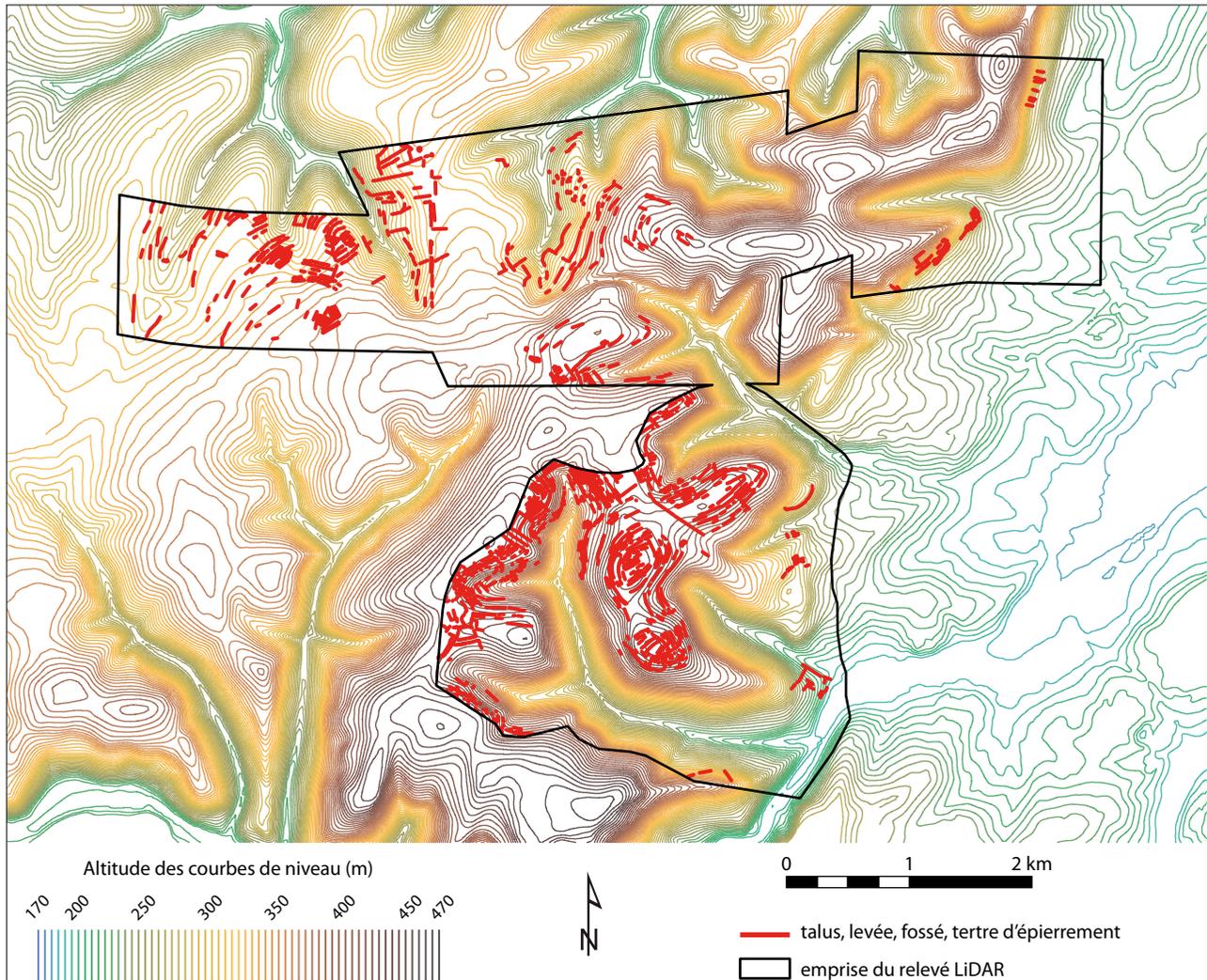


Fig. 24. Localisation des structures assimilables à des aménagements parcelaires (talus, levées, terres d'épierrements) et des fossés détectés à partir du relevé LiDAR (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données LiDAR du Fossé des Pandours, Conseil Départemental du Bas-Rhin – Archéologie Alsace et LGV Est, Réseau Ferré de France 2007-2008).

Les structures assimilables à des aménagements à vocation agropastorale (levées, talus, épierrements) sont représentés sous forme de linéaments rouges sur les figures 24 et 25. Ces linéaments ont été assemblés en blocs. Ils totalisent une surface très limitée, moins de 200 ha, ce qui correspond à peu près au ratio observé par ailleurs sur l'ensemble de la zone d'étude : un taux de couverture parcelaire de l'ordre de 10 %.

Pour illustrer les limites de mises en relation possibles entre les structures relevées sur le terrain et celles détectées à partir des données LiDAR, le plan des blocs obtenu à partir du LiDAR a été superposé et comparé à un plan établi à partir des données de terrain (fig. 26). La zone test se situe au nord-ouest de la zone LiDAR, dans le secteur d'Eckartswiller (fig. 27). Malheureusement, le relevé LiDAR couvre seulement une partie de la zone ayant bénéficié d'un relevé de terrain.

On constate que les structures identifiées sur le terrain se retrouvent presque toutes sur le relevé LiDAR (fig. 26, linéaments en noir), à l'exception des bâtiments (en rouge sur les figures 26 et 27) qui n'ont pas laissé de traces microtopographiques suffisantes à la surface du sol pour permettre leur télédétection. La mise en évidence des fonctions associées – cultuelle, funéraire ou habitat - est évidemment aussi impossible à partir des données LiDAR, et ne peut être obtenue que grâce à des investigations sur le terrain. En ce qui concerne les structures linéaires, le relevé LiDAR s'avère sensiblement plus complet, ce

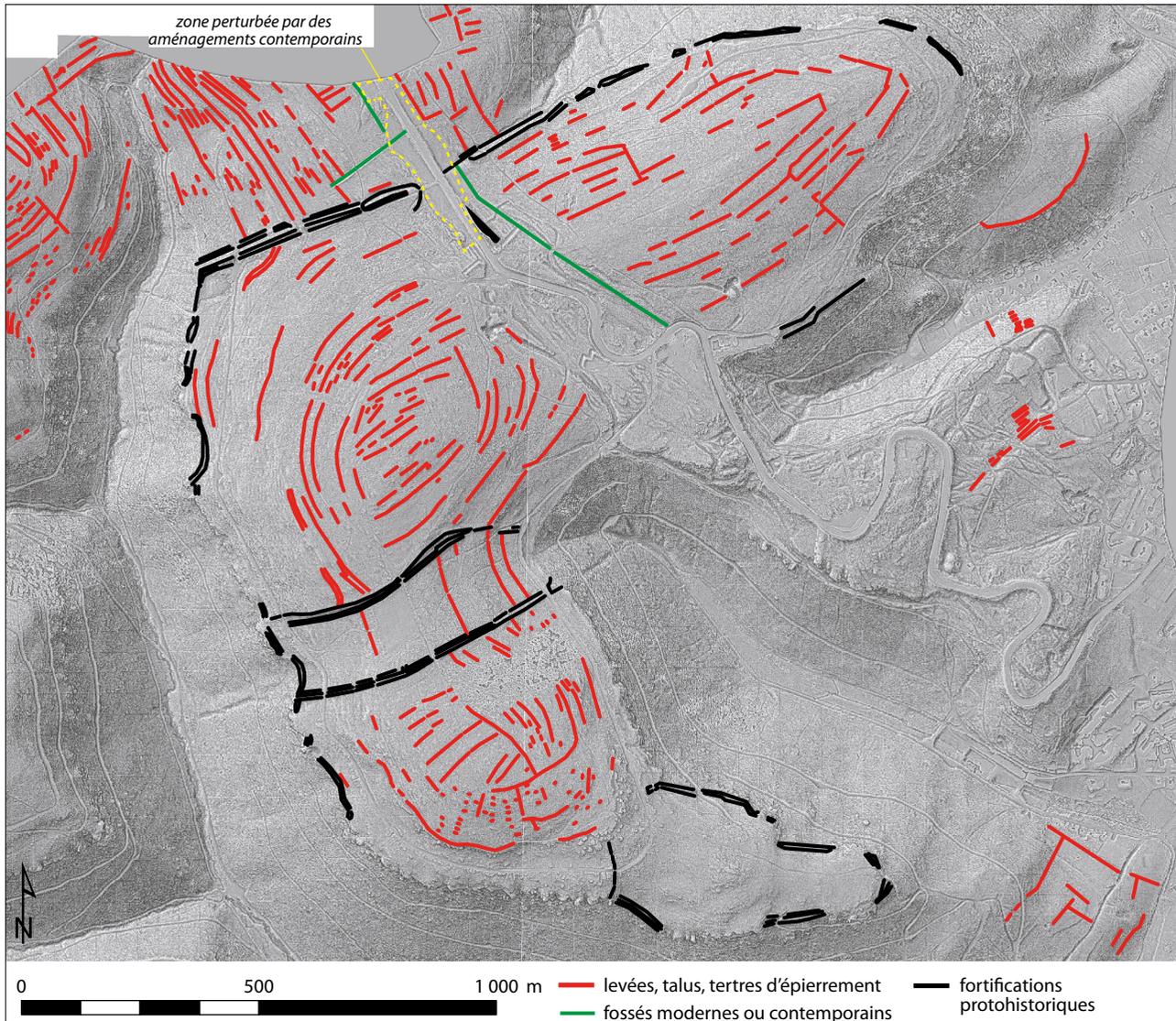


Fig. 25. Vue d'ensemble des remparts de l'*oppidum* des Pandours et des aménagements agropastoraux détectés dans la même zone (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données LiDAR du Fossé des Pandours, Conseil Départemental du Bas-Rhin – Archéologie Alsace et LGV Est, Réseau Ferré de France 2007-2008).

qui permet au final de proposer une restitution d'unités surfaciques (fig. 26, blocs en violet). Le relevé de terrain se révèle en revanche insuffisant pour cela : les microreliefs relevés sont trop lacunaires pour pouvoir proposer des assemblages en unités surfaciques.

Globalement, au terme de l'analyse des données LiDAR, la nature des structures détectées reste à définir précisément : en l'absence de fouilles, on ne peut décider si ce sont des terrasses construites ou des rideaux de culture, et si ces structures ont une fonction agropastorale ou éventuellement, une autre destination (terrasses supportant de l'habitat, par exemple). Les relevés restent à interpréter en combinant leurs résultats à des informations collectées sur le terrain (analyses physico-chimiques des sols, nouvelles prospections ou fouilles). La géométrie régulière et les ruptures de pentes bien nettes des structures situées à l'intérieur de l'*oppidum* du Fossé des Pandours évoquent volontiers des terrasses (fig. 28). Des séries de linéaments situées au nord de l'*oppidum*, à l'extérieur du rempart (fig. 29), semblent moins régulières et pourraient plutôt correspondre à des rideaux de culture. La datation de ces aménagements reste également à déterminer. Outre l'*oppidum* protohistorique, le col de Saverne et ses alentours ont été occupés à l'époque gallo-romaine, suivant une extension encore imprécise et, à l'époque médiévale, deux villages aujourd'hui disparus (Kaltwiller et Koenigshoffen) se sont développés au nord-ouest de l'*oppidum*,

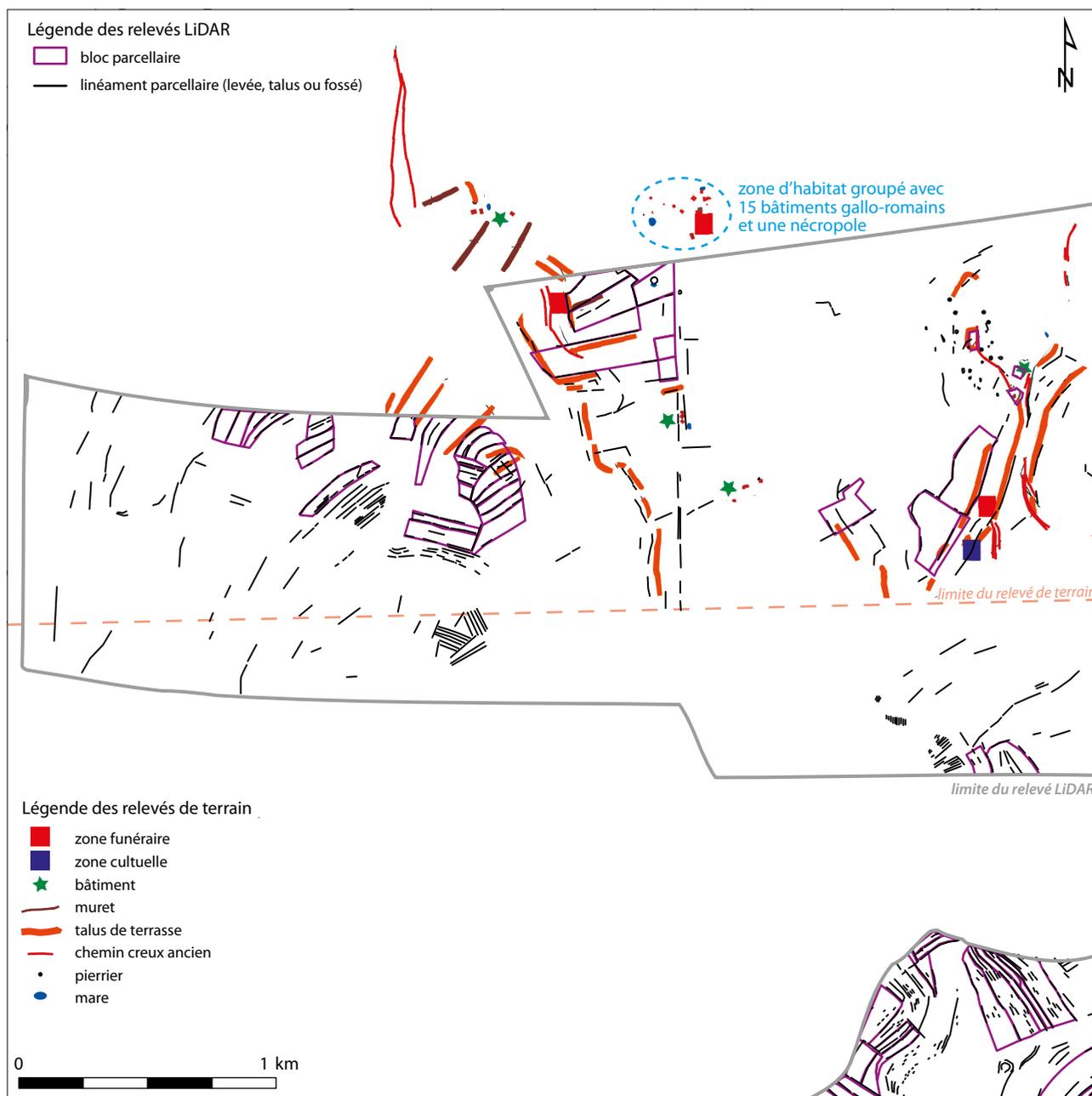


Fig. 26. Comparaison du plan des structures relevées sur le terrain avec le plan des aménagements parcellaires identifiés sur le relevé LiDAR (C. Fruchart, Rurland 2017, et plan de N. Meyer 2014).

dans un espace situé à l'extérieur de la zone couverte par LiDAR. On ne peut donc déterminer précisément, à l'heure actuelle, à quels ensembles se rapportent les différents aménagements observés.

Oppidum de la Heidenstadt

Au nord-est de la zone d'étude, on constate l'absence de structures pouvant s'apparenter à des aménagements agropastoraux anciens. On n'en détecte aucune trace au voisinage de l'*oppidum* de la Heidenstadt. Cette absence n'est pas

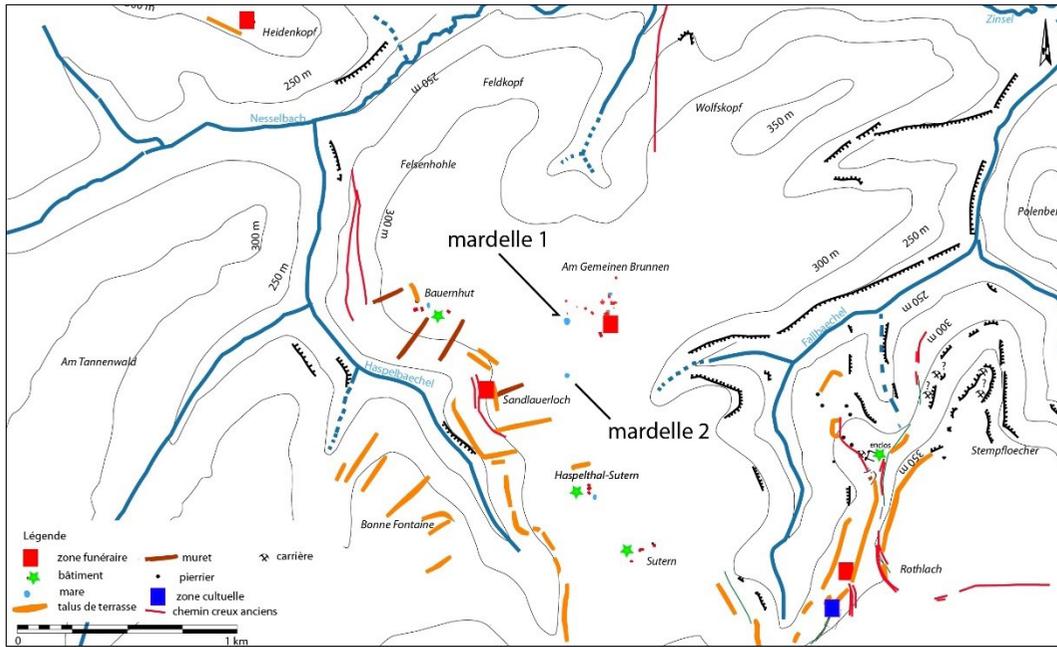


Fig. 27. Plan des structures repérées sur le terrain dans le secteur d'Eckartswiller, en forêt domaniale de Saverne (plan de N. Meyer 2014).

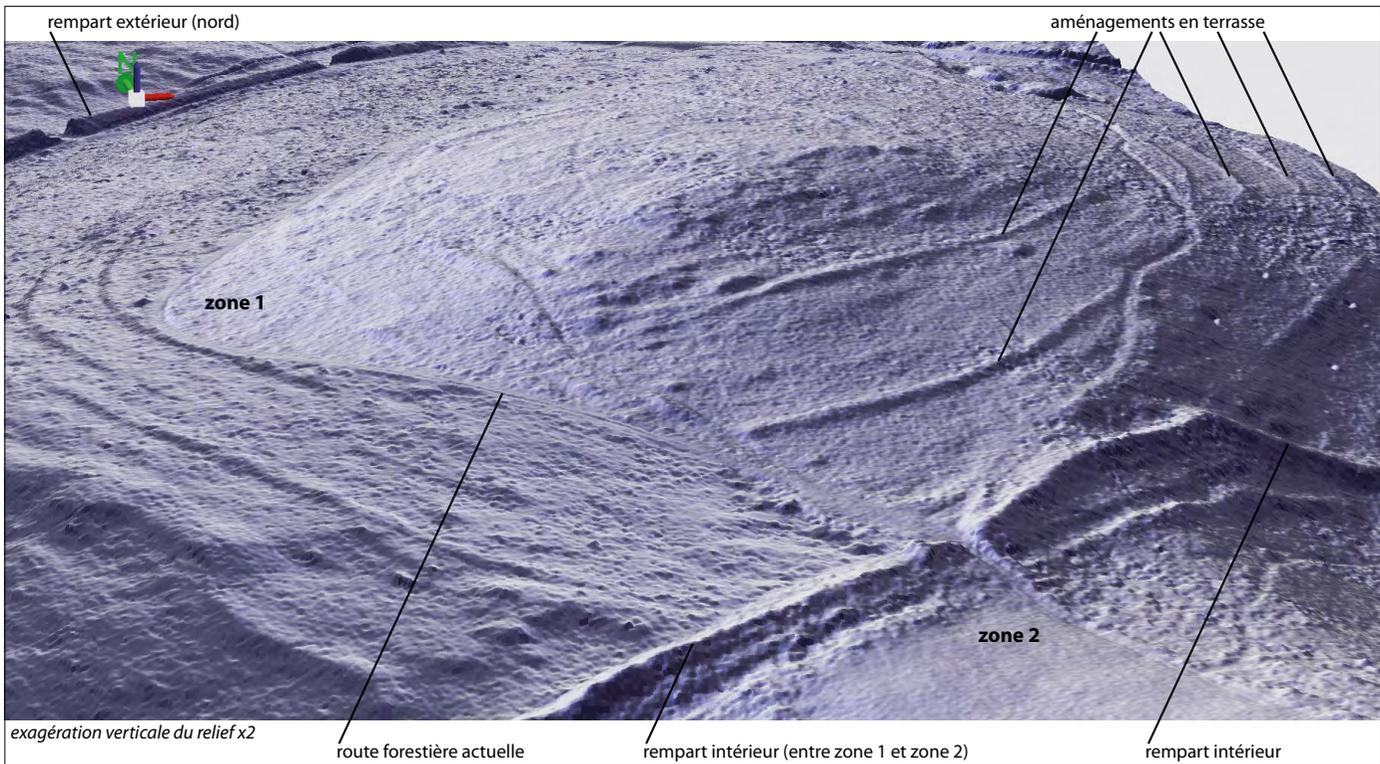


Fig. 28. Aperçu 2.5 D de la partie nord-ouest de l'oppidum du Fossé des Pandours, vers le sommet du Baerenkupfel (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données LiDAR du Fossé des Pandours, Conseil Départemental du Bas-Rhin – Archéologie Alsace et LGV Est, Réseau Ferré de France 2007-2008).

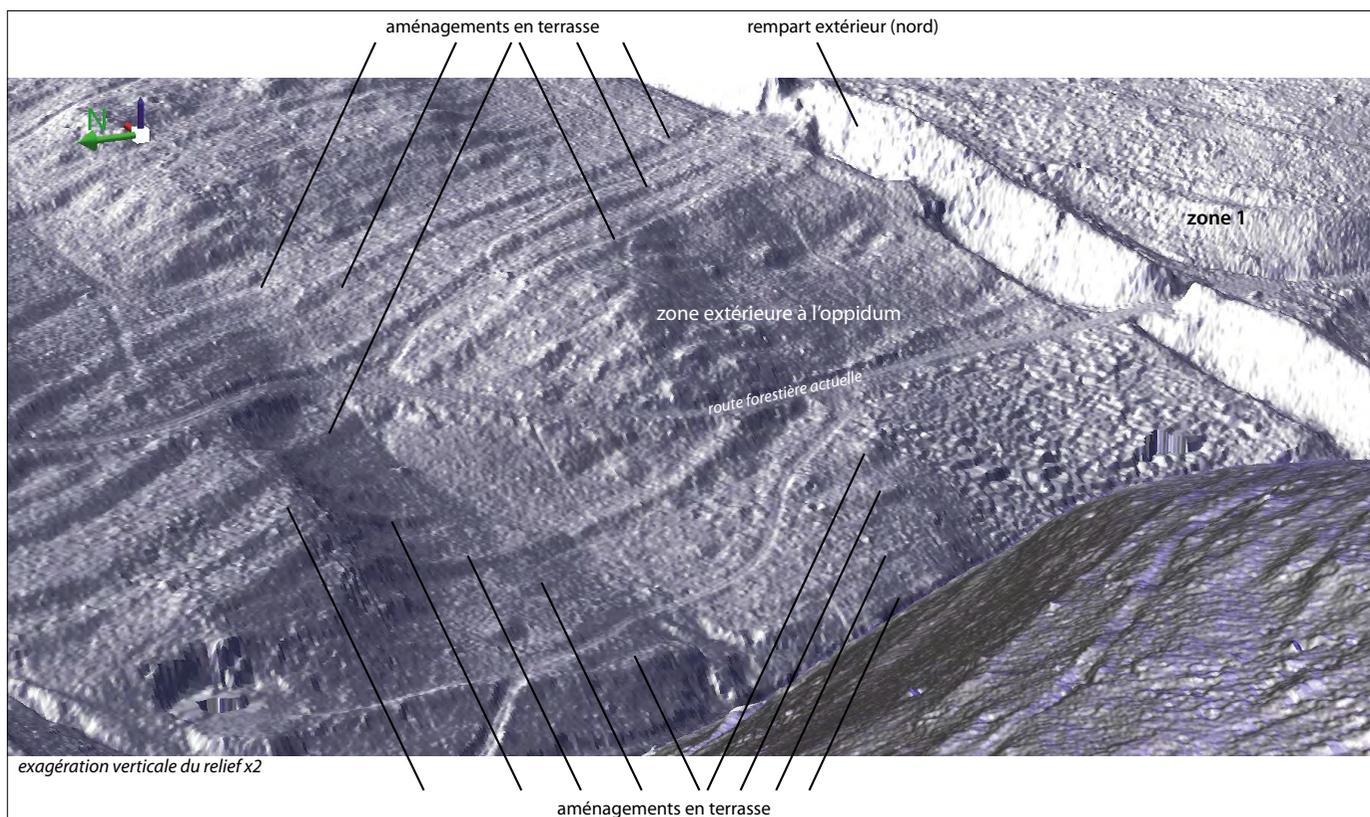


Fig. 29. Aperçu 2.5 D des aménagements en terrasse accolés au rempart nord-ouest de l'*oppidum* du Fossé des Pandours (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données LiDAR du Fossé des Pandours, Conseil Départemental du Bas-Rhin – Archéologie Alsace et LGV Est, Réseau Ferré de France 2007-2008)

explicable par des différences de sols ou de niveaux géologiques (fig. 30). Elle n'est pas justifiable non plus par des lacunes du relevé LiDAR.

À environ 3 km à vol d'oiseau au nord-est de l'*oppidum* du Fossé des Pandours, et à 5 km en cheminant sur le plateau montagneux (fig. 31), l'*oppidum* de la Heidenstadt occupe un espace de près de 30 ha délimité par deux remparts barrant un étranglement du plateau. Culminant à 410 m, il est situé entre deux sommets légèrement plus hauts (415 m à l'ouest, 417 m à l'est).

L'intérieur de l'*oppidum* de la Heidenstadt, tout comme les surfaces qui composent son voisinage, est vide de toute structure visible en surface, à l'exception de quelques probables fronts de taille en lien avec des carrières connues et exploitées à l'époque moderne. Seules quelques voies anciennes parcourent la pente au sud-est du massif montagneux, assurant une connexion entre le plateau et la plaine d'Alsace à l'est (fig. 32).

Un examen attentif des remparts de l'*oppidum* de la Heidenstadt suggère l'aménagement, dès la phase de construction, de deux entrées centrales – une dans chaque rempart (fig. 33) – aux mêmes emplacements que les accès empruntés encore aujourd'hui. En effet, une ouverture large d'une dizaine de mètres est percée dans chaque fortification, presque en son milieu pour le rempart oriental (fig. 34), et un peu décalée au nord pour le rempart occidental. Aussi bien à l'ouest qu'à l'est, cette ouverture centrale est flanquée de retours en angle bordant chaque côté du chemin sur quelques mètres vers l'intérieur de l'*oppidum*. Ces retours semblent parfaitement intégrés à la fortification protohistorique, et on peut supposer que ce sont des ouvertures édifiées à l'âge du Fer et conservées jusqu'à la période actuelle. Ainsi, sous réserve de confirmation par des investigations sur le terrain, l'axe de voirie traversant l'*oppidum* de la Heidenstadt pourrait avoir été pérennisé depuis sa mise en place.

En conclusion, et du point de vue des aménagements agropastoraux, dans l'état actuel des connaissances, on ne peut que constater les nettes différences, à partir de l'observation de la microtopographie de surface, entre l'abondance d'aménagements à l'intérieur et autour de l'*oppidum* du Fossé des Pandours, et l'absence totale de structures sur l'*oppidum* de la Heidenstadt et dans son voisinage. Il reste à mener des investigations supplémentaires, en particulier sur le terrain, pour confirmer et expliquer ces différences.

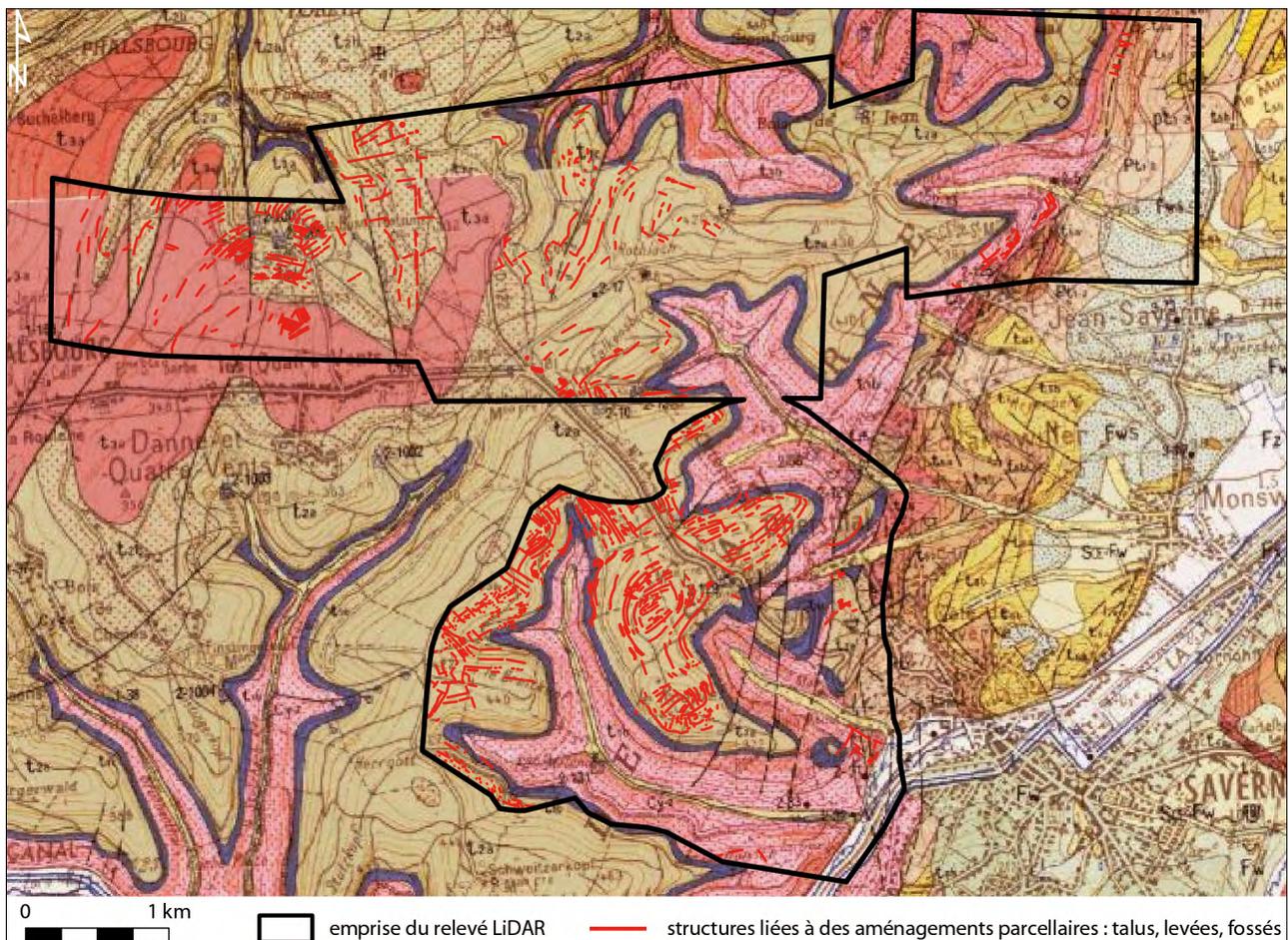


Fig. 30. Superposition de la carte des aménagements agropastoraux avec la carte géologique (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données LiDAR du Fossé des Pandours, Conseil Départemental du Bas-Rhin – Archéologie Alsace et LGV Est, Réseau Ferré de France 2007-2008, et les données géologiques du BRGM, carte imprimée à l'échelle 1/50 000, Feuille n° 233 de Saverne).

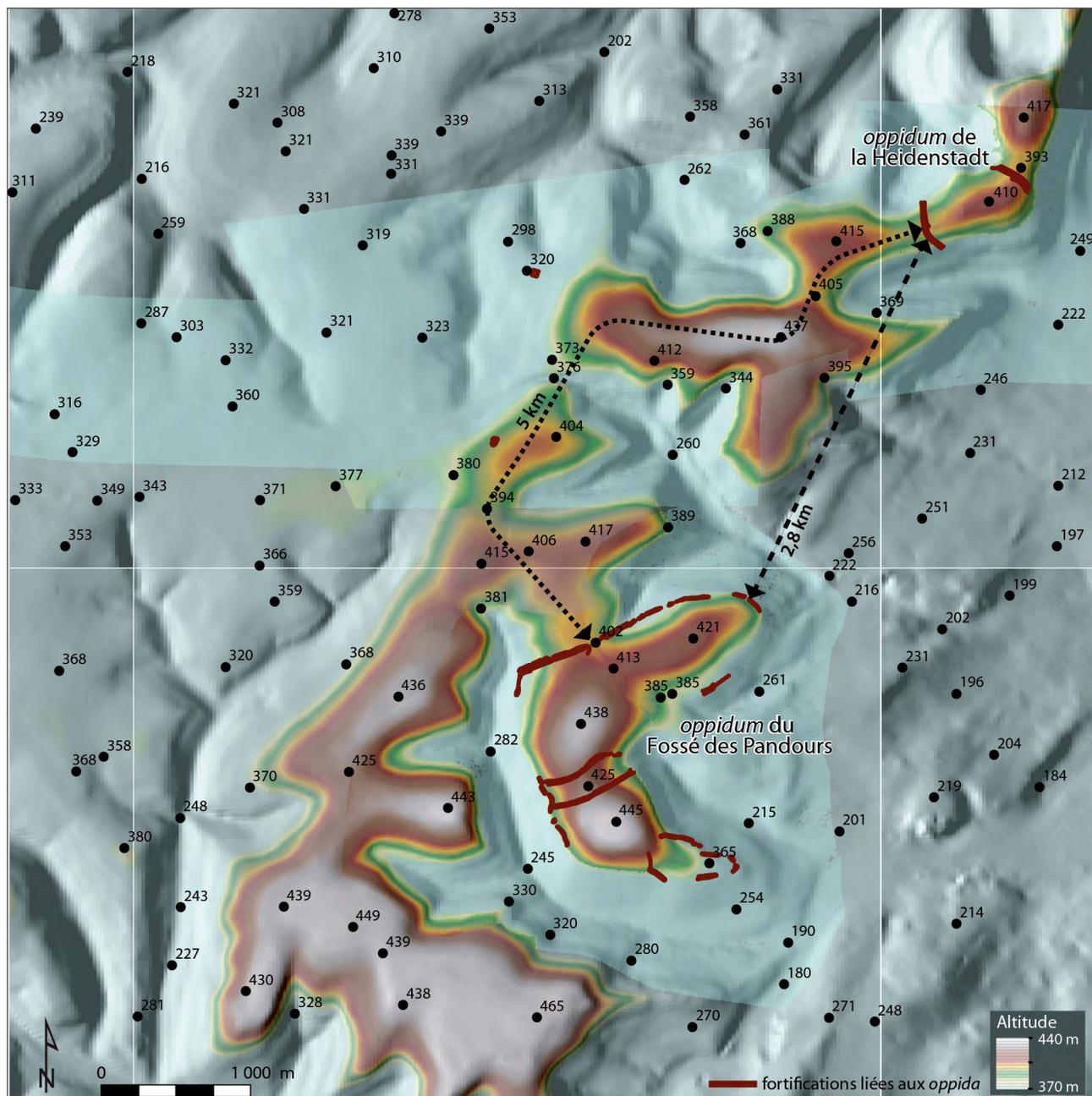


Fig. 31. Situation des *oppida* du Fossé des Pandours et de la Heidenstadt, avec mise en évidence des variations d'altitude comprises entre 370 m et 440 m (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données LiDAR du Fossé des Pandours, Conseil Départemental du Bas-Rhin – Archéologie Alsace et LGV Est, Réseau Ferré de France 2007-2008, et les données topographiques RGE ALTI 5M IGN * 2017).

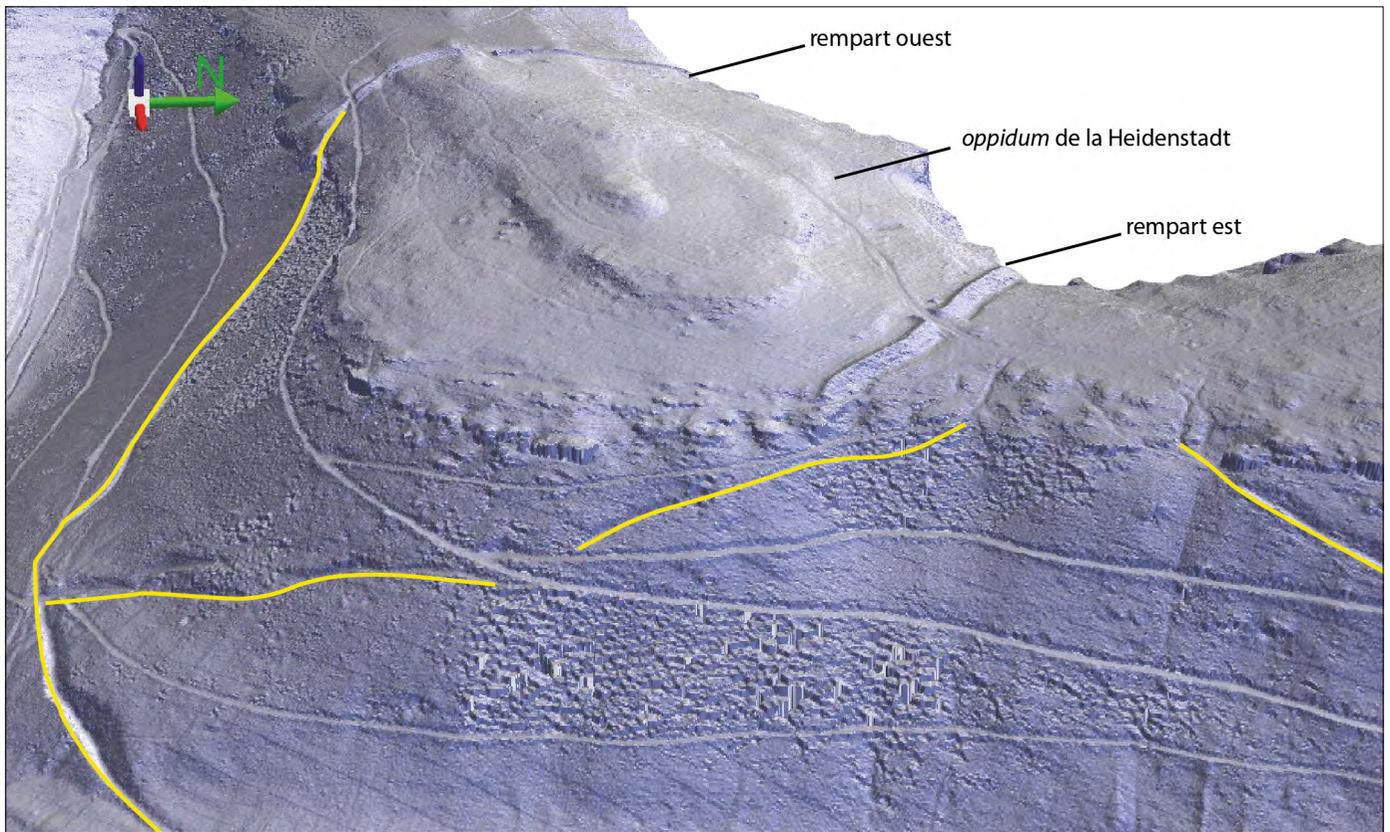


Fig. 32. Aperçu 2.5 D de l'oppidum de la Heidenstadt, selon une vue depuis le sud-est. Mise en évidence des chemins anciens aménagés dans la pente (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données LiDAR du Fossé des Pandours, Conseil Départemental du Bas-Rhin – Archéologie Alsace et LGV Est, Réseau Ferré de France 2007-2008).



Fig. 33. Aperçu 2.5 D de l'oppidum de la Heidenstadt, selon une vue depuis le nord. Les chemins aménagés à flanc de pente sont contemporains (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données LiDAR du Fossé des Pandours, Conseil Départemental du Bas-Rhin – Archéologie Alsace et LGV Est, Réseau Ferré de France 2007-2008).

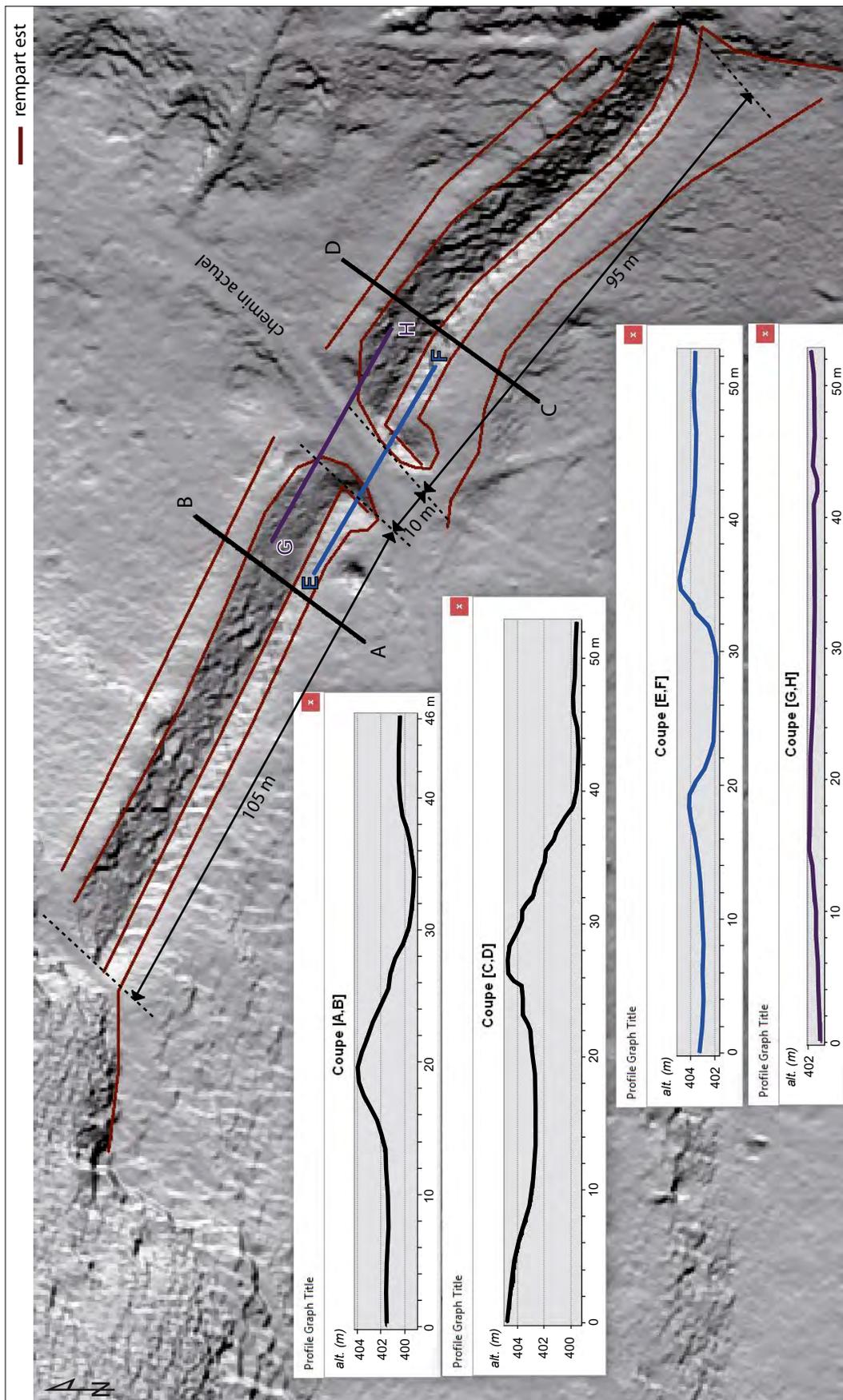


Fig. 34. Vue rapprochée sur le rempart oriental de l'oppidum de la Heidenstadt. Profils du rempart et profils de l'ouverture aménagée pour le passage d'un chemin (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données LIDAR du Fossé des Pandours, Conseil Départemental du Bas-Rhin – Archéologie Alsace et LGV Est, Réseau Ferré de France 2007-2008).

Téledétection de systèmes parcellaires aux Maillys (Côte-d'Or). Mise en relation de données obtenues par photo-interprétation et par utilisation de données LiDAR

*Catherine Fruchart,
avec la collaboration de Gérard Chouquer et François Favory*

RÉSUMÉ DES CONNAISSANCES ARCHÉOLOGIQUES

La commune des Maillys (Côte-d'Or) est une agglomération rurale de plaine alluviale d'environ 30 km², située à la confluence entre la Saône et la Tille, une petite rivière qui déploie là plusieurs bras avant de se jeter dans la Saône. Cette commune, aujourd'hui essentiellement agricole, comptait, en 2009, le plus grand nombre de sites archéologiques répertoriés pour une agglomération en Côte-d'Or (Provost 2009). Les Maillys a bénéficié de prospections aériennes archéologiques poussées. Celles-ci ont été initiées par R. Goguy, et également conduites par G. Chouquer, qui a largement développé les recherches sur ce secteur à partir des années 1980, en opérant une analyse de plusieurs milliers de clichés aériens et un relevé systématique des structures d'intérêt archéologique sur l'ensemble des vallées de la Tille et de l'Ouche. Ce travail au long cours a mis en évidence, entre autres, de nombreux aménagements parcellaires, révélés grâce à une visibilité phytographique remarquable, favorisée par des spécificités pédologiques et hydrogéologiques de cette zone. Les structures détectées sont des enclos, des fossés, des limites parcellaires, des voies. On peut y ajouter des gués reconnus lors d'opérations de dragage dans la Saône. Les occupations identifiées correspondent à des nécropoles et à des zones probables d'habitat, ou à des établissements cultuels. Les prospections au sol permettent d'attribuer ces occupations aux périodes protohistoriques, gallo-romaines et alto-médiévales. Cependant, malgré la richesse du patrimoine archéologique relevé, à la fois par photo-interprétation de clichés aériens et par des prospections sur le terrain, il manque encore des fouilles pour documenter cette zone, et les données paléoenvironnementales font également défaut¹. C'est pourquoi, en dépit des travaux de recherches et de synthèse entrepris (Chouquer 1983, 1996 et 2009, Foucault 2003, en particulier), les évolutions de l'environnement naturel, des occupations du sol et du peuplement des Maillys restent encore largement à préciser.

On propose ici un bref résumé des données archéologiques connues, en particulier relatif aux structures agraires et au réseau viaire.

1. Les premiers résultats d'une opération de fouille récente menée par l'Inrap dans une zone située sur le secteur de Genlis, au nord des Maillys, ont été communiqués au cours des *Journées régionales de l'archéologie de la DRAC Bourgogne-Franche-Comté à Besançon, le 24 novembre 2017*. Cette fouille effectuée dans la zone du Marais des Tilles a permis d'établir une occupation, avec l'indication d'activités agricoles, aux périodes hallsatienne, laténienne et gallo-romaine, et un abandon de l'occupation sur la zone fouillée à la fin du Haut-Empire. La formation du marais des Tilles (asséché au cours du XIX^e siècle) semble médiévale, vers l'an mil, mais les analyses des données paléoenvironnementales sont encore incomplètes. Elles ont porté sur des données dendrologiques, des analyses radiocarbones, palynologiques et sédimentaires.



Fig. 1. Comparaison des informations archéologiques obtenues par photographie aérienne sur la zone de la villa de Gémeaux, "Les Courbes Raies", à deux périodes différentes. Clichés R. Goguey, 25 juin 1976 (b) et A. Cordier, 3 juin 2011 (a).

Pour cette zone des Maillys, il faut avant tout souligner le rôle clef de l'exploitation de photographies aériennes pour la collecte d'information archéologique. Il est bien connu que la réponse phytographique liée à la présence de structures enfouies dans le proche sous-sol diffère sur les clichés en fonction de la date des missions aériennes ou satellitales. Dans certains cas, ce sont des structures assez larges ou massives qui perturberont le développement de la végétation couvre-sol (par exemple, des banquettes en élévation, ou de grandes structures fossoyées), révélant ainsi indirectement leur présence. Au même endroit, mais dans d'autres contextes saisonniers et de conditions climatiques, ce sont des structures étroites qui seront mises en évidence, comme des fossés linéaires étroits ou des vestiges de murs.

De cette capacité de l'image aérienne à sérier, on a une illustration assez spectaculaire avec un cliché aérien d'A. Cordier réalisé en juin 2011 au-dessus de la villa de Gémeaux, au nord-est de Dijon. Ce cliché montre un état épuré de la villa (fig. 1a) qui, jusqu'alors, était uniquement documentée par des clichés de R. Goguy (fig. 1b, par exemple). Les clichés de R. Goguy apportent une information riche, mais avec un état de superposition des anomalies phytographiques tel, qu'il est impossible de lire clairement le plan de la villa, alors que le cliché de 2011 permet plus aisément.

Il faut tenir compte de cette complexité de détection et de photo-interprétation des données, lorsqu'on s'intéresse au relevé des structures archéologiques aux Maillys. L'identification des structures archéologiques effectuée sur le territoire des Maillys (et plus généralement, sur toute la vallée des Tilles) résulte principalement d'un long travail de dépouillement, d'analyse répétée et de recoupement des informations produites par les photographies, portant sur des centaines de clichés aériens.

Au cœur du territoire communal (lieudit "En Frétère"), une nécropole comptant au moins 42 enclos a été reconnue par photo-interprétation. Ces structures évoquent des aménagements protohistoriques, mais restent à dater (Chouquer 2009, 221, et aperçu sur la fig. 2). Le plan présenté sur la figure 3, établi par G. Chouquer, donne un aperçu d'ensemble de la localisation des occupations relevées². Les traits fins gris représentent des limites parcellaires du plan cadastral de 1824. Les zones en vert

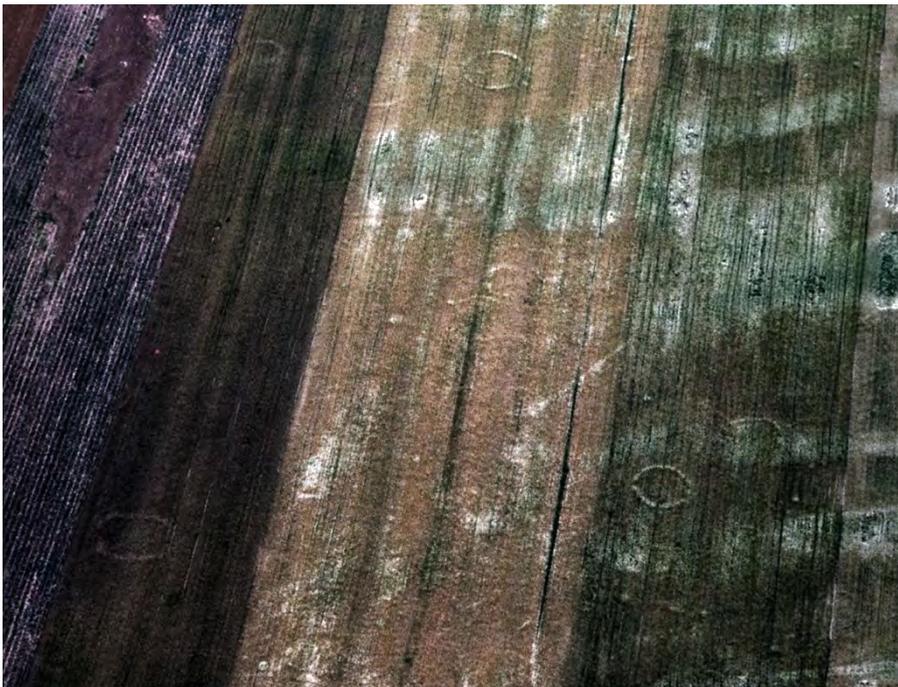


Fig. 2. France, Côte-d'Or, Les Maillys "en Frétère". Superposition de traces : nécropole protohistorique et champs médiévaux ou modernes. Cliché G. Chouquer, modifié C. Fruchart, Rurland 2017 (recadrage et modification des contrastes).

2. En plus des informations publiées dans la Carte Archéologique de la Gaule de Côte-d'Or (Provost 2009), un dossier comportant de nombreux clichés et plans (dont quelques-uns sont reproduits dans cette annexe) a été publié par G. Chouquer sur le site de l'Archéogéographie : <http://www.archeogeographie.org> (consulté les 15 mars 2018).

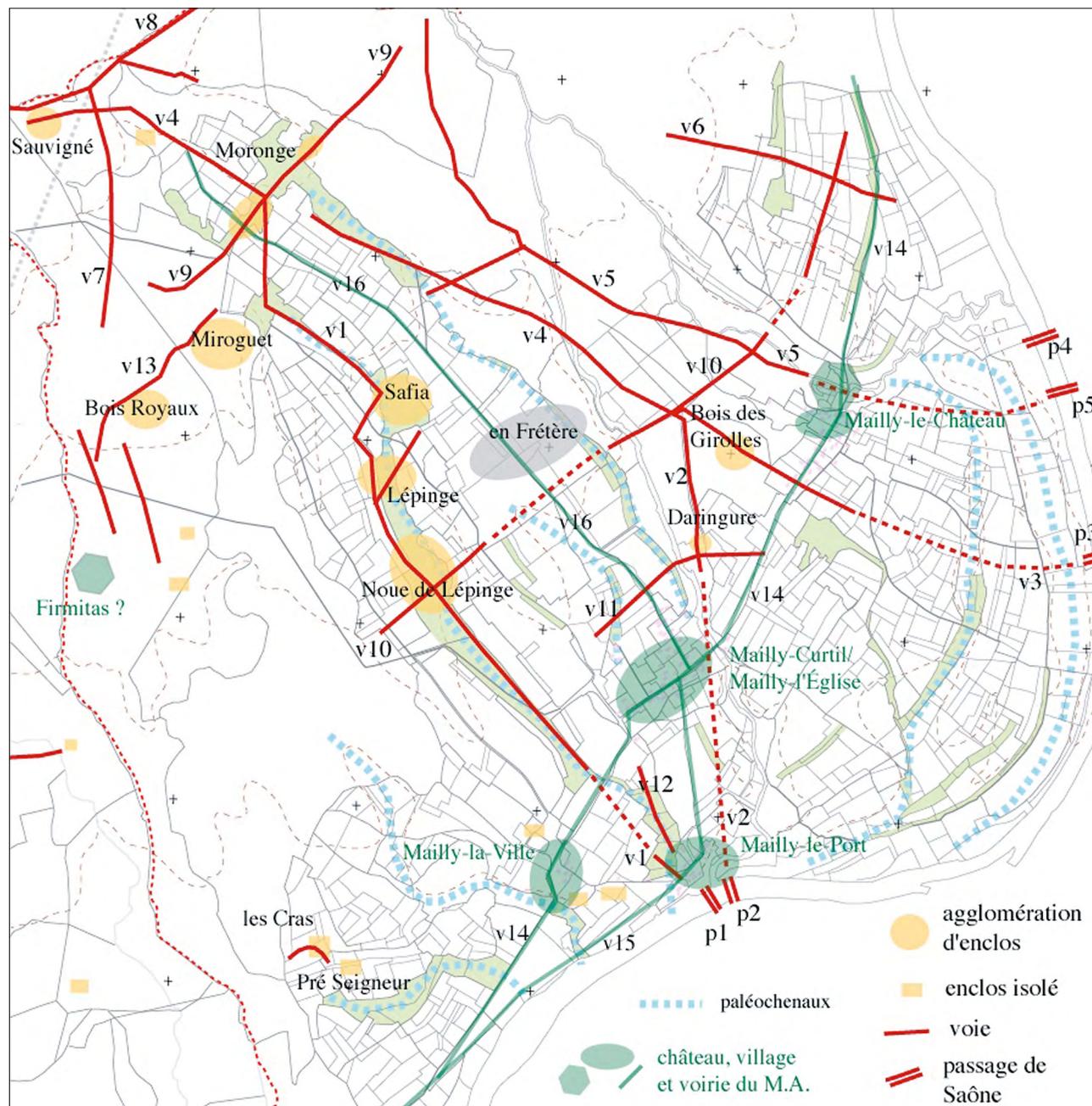


Fig. 3. Côte-d'Or, Les Maillys. Carte générale de la voirie antique en rouge et de la voirie médiévale en vert. Passages de Saône selon L. Bonnamour. Carte G. Chouquer. <http://www.archeogeographie.org> (consulté le 15 mars 2018).

correspondent à des occupations et voies médiévales (v14 à v16). Leurs localisations se confondent avec les emplacements de l'habitat actuel. Les zones en orange et les voies en rouge (v1 à v13) se rattachent aux périodes protohistorique et romaine. Les zones d'occupation, groupes d'enclos et de structures évoquant des constructions caractéristiques des périodes laténiennes et/ou romaine, sont desservies par le réseau viaire identifié. V1 est considérée comme un axe antique principal desservant quatre probables zones d'habitat ("Noue de Lépinge", "Lépinge", "Safia", "Miroguet") identifiées par des prospections aériennes et datées des périodes laténiennes et romaine par des prospections au sol (Chouquer 2009, 213-226 et 449-456, et plan et photographie fig. 4 et 5).

Pour le réseau viaire, plusieurs orthophotographies réalisées au cours des trois dernières décennies permettent par exemple d'observer nettement le carrefour entre les voies v1 et v10. La configuration globale de ces aménagements évoque bien l'époque romaine : les voies rectilignes, de même calibre, se croisant perpendiculairement, sont soulignées par des fossés latéraux bien parallèles et sont bordées d'établissements qui ont livré en prospection du mobilier d'époque romaine. A l'extrémité sud de v1, au niveau de Maillys-le-Port, un gué pavé p1 traverse la Saône. Du mobilier des périodes laténiennes et alto-médiévales a été découvert dans son voisinage.

Une vue Google Earth de 2017 (fig. 6) montre la voie v1 et son carrefour perpendiculaire avec la voie v10. Les zones de chaussée, qui se reconnaissent à leur couleur légèrement plus claire sur le cliché, ont une largeur d'environ 6 m. On remarque en outre une ligne brisée sombre qui recoupe v10 ; il s'agit d'un ancien fossé de limite forestière d'époque moderne, figurant sur le plan cadastral de 1824.

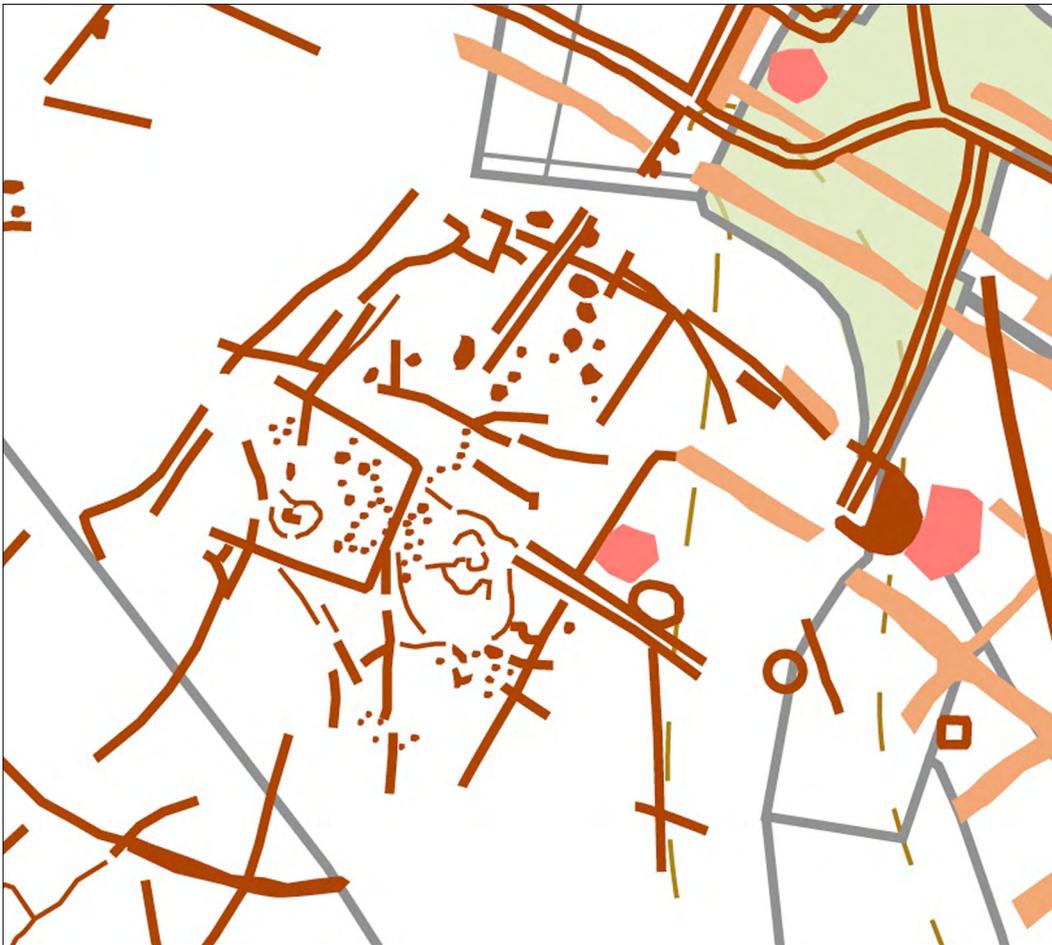


Fig. 4. France, Côte-d'Or, Les Maillys "Miroguet". Plan de l'habitat gaulois, probablement de type aggloméré. Interprétation du cliché 6034 du 7 juillet 1984, G. Chouquer. <http://www.archeogeographie.org> (consulté le 15 mars 2018).



Fig. 5. France, Côte-d'Or, Les Maillys, "Pré Jovignot". Voie, habitats, enclos circulaire. Cliché G. Chouquer, modifié C. Fruchart, Rurland 2017 (recadrage et modification des contrastes).

L'utilisation d'orthophotographies récentes permet notamment de vérifier ponctuellement sur SIG la précision du calage spatial des structures opéré par G. Chouquer au fur et mesure de ses relevés, et de confirmer la qualité globale et l'exactitude planimétrique des plans et cartes qu'il a produits.

À une bonne centaine de mètres en amont de p1, un deuxième gué pavé p2 a livré du mobilier plus ancien, datable du Néolithique à la période laténienne. La fig. 7 montre les voies v1 et v12 au niveau de Mailly-le-Port, à proximité des gués p1 et p2.

Une voie v2, peut-être reliée au gué p2, a été détectée par photo-interprétation au voisinage des sites de "Daringure" et "Bois des Girolles", où des anomalies phytographiques évoquent des structures funéraires du premier âge du Fer ("Daringure"), et signalent une probable zone d'habitat d'époque gallo-romaine ("Bois des Girolles"). Les voies v3 à v5, également détectées par photo-interprétation, n'ont pas de connexion certaine établie avec les autres gués reconnus (p3 à p5). Enfin, le réseau viaire attribué aux périodes laténienne ou gallo-romaine est complété par les voies v6 à v13, toutes identifiées par photo-interprétation. Elles desservent des zones où une occupation laténienne et/ou gallo-romaine est établie ("Sauvigné", "Bois Royaux", "Moronge", "Les Cras"). On peut souligner que, globalement, ce réseau viaire est très bien restitué par les clichés aériens.

Les vestiges d'aménagements parcellaires anciens relevés sur les Maillys sont très nombreux (cf. plans de G. Chouquer). Bien que ces aménagements se confondent en partie avec des limites cadastrales de 1824, leur planimétrie générale et leur organisation spatiale apparaissent très différentes de celles en place au XIX^e siècle, ou après. En effet, une partie des parcellaires détectés par photo-interprétation forme une trame en bandes coaxiales (fig. 8, linéaments en violet), où les bandes sont partiellement subdivisées en plus petites surfaces quadrangulaires. L'ensemble dessine un quadrillage, composé de parcelles formant des alvéoles agglomérées les unes aux autres.

Ces caractéristiques évoquent les "Celtic" fields connus en Europe du Nord (exemples présentés sur les fig. 9 et 10), notamment aux Pays-Bas ou au Royaume-Uni (Brongers 1976 ; Spek *et al.* 2003). Dans les zones où ces structures ont pu faire l'objet de datations (radiocarbone, en particulier), leur utilisation est située entre l'âge du Bronze et la période gallo-romaine (Groenman-van Waateringe & van Geel 2017).

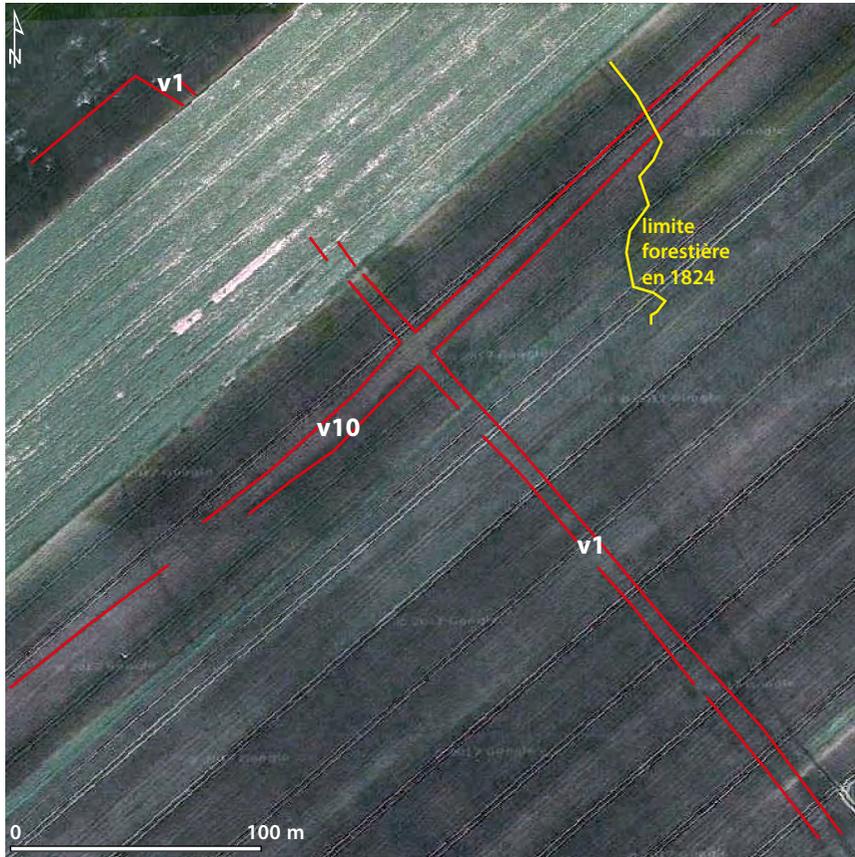
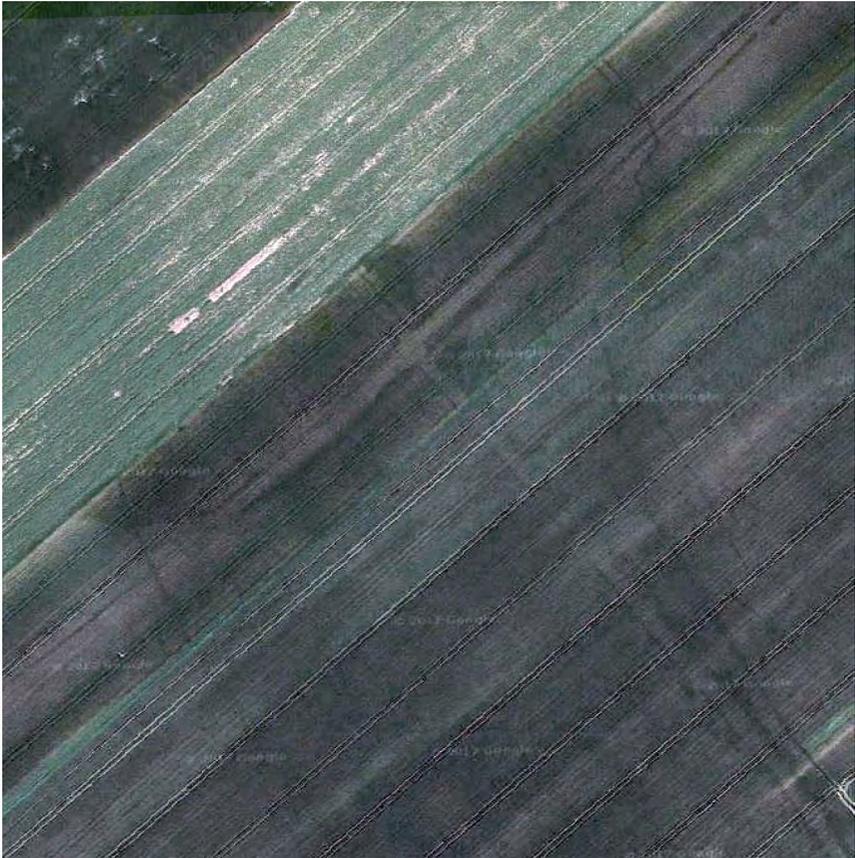


Fig. 6. Côte-d'Or, Les Maillys. Vue aérienne de l'intersection des voies v1 et v10. Cliché Google Earth 2017, annotations C. Fruchart, Rurland 2017.



Fig. 7. Côte-d'Or, Les Maillys. Vue aérienne de l'arrivée des voies v1 et v12 à Mailly-le-Port, en direction du gué p1. Photographie G. Chouquer, annotations C. Fruchart, Rurland 2017.

Aux Maillys, ces alvéoles se présentent sur les clichés aériens sous la forme de larges traces quadrillant le sol (fig. 11, larges traces sombres, et fig. 12, lignes épaisses en orange). Elles couvrent une surface d'environ 250 hectares dans la partie centrale de l'agglomération actuelle. La présence avérée d'une occupation protohistorique, associée à la datation, établie ailleurs, des "*Celtic*" fields, conduit à proposer une datation protohistorique / laténienne pour les ensembles alvéolés des Maillys. D'autre part, l'étude de données LiDAR, menée pour le programme Rurland à partir d'un Modèle Numérique de Terrain d'une résolution de 1 m produit par l'IGN (RGE ALTI 1M), a apporté de nouvelles informations sur la topographie de ces ensembles parcellaires découverts et analysés par G. Chouquer, qui permettent de consolider l'interprétation qu'il a proposée.

Enfin, de nombreux autres linéaments ont été détectés par photo-interprétation (fig. 12, traits fins en brun). La complexité de leur planimétrie apparente empêche de percevoir une, ou des organisations spatiales claires. Une unique opération archéologique, menée dans la partie nord-est de la commune en 1991, à l'emplacement d'une zone aujourd'hui mise en eau, a confirmé, à l'endroit où l'opération a été menée, que les linéaments détectés correspondent à des aménagements antiques. Ce sont des fossés, associés à des fosses et à de probables puits. Les vestiges fouillés, très arasés, sont datables des II^e et III^e siècles p.C. Les structures linéaires identifiées appartiennent bien aux ensembles de linéaments figurés en traits fins bruns sur le plan de G. Chouquer (fig. 12). Cependant, la complexité planimétrique générale de ces ensembles de linéaments, ailleurs sur le territoire communal, ne permet pas de déduire, à partir de cette seule opération archéologique, une datation ou une fonction globale de ces structures, qui pourraient se rapporter à diverses périodes.

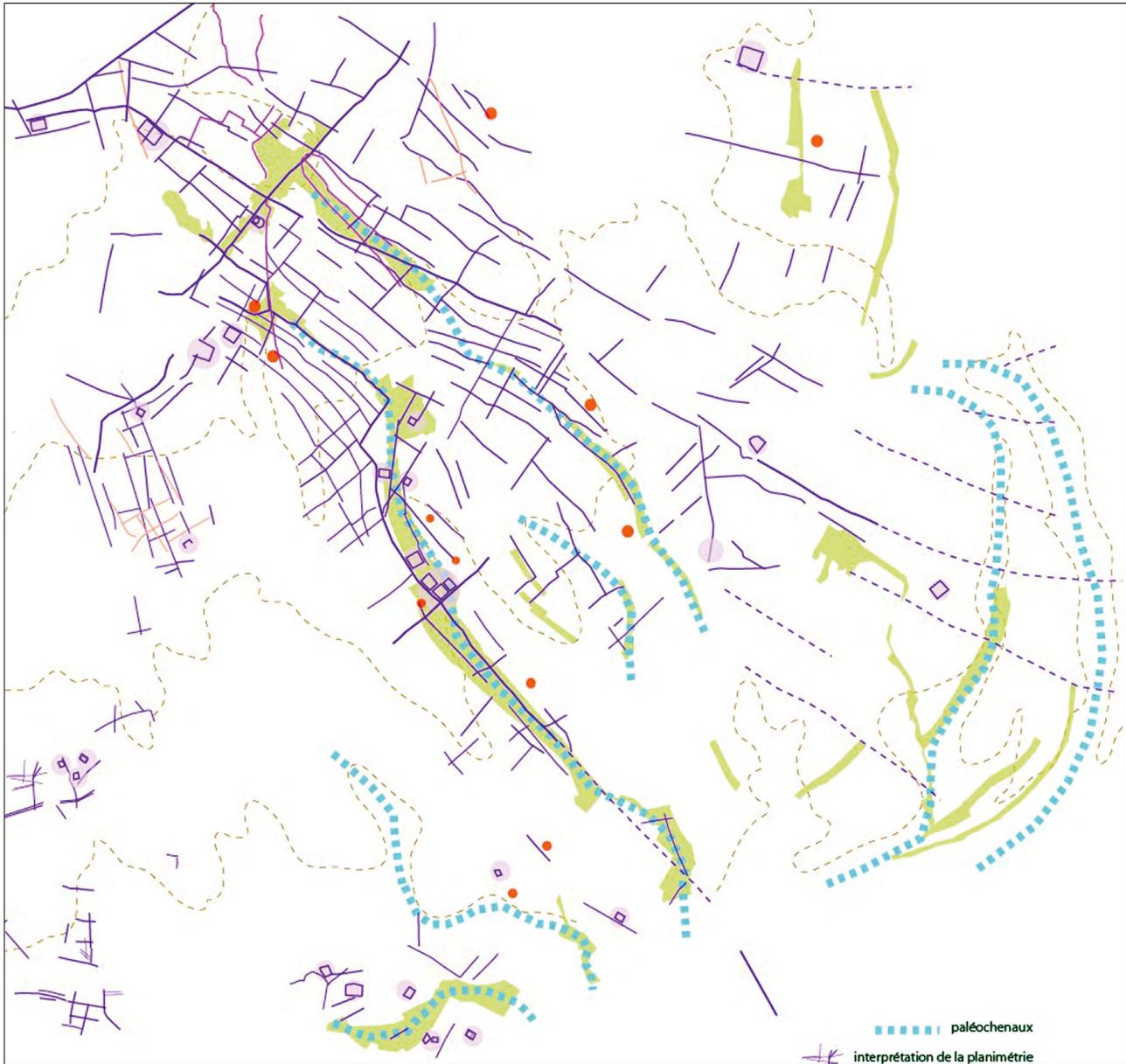


Fig. 8. Côte-d'Or, Les Maillys. Carte générale du parcellaire antique de type coaxial, avec agglomérations et enclos d'habitat et, en rouge, les gisements de matériel d'époque romaine. Carte G. Chouquer. <http://www.archeogeographie.org> (consulté le 15 mars 2018).

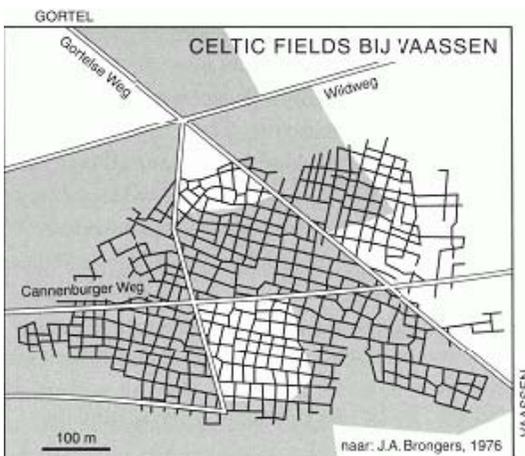


Fig. 9. "Celtic" fields à Vaassen, (Pays-Bas). Source : <http://www.celticfields.net/key-site/vaassen/> (consulté le 15 mars 2018).

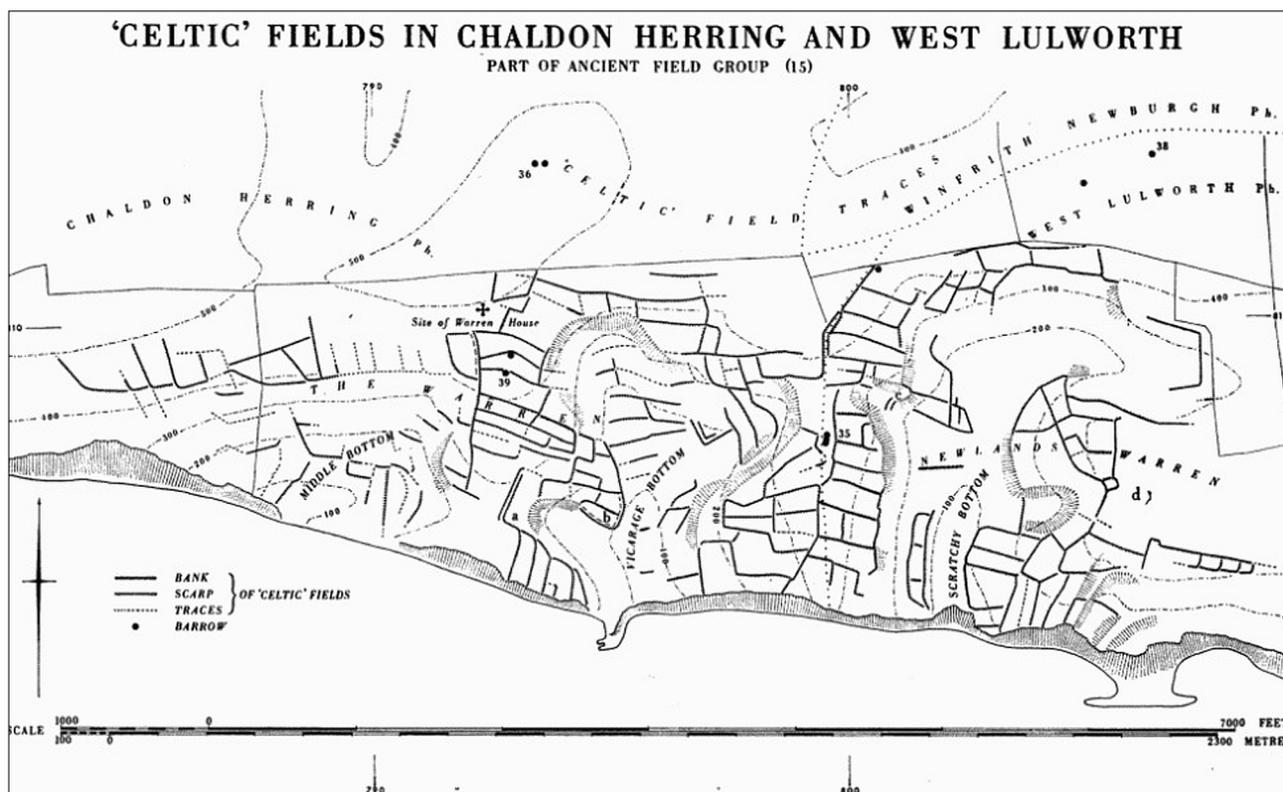


Fig. 10. "Celtic" fields à Chaldon Herring et West Lulworth (Royaume-Uni). Source : <http://www.british-history.ac.uk/rchme/dorset/vol2/pp622-634> (consulté le 15 mars 2018).

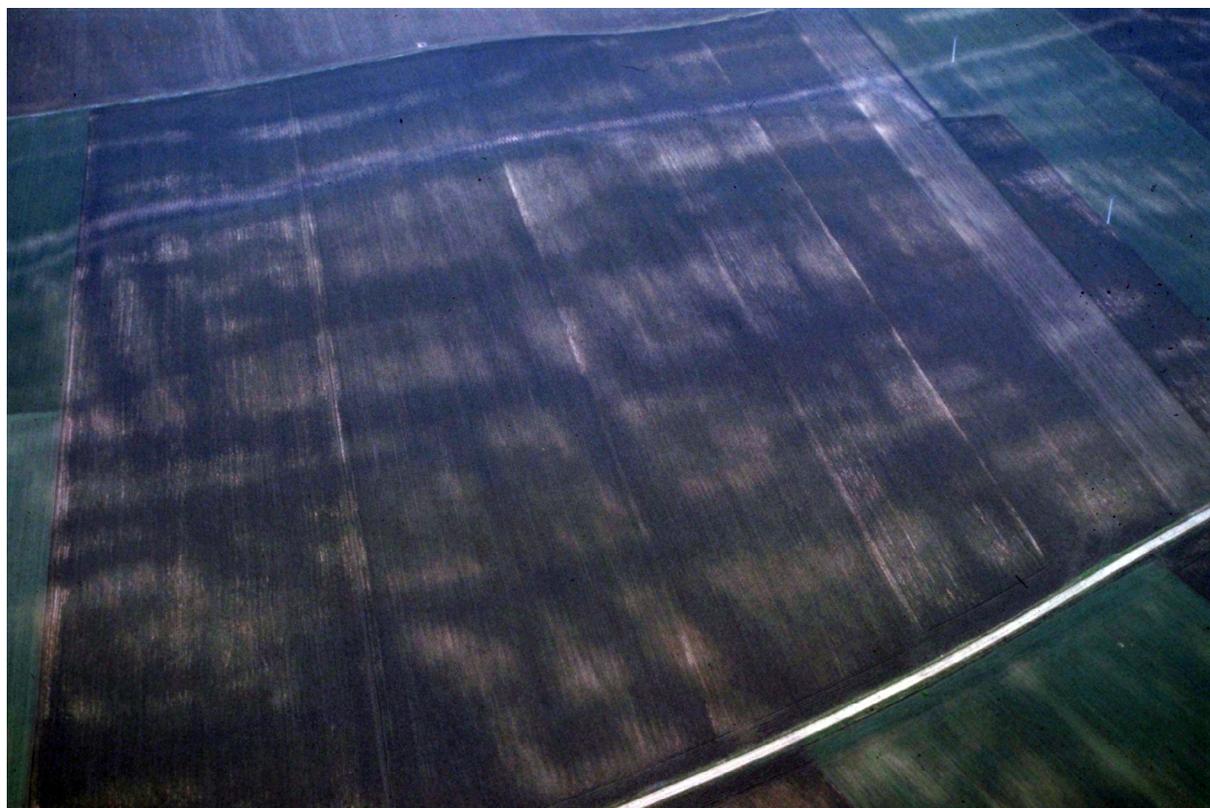


Fig. 11. France, Côte-d'Or, Les Maillys, "Moronge", "Bois Safia". Champs et voie fossiles. Photographie G. Chouquer. <http://www.archeogeographie.org> (consulté le 15 mars 2018).

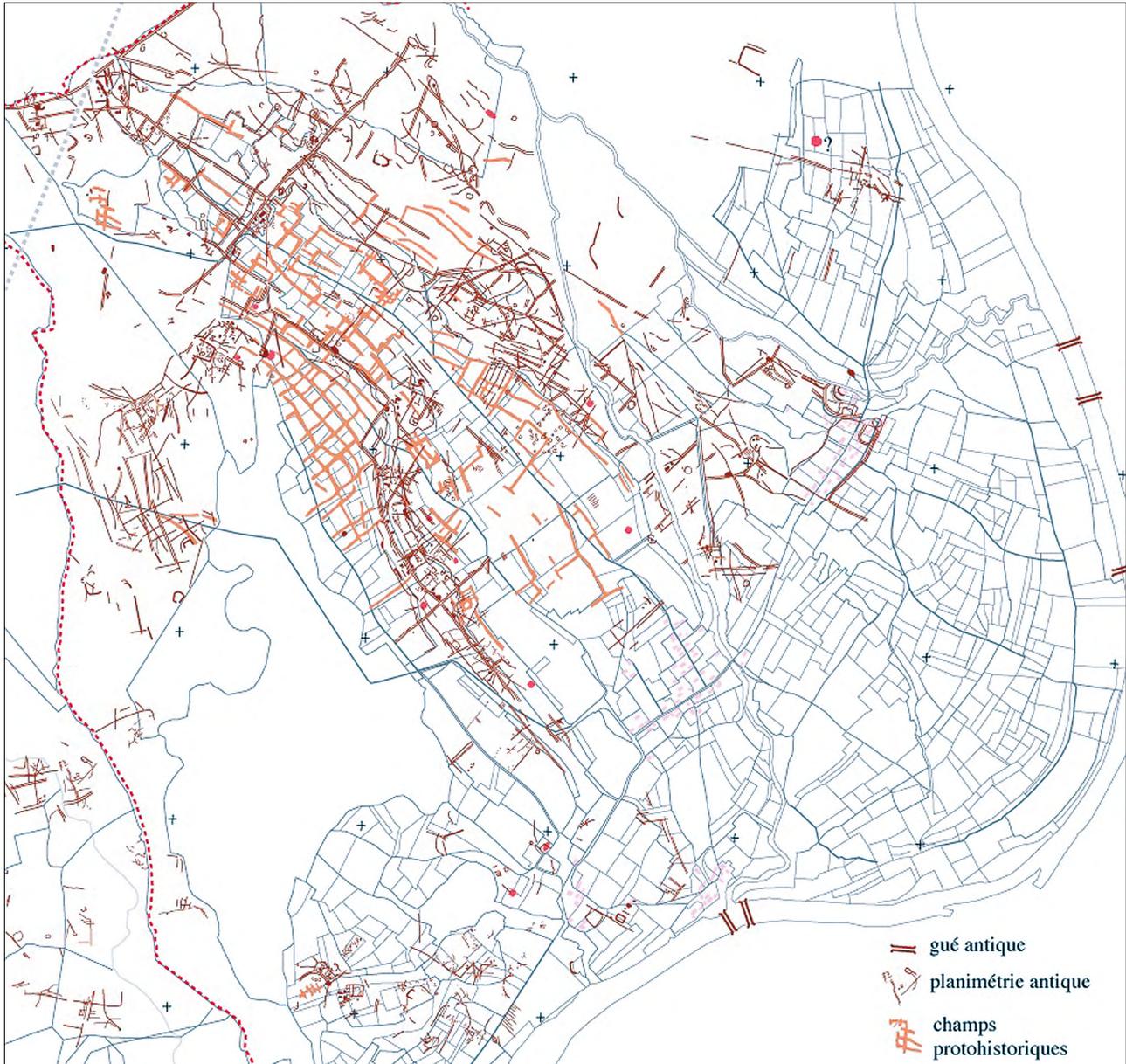


Fig. 12. Côte-d'Or, Les Maillys. Carte générale du parcellaire antique : compilation des traces. Carte G. Chouquer.
<http://www.archeogeographie.org> (consulté le 15 mars 2018).

À l'inverse, l'ensemble parcellaire évoquant des "*Celtic fields*" présente une cohérence et une unité planimétrique manifeste.

Enfin, les analyses de clichés aériens ont également mis en évidence de nombreux indices de paléochenaux (fig. 13 : la zone de couleur sombre est inondée). Ils ont laissé une empreinte topographique forte sur le paysage des Maillys, et assurément influé largement sur l'organisation parcellaire. Ces contraintes liées à l'hydrographie des Maillys ont également été prises en compte et étudiées par G. Chouquer et par M. Foucault dans le cadre de son DEA (Foucault 2003 ; Chouquer 2009).



Fig. 13. Cliché G. Chouquer, 1981. In : Foucault 2003, fig. 6.

DONNÉES GÉOGRAPHIQUES ET ENVIRONNEMENTALES

Topographie et hydrographie

Le MNT de l'IGN (RGE ATI 1M) permet de mettre en évidence les zones les plus basses, les plus facilement inondables, au voisinage de la Saône (fig. 14, zones en bleu). On voit bien, par exemple, la surface en dépression étudiée par M. Foucault (fig. 13, Foucault 2003). Cette bande de terrain longue d'environ 2 km et large de 250 à 500 m apparaît en bleu plus foncé sur le MNT, entre Mailly-la-Ville, Mailly-le-Port et Mailly. On constate également la faible altitude des terrains situés au sud-ouest des Maillys, restitués eux aussi en bleu foncé sur le MNT. Enfin, on observe dans toute la partie orientale des Maillys une bande de terrain basse bordant la Saône, large de 200 à 300 m et parallèle à la rivière. Elle est délimitée à l'ouest par un bourrelet (fig. 14, trait fin bleu clair) d'origine probablement anthropique. On y voit la trace d'une ancienne voie, ou d'une digue haute de 1 m environ, surmontée d'un chemin. L'ensemble forme un bourrelet large de 15 m à sa base et de 2 à 3 m en son sommet, sur lequel on observe un replat.

Globalement, le relief s'élève progressivement en direction du nord-ouest, avec, au centre et à l'est des Maillys, des zones d'élévation intermittentes, formant soit des digitations d'orientation N.-O.-S.-E., soit des îlots isolés, où sont installées les zones habitées actuelles. Le territoire de cette commune est caractérisé par de faibles variations altitudinales et par l'abondance de cours d'eau. Il est donc important, pour étudier l'évolution paysagère des Maillys, de prendre en compte les variations passées ou actuelles de niveaux de la nappe phréatique et des lits des cours d'eau. C'est pourquoi de futures études paléoenvironnementales, qui manquent encore autour de ces questions, seraient particulièrement utiles pour obtenir des données permettant de comprendre l'évolution de l'occupation du sol et des peuplements des Maillys.

La figure 15 donne un aperçu plus large du relief des Maillys dans son environnement géographique, et montre l'emplacement actuel des cours d'eau et surfaces en eau. L'Ouche, la Tille et leurs affluents reçoivent les eaux des reliefs jurassiques de la région dijonnaise. La plaine alluviale de l'Ouche est un large glacis dont la pente longitudinale moyenne est de 1,65 %. La plaine de la Tille présente une déclivité encore plus faible : 1,3 % entre Bresse-sur-Tille et Les Maillys. Vers Varanges, un passage naturel appelé la Trouée de Varanges, a permis à l'Ouche de quitter sa plaine pour passer dans celle de la Tille, à la faveur d'une légère différence altitudinale entre les deux vallées alluviales. Le déversement de l'Ouche dans la vallée de la Tille

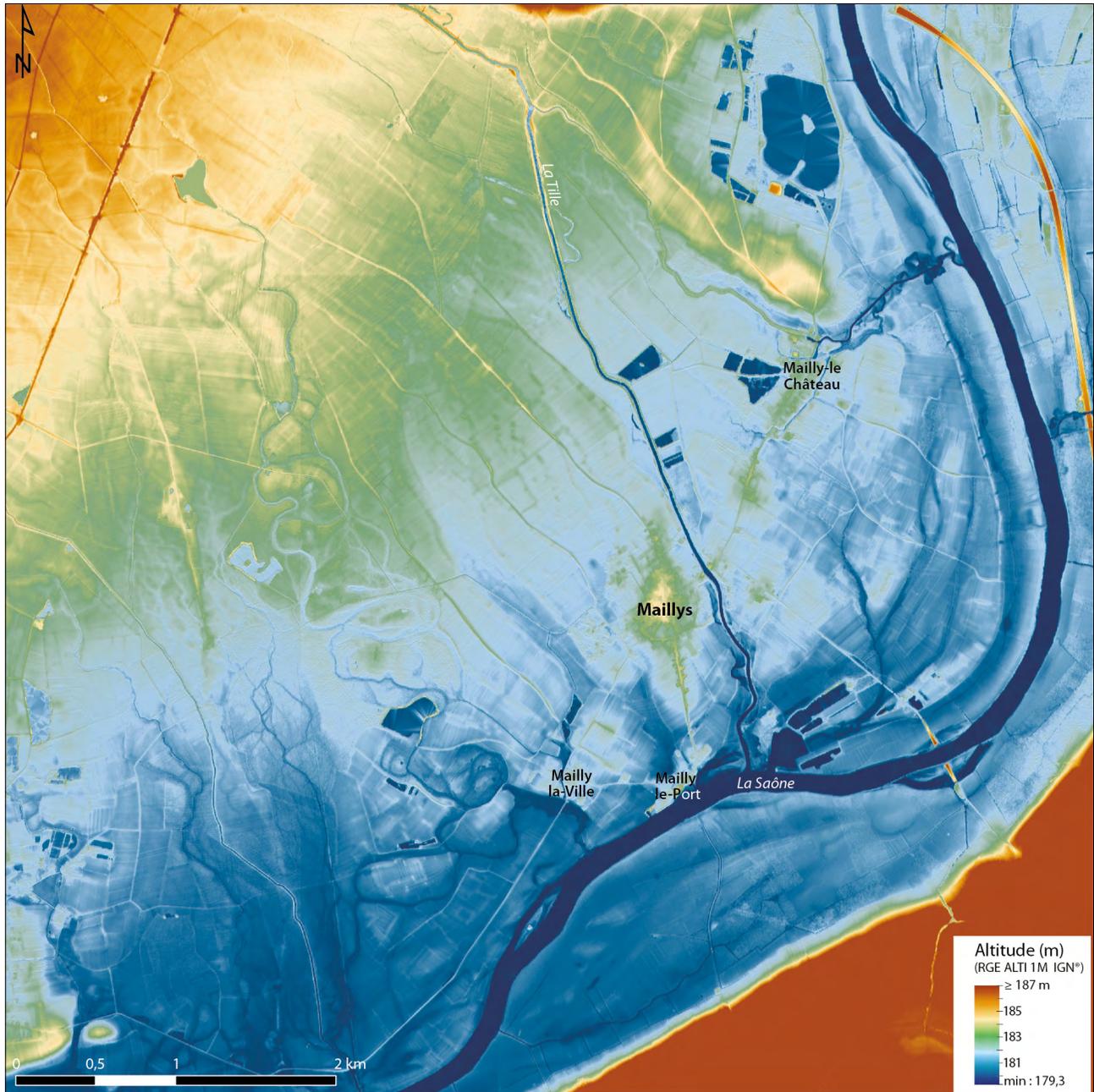


Fig. 14. Aperçu de la topographie dans le secteur des Mailllys (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après RGE ALTI 1M IGN*).

a entraîné le relèvement du plan d'eau de cette même vallée, et favorisé la formation du marais des Tilles, dont l'assèchement, entrepris à l'époque moderne, a été achevé au début du xx^e siècle (Chillon 1943 ; Garrido 1997).

Géomorphologie et lithologie - vallée de la Tille et de l'Ouche

D'un point de vue lithologique (fig. 16) et géomorphologique (fig. 17), la vallée de la Tille est une plaine d'alluvions récentes formées par 3 à 6 m de graviers et de sables grossiers essentiellement calcaires, et recouvertes par une faible épaisseur de limons (1 m au maximum). En fonction de l'épaisseur, les sols observés sont calcaires graveleux ou caillouteux, ou calcaires argilo-limoneux. Sur toute la plaine entre Genlis et les Maillys, les zones d'habitat actuelles (fig. 17, en rouge) sont installées de façon préférentielle sur les terrasses peu élevées (5 m) qui s'insèrent dans la plaine alluviale.

Données pédologiques pour la zone des Maillys

La commune des Maillys, pour l'essentiel, est formée de limons argileux sur cailloutis calcaires. La partie orientale de la commune, le long de la Saône, est composée d'une bande sableuse. Les sols des Maillys se caractérisent par des teneurs en argiles faibles à moyennes (< 45 %) et de faibles teneurs en calcaire (< 10 %). Globalement, les sols de la partie sud de la vallée de la Tille sont peu profonds (20 à 60 cm). Leur sous-sol est constitué de cailloutis calcaires perméables, et aucune sous-couche de protection intermédiaire ne vient s'intercaler entre les deux niveaux. Ceci rend les sols très vulnérables au lessivage, phénomène entraînant les éléments minéraux du sol vers le sous-sol sous l'action de la percolation de l'eau. Une étude a établi que les sols des Maillys ont aussi une faible activité de minéralisation, car leurs teneurs en argiles sont peu élevées (Garrido 1997, carte n° 9, figure 18). D'un point de vue agrologique, on peut considérer que ce sont des sols compliqués à cultiver. Pourtant, archéologiquement, ils portent la trace d'un usage agraire, probablement continu, de très longue date.

Une étude à usage agricole menée entre 1994 et 1996, accompagnée d'analyses et d'investigations sur le terrain (Garrido 1997), a montré l'importance du phénomène de lessivage des nitrates aux Maillys, où les taux mesurés dépassaient 100 mg/l (fig. 19). Pour résorber ces taux, l'étude préconisait, pour le secteur des Maillys, l'enfouissement au moment des labours de résidus de pailles qui, à cause de leur rapport C/N élevé, entraînent la consommation d'azote lors de leur dégradation dans le sol. Ce type de résidus organiques avec un ratio C/N élevé se trouve, par exemple, dans les feuilles d'arbres fraîches, les pailles, les écorces et sciures. À l'inverse, les fumiers mûrs, par exemple, ont un ratio C/N faible qui entraîne la libération d'azote dans le sol. Pour le secteur de Genlis, où l'activité de minéralisation du sol est plus forte, l'étude préconisait plutôt l'implantation d'une couverture végétale permanente, avec des cultures intermédiaires pour piéger les nitrates (moutarde, par exemple). Cette étude fait ressortir la complexité agrologique des sols actuels de la vallée de la Tille, et aussi la fragilité physico-chimique de cet environnement. Pour analyser l'usage des sols durant l'Antiquité (fonctionnement des aménagements agraires détectés, nature et efficacité de leur usage agro-pastoral), il faudrait probablement prendre en compte cette complexité, observée et décrite pour l'environnement agricole actuel.

Pour terminer le survol des caractéristiques environnementales du secteur des Maillys, un extrait de la carte pédologique (fig. 20, Chrétien 1976) montre la répartition des sols observés. Le tableau suivant reprend les caractéristiques physico-chimiques des sols mesurées en vallée de la Tille au cours de l'étude de 1997.

Type de sol	Argiles (%)	Limons (%)	Sables (%)	CaCO ₃ (%)
1 - Croh T	46 - 57,1	34,2 - 42,5	5,8 - 13,5	0,3 - 9,7
2 - CBm TA	16 - 41,3	47,1 - 74	2,31 - 5,8	10,9
3 - CBc TA	32,7	52	15,3	19
4 - JAC VA	30 - 53,7	32,7 - 57,1	3,3 - 35	20,7 - 36,8
5 - JAC VXa	17 - 42	29,5 - 72	4,5 - 43,9	12 - 56,9
6 - Bmg TS	8,9	5,6	85,5	0,3

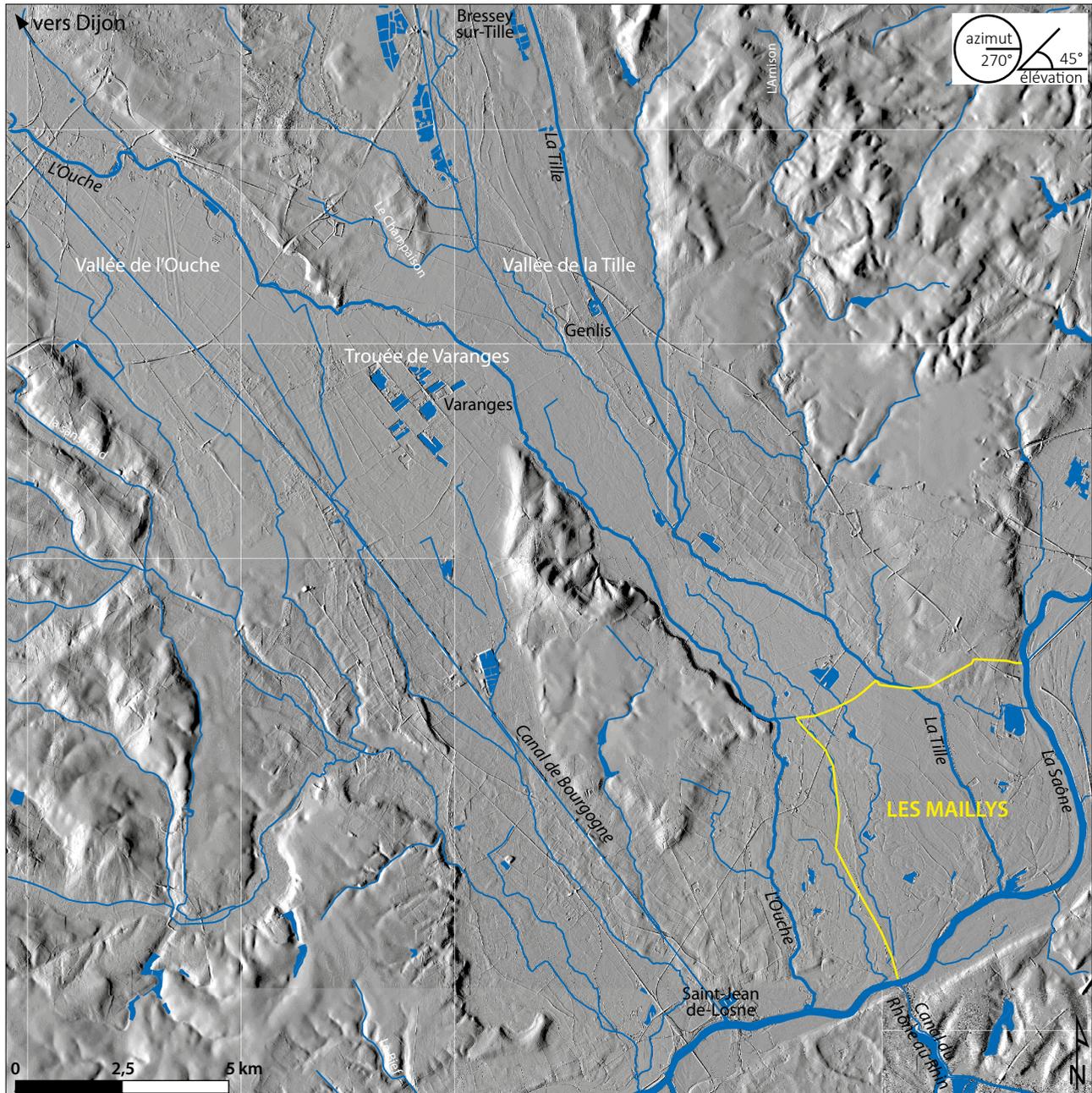


Fig. 15. Aperçu du relief des Maillys dans son environnement géographique, et emplacement actuel des cours d'eau et surfaces en eau (C. Fruchart, RurLand 2017, d'après RGE ALTI 5M IGN[®] et BD CARTHAGE ONEMA).

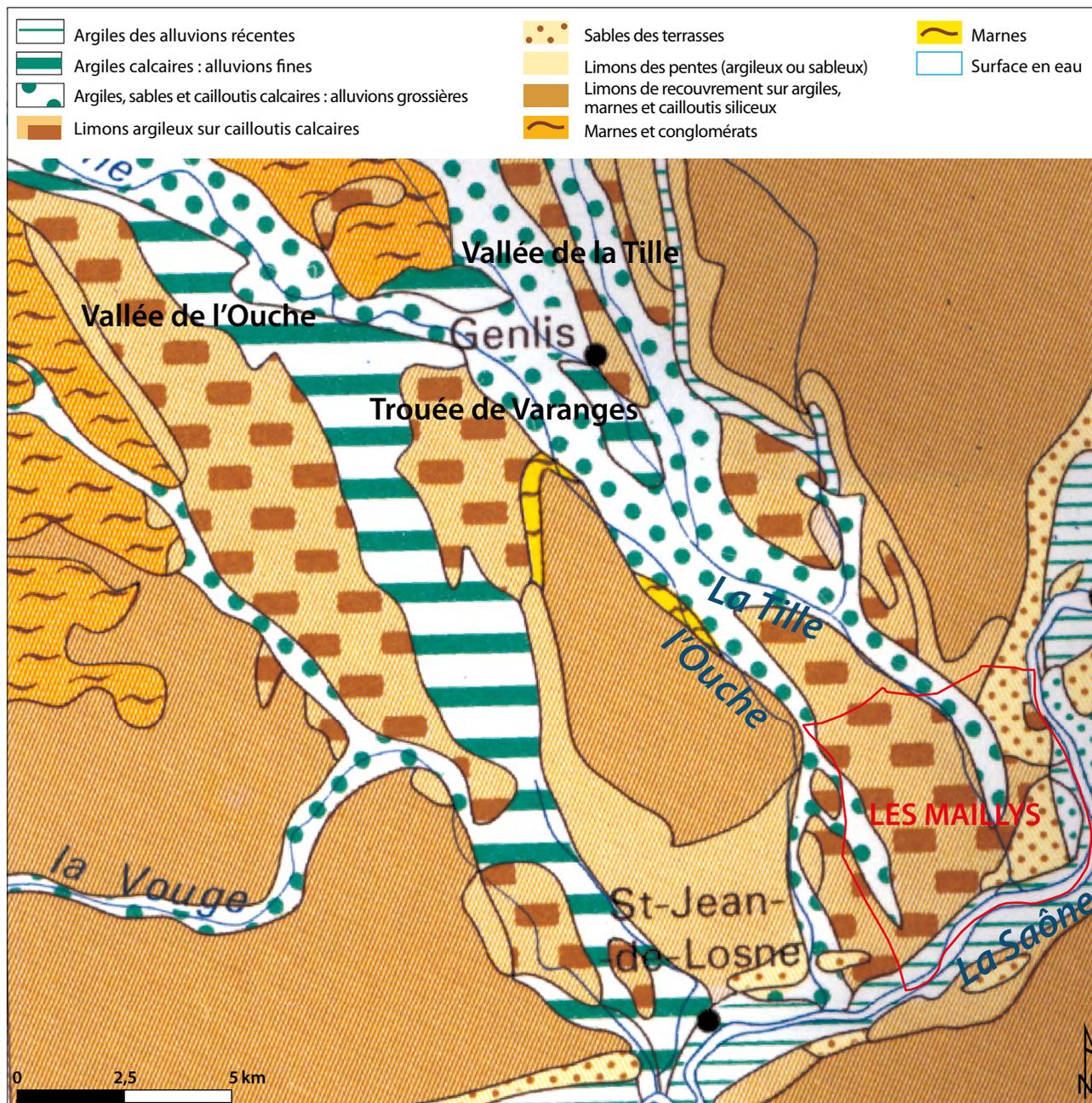


Fig. 16. Extrait de la carte pédologique de Dijon, dans le secteur des Maillys. Vignette lithologique (C. Fruchart Rurland 2017, d'après Chrétien 1976).

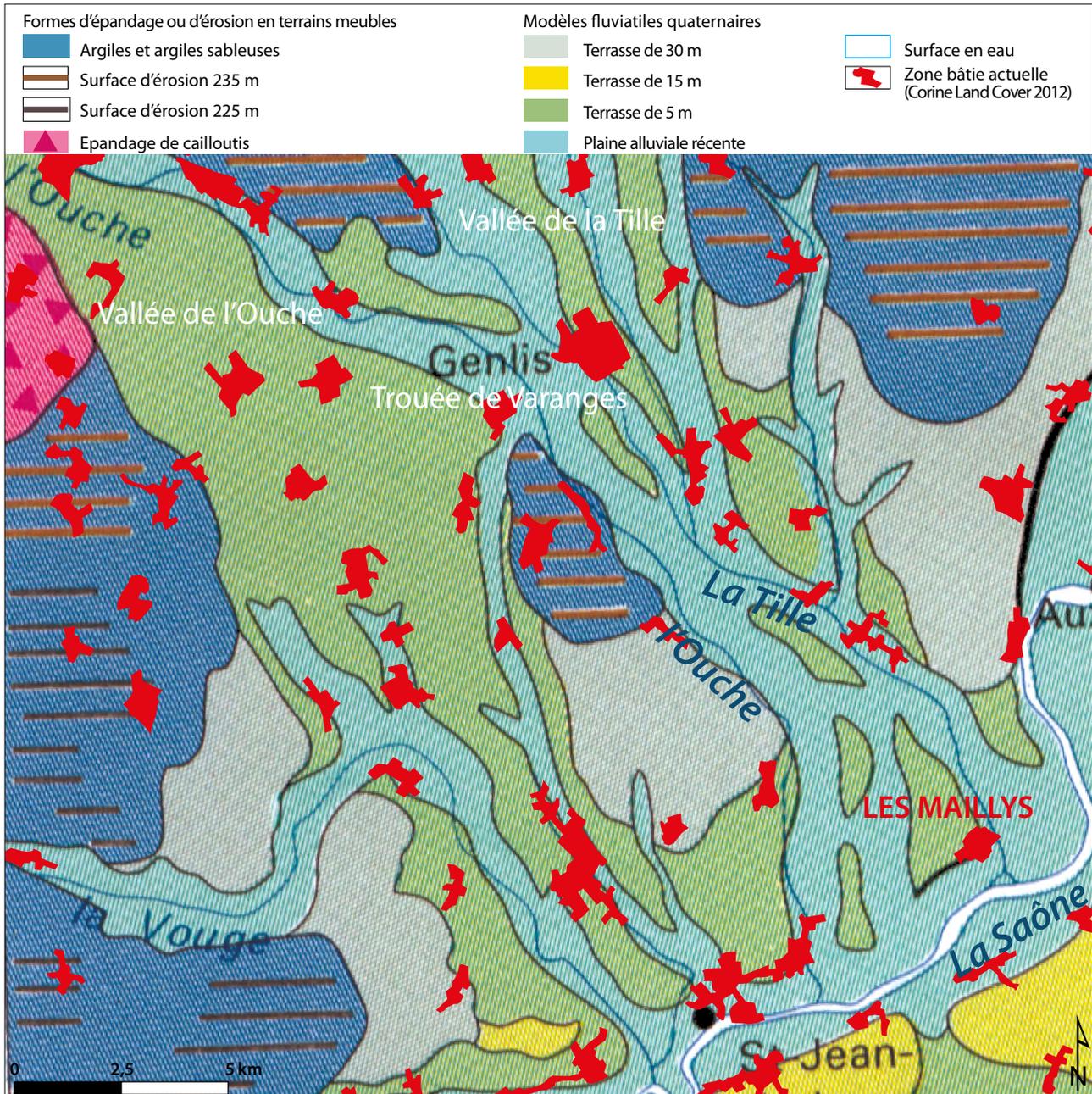


Fig. 17. Extrait de la carte pédologique de Dijon, dans le secteur des Maillys. Vignette géomorphologique (C. Fruchart Rurland 2017, d'après Chrétien 1976).

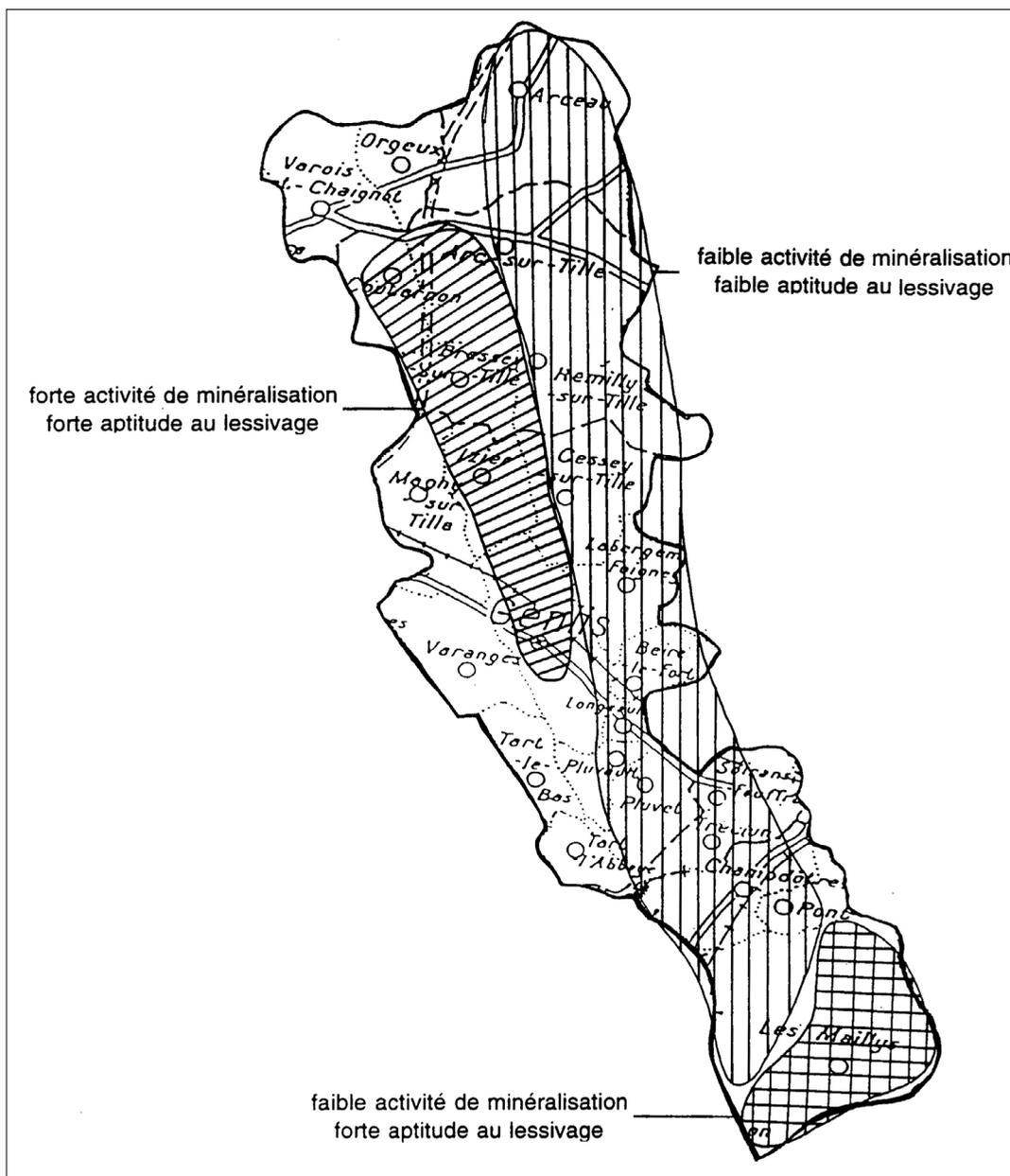


Fig. 18. "Carte des aptitudes des sols du bassin de la Tille au lessivage et à la minéralisation". In : Garrido 1997, carte n°9.

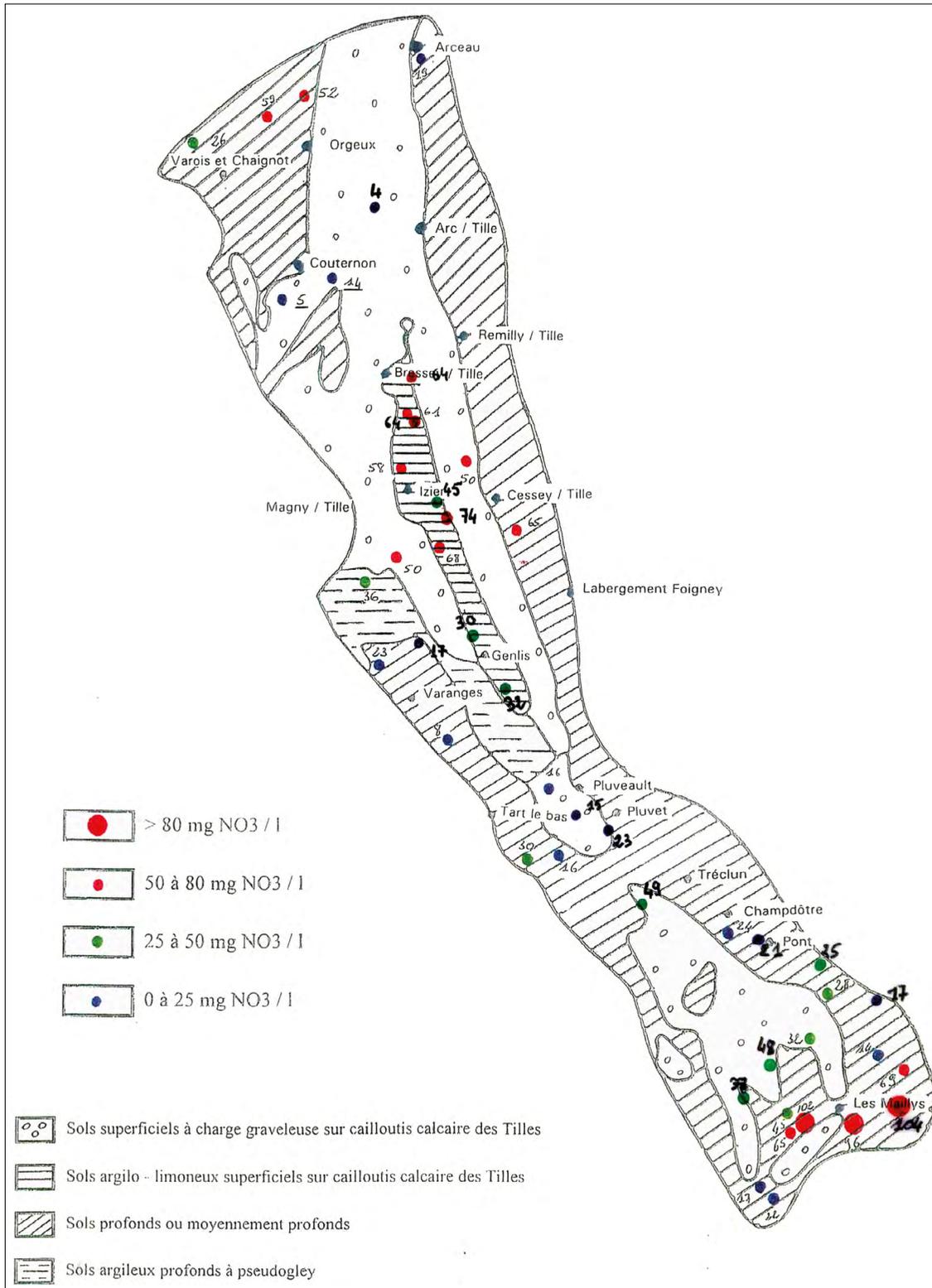


Fig. 19. "Carte des concentrations en nitrates des eaux à la sortie des arroseurs en 1996". In : Garrido 1997, carte n° 6.

Changements d'usage des sols depuis le début du XIX^e siècle

Aujourd'hui, comme en 1824, l'occupation du sol des Maillys renvoie surtout à des surfaces ouvertes : cultures, prairies, vergers (fig. 21 à 23, zones en beige). Pour la période actuelle, la répartition de l'usage des sols a été restituée d'après une orthophotographie de l'IGN de 2016, et à l'aide de bases de données existantes sur l'occupation du sol. La surface de référence choisie est 3050 ha, ce qui est un peu supérieur à la superficie du territoire communal (2 975 ha), car la surface en eau totale de la Saône qui borde les Maillys a été prise en compte (environ 100 ha).

En 2016 (fig. 21), 75 % du territoire communal sont cultivés ou en prairie, 16 % sont boisés, 6,5 % sont en eau (dont 3 % pour la Saône) et 2,5 % sont des zones construites.

En 1824 (fig. 22), 64 % du territoire communal sont exploités en cultures, prairies ou vergers ; 29 % sont boisés, 6 % sont des surfaces en eau (3 % pour la Saône) et 1 % du territoire est construit.

Le tableau suivant récapitule l'ensemble de ces données, et la figure 23 donne un aperçu planimétrique des changements. La modification la plus significative est la diminution importante des surfaces boisées, presque divisées par deux depuis 1824, au profit d'une extension des surfaces cultivées.

Type d'occupation	1824	2016	Différence : 2016 - 1824	Variation		
Culture, prairie, vergers	1950 ha	64 %	2286 ha	75 %	+ 336 ha	+ 17 %
Surface boisée	894 ha	29 %	482 ha	16 %	- 412 ha	- 46 %
Surface en eau	180 ha	6 %	201 ha	6,5 %	+ 21 ha	+ 11 %
Surface construite	26 ha	1 %	81 ha	2,5 %	+ 55 ha	+ 300 %
Total	3050 ha	100 %	3050 ha	100 %	-	-

Bien que la surface boisée ait fortement diminué, on voit, dans la partie orientale de la commune, une série de nouvelles petites surfaces forestières apparaissant dans des zones cultivées au XIX^e siècle (en vert clair). Et, sur 482 ha de surface forestière estimée en 2016, seulement 307 ha correspondent à un boisement constant entre 1824 et 2016 (vert moyen). Ce phénomène est encore plus marqué avec les surfaces en eau : l'emplacement des lits de cours d'eau a peu varié en deux siècles, mais les surfaces en eau fermées actuelles correspondent très peu à celles cartographiées en 1824. Sur environ 100 ha en eau actuellement (en excluant les rivières), la plupart des zones en eau sont nouvelles, et moins de 10 ha se confondent avec des points d'eau cartographiés en 1824. Il s'agit de deux gros étangs à l'ouest des Maillys, dont la taille actuelle (4 ha chacun environ) est très inférieure à celle du XIX^e siècle (12 ha et 34 ha environ). On a ici les indices d'une variabilité du réseau hydrographique sur des durées relativement courtes, avec un déplacement des zones en eau fermées, une diminution et un déplacement partiel des surfaces boisées.

L'ensemble de ces facteurs, qui évoquent un contexte paysager changeant à plusieurs titres, a compliqué le travail de détection et d'analyse des anomalies microtopographiques à partir des données LiDAR de l'IGN.

Le croisement de la carte des occupations (plan de G. Chouquer) avec celle des modifications du boisement, montre un probable effet de conservation différentielle des structures repérées par photo-interprétation, situées de façon privilégiée à l'emplacement de surfaces boisées en 1824 et ouvertes en 2016 (fig. 24, zones grisées). Les anciennes surfaces forestières semblent avoir mieux préservé certaines structures, probablement en grande partie des structures fossoyées (enclos et linéaments : traits fins brun plus foncé sur la carte de G. Chouquer). Les groupes d'enclos se trouvent de façon privilégiée dans des zones boisées en 1824 et déboisées aujourd'hui. Pour cette raison, on peut difficilement extrapoler des liens entre l'emplacement des zones d'occupations identifiées, et leur contexte actuel, topographique ou hydrographique. En effet, topographiquement, les surfaces concernées se confondent assez bien avec des zones d'altitudes intermédiaires, insérées à l'interface entre des espaces un peu plus élevés et des zones basses. Cette configuration topographique, mise en relation avec les changements constatés de boisement et d'hydrographie entre 1824 et aujourd'hui, fait penser à une dynamique paysagère d'assèchement progressif de cette zone depuis 1824, qui a rendu possible la conversion récente d'espaces forestiers en terres arables, et induit un mouvement de déplacement du boisement en direction de la Saône (fig. 25). Ainsi, une partie des linéaments détectés

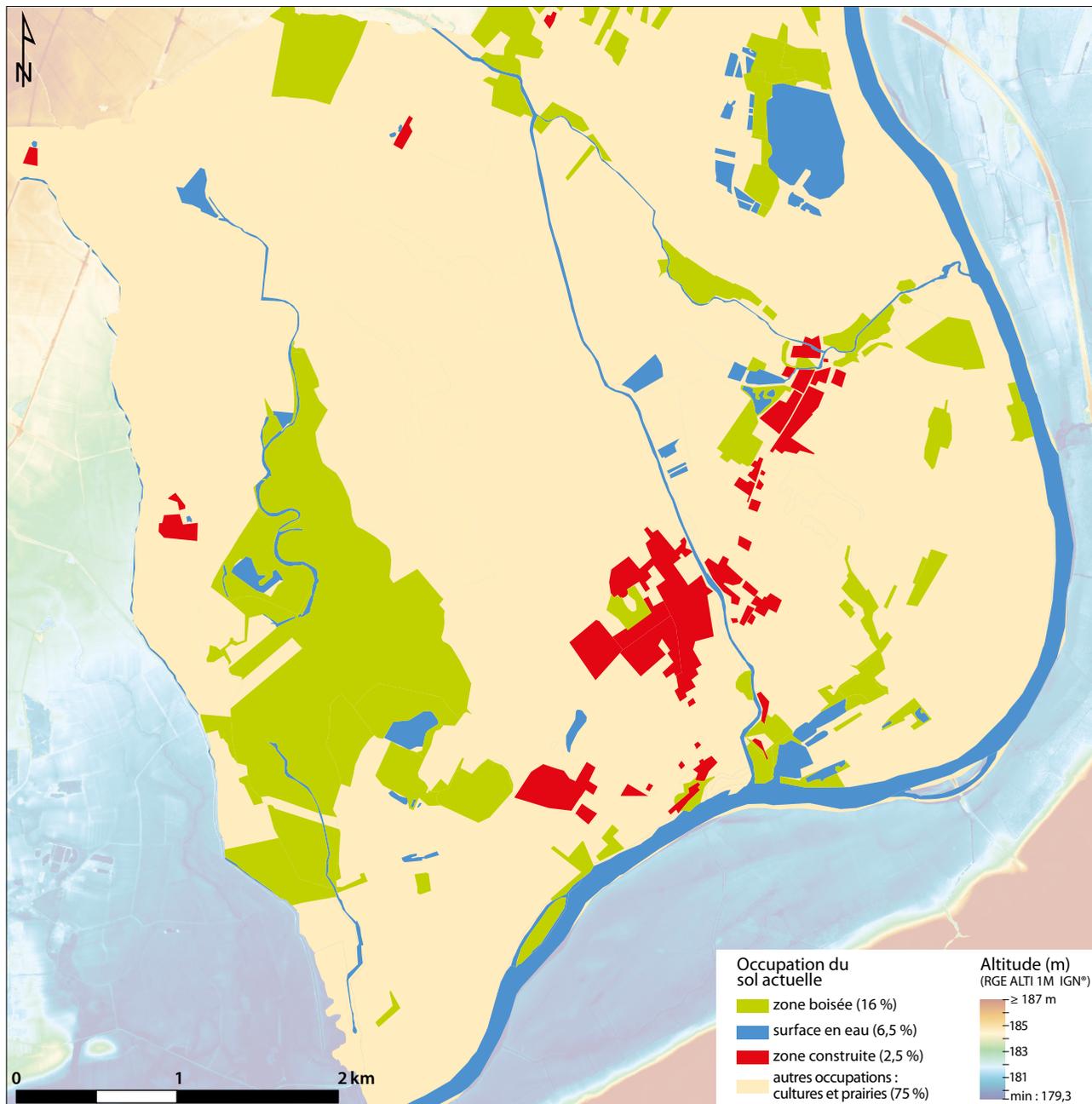


Fig. 21. Restitution de l'usage des sols actuel sur le secteur des Maillys (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après : BD Ortho 2016 et BD Forêt V2 IGN®, et BD CARTHAGE ONEMA).

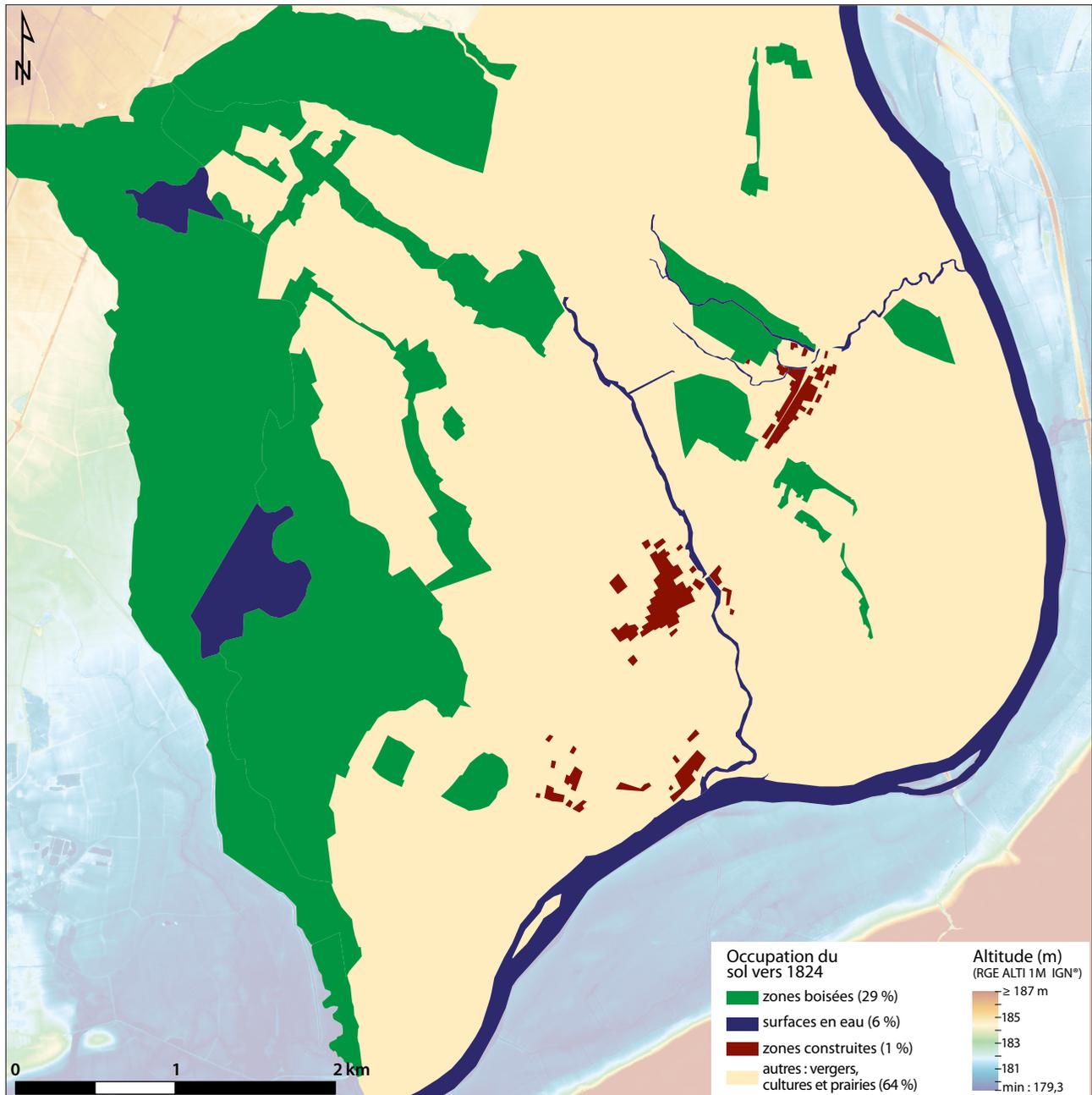


Fig. 22. Restitution de l'usage des sols vers 1824 (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après les données du plan cadastral napoléonien des Maillys (Archives Départementales de Côte-d'Or, cote 3P PLAN 368) et de la carte d'État-Major à l'échelle 1/40 000, Feuilles de Beaune nord-est et Besançon nord-ouest, 1824 et 1834).

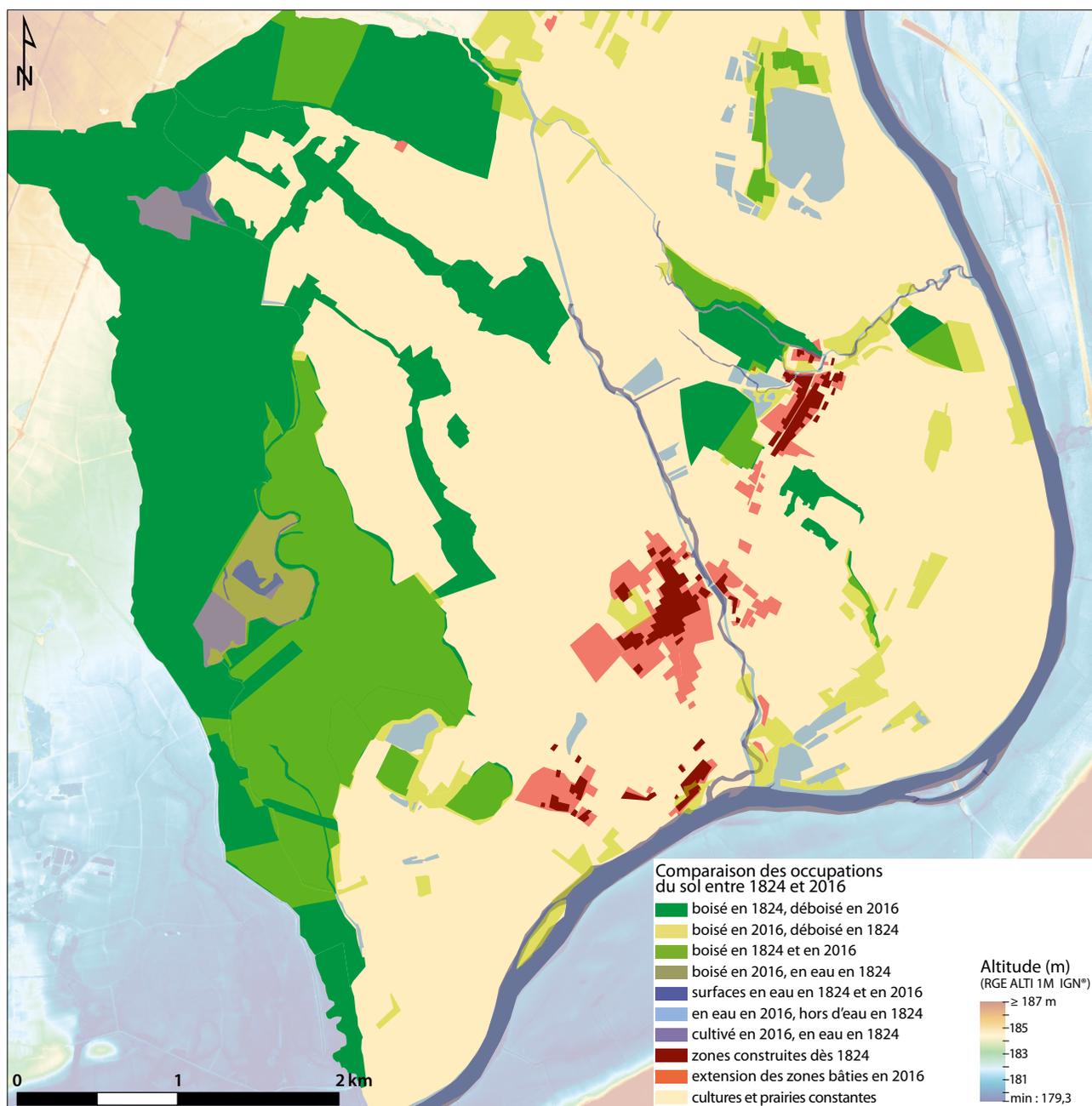


Fig. 23. Comparaison entre l'usage des sols aujourd'hui et vers 1824 sur le secteur des Maillys (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après : BD Ortho 2016 et BD Forêt V2 IGN®, BD CARTHAGE ONEMA, plan cadastral napoléonien des Maillys (Archives Départementales de Côte-d'Or, cote 3P PLAN 368) et carte d'État-Major à l'échelle 1/40 000, Feuilles de Beaune nord-est et Besançon nord-ouest, 1824 et 1834).

par photo-interprétation (traits bruns fins sur les plans de G. Chouquer) pourrait correspondre à des drains en lien avec l'assèchement contemporain d'anciennes surfaces forestières.

D'un point de vue archéologique, il en résulte qu'on ne peut savoir si l'emplacement des groupes d'enclos identifiés comme des aménagements antiques, correspond à un choix topographique ou environnemental attribuable à l'Antiquité, ou s'il s'agit d'un effet de source renvoyant à une dynamique paysagère contemporaine.

En revanche, malgré l'érosion répétée des labours depuis plus de deux siècles, l'empreinte topographique laissée par le système parcellaire évoquant des "Celtic" fields est détectable sur les photographies aériennes (traces larges sombres formant



Fig. 24. Comparaison de la carte des occupations établie par G. Chouquer avec celle des modifications du boisement entre 1824 et aujourd'hui (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après la carte générale du parcellaire antique compilée de G. Chouquer, la BD Forêt V2 IGN*, plan cadastral napoléonien des Mailllys (Archives Départementales de Côte-d'Or, cote 3P PLAN 368) et carte d'État-Major à l'échelle 1/40 000, Feuilles de Beaune nord-est et Besançon nord-ouest, 1824 et 1834).

un quadrillage sur la fig. 11), tout comme sur les données LiDAR. Le LiDAR a également permis de détecter quelques nouveaux aménagements alvéolés dans des zones boisées continûment dès la période moderne ("Bois Royaux"), ce qui confirme l'ancienneté de ces aménagements antérieurs à l'époque moderne.

APPORT DES DONNÉES LIDAR À L'ÉTUDE DU PARCELLAIRE DES MAILLYS

Indépendamment des résultats obtenus par photo-interprétation de clichés aériens, l'analyse de données LiDAR extraites du référentiel altimétrique de l'IGN, d'une résolution de 1 m, a révélé de nombreux microreliefs linéaires (fig. 26). La

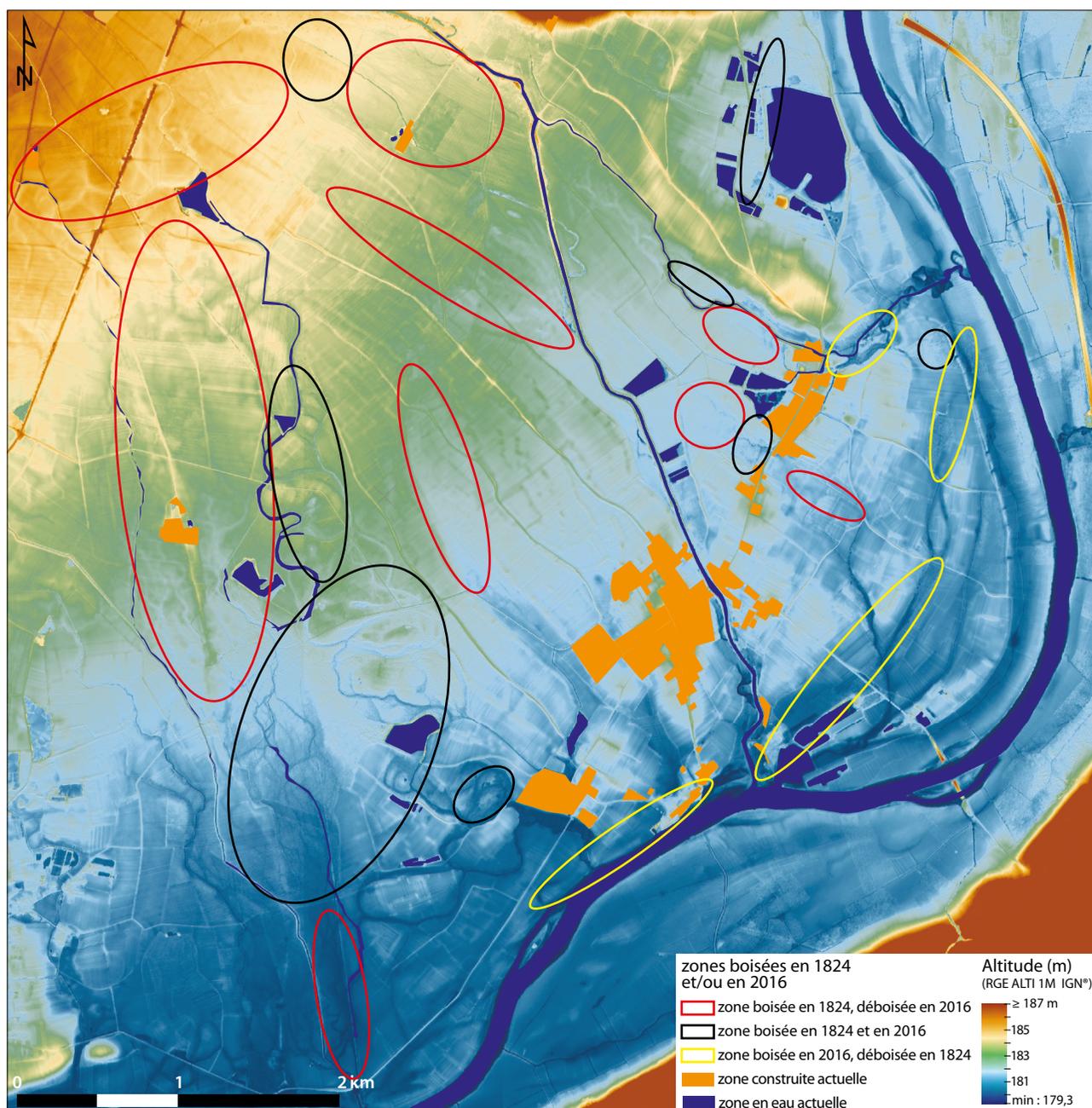


Fig. 25. Représentation schématique des zones de boisement entre 1824 et aujourd'hui, en fonction de la topographie (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après RGE ALTI 1M et BD Forêt V2 IGN*, plan cadastral napoléonien des Maillys (Archives Départementales de Côte-d'Or, cote 3P PLAN 368) et carte d'État-Major à l'échelle 1/40 000, Feuilles de Beaune nord-est et Besançon nord-ouest, 1824 et 1834).

plupart sont des levées (linéaments en jaune, rouge, brun et noir), et une petite partie d'entre eux sont des aménagements fossoyés (linéaments verts).

La plupart des structures fossoyées (vert clair) et environ la moitié des levées (en noir) sont superposables avec des limites parcellaires du plan cadastral de 1824. Les voies attribuables à la période gallo-romaine (en jaune sur la figure 26 et en jaune et orange sur la figure 27) forment en revanche un réseau vraiment différent de celui de 1824. Les voies du réseau antique détectées par LiDAR (en jaune) se superposent très bien avec celles du relevé de G. Chouquer (fig. 27, en orange). Les données LiDAR confirment aussi à plusieurs emplacements les tracés hypothétiques proposés par G. Chouquer (traits pointillés en orange), pour les voies v1, v3 et v10. De plus, la voie v10 peut être prolongée à l'ouest des Maillys, dans une zone actuellement boisée. De même, un probable prolongement vib de la voie v1, sur la rive gauche de la Saône au débouché sud du gué p1, a été détecté sur une longueur d'environ 500 m.

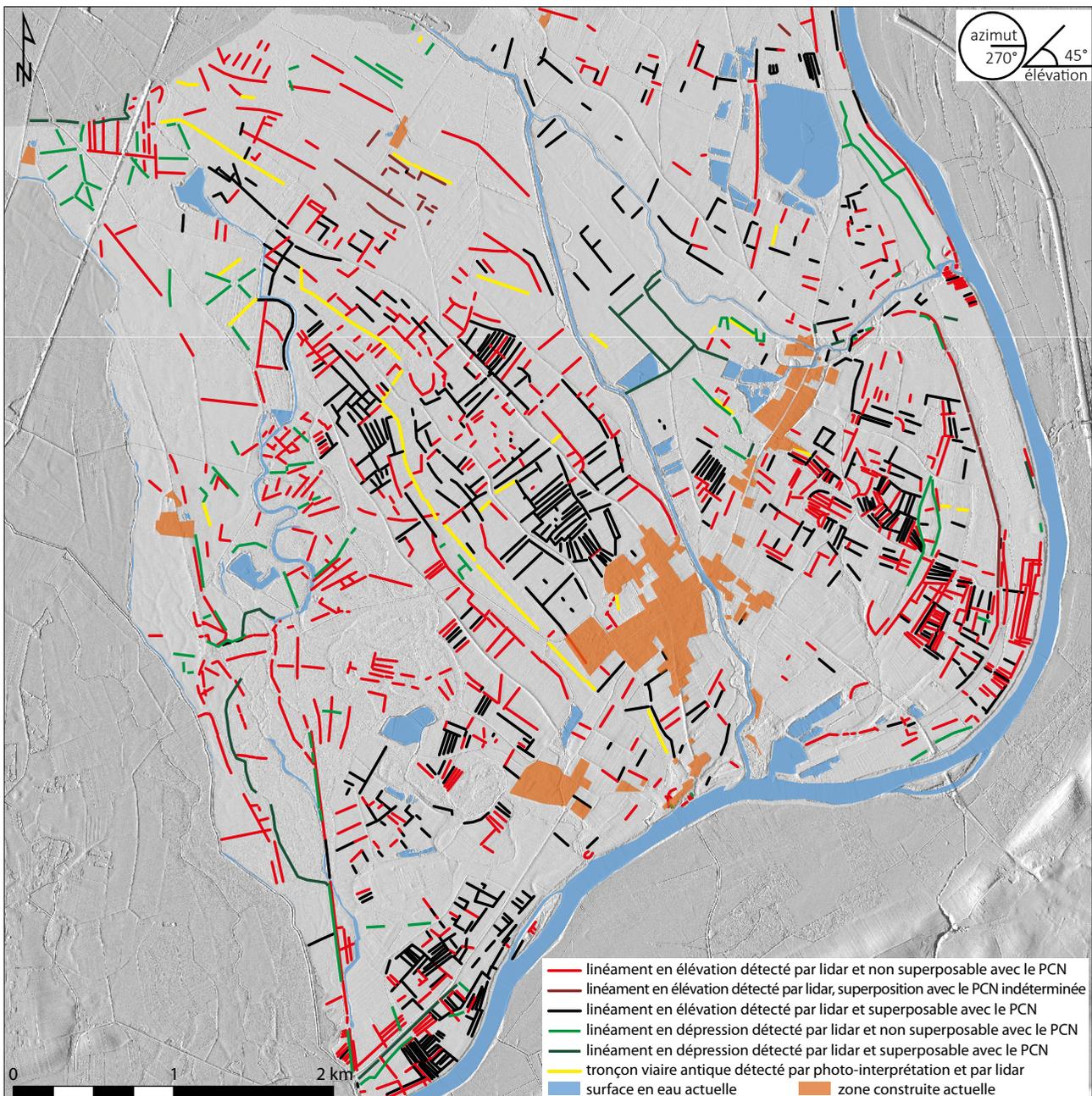


Fig. 26. Plan des structures relevées à partir de l'analyse des données LiDAR de l'IGN (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après RGE ALTI 1M IGN *).

Enfin, deux voies inédites v17 et v18 ont été identifiées. V17 est une voie orientée nord-sud, à l'ouest des Maillys, implantée sensiblement en symétrie de v5 par rapport à l'axe de v1. V18 est une probable voie qui longe la Saône dans la partie orientale des Maillys. On propose une datation antique, pour la raison suivante : G. Chouquer a émis l'hypothèse d'une voie romaine longeant la Saône (Chouquer 2009), mais il n'en propose aucun tracé hypothétique sur plan, faute d'indice phytographique prouvant son existence. La structure v18 détectée par télédétection LiDAR pourrait lui correspondre. Ce replat large de plusieurs mètres coiffe une levée (ancienne digue ?) parallèle à la Saône. La structure, partiellement détruite, est détectable par larges tronçons. Son tracé se distingue nettement de celui de deux voies ou chemins du plan cadastral de 1824. Topographiquement, v18 apparaît, malgré son érosion manifeste, comme un aménagement massif, bien plus que les chemins modernes empruntant partiellement le même axe. L'ensemble de ces facteurs évoque bien les caractéristiques d'une construction gallo-romaine, telle qu'on l'observe ailleurs par LiDAR (voir par exemple les profils de voies présentés dans l'Annexe 1 sur la forêt de Haye).

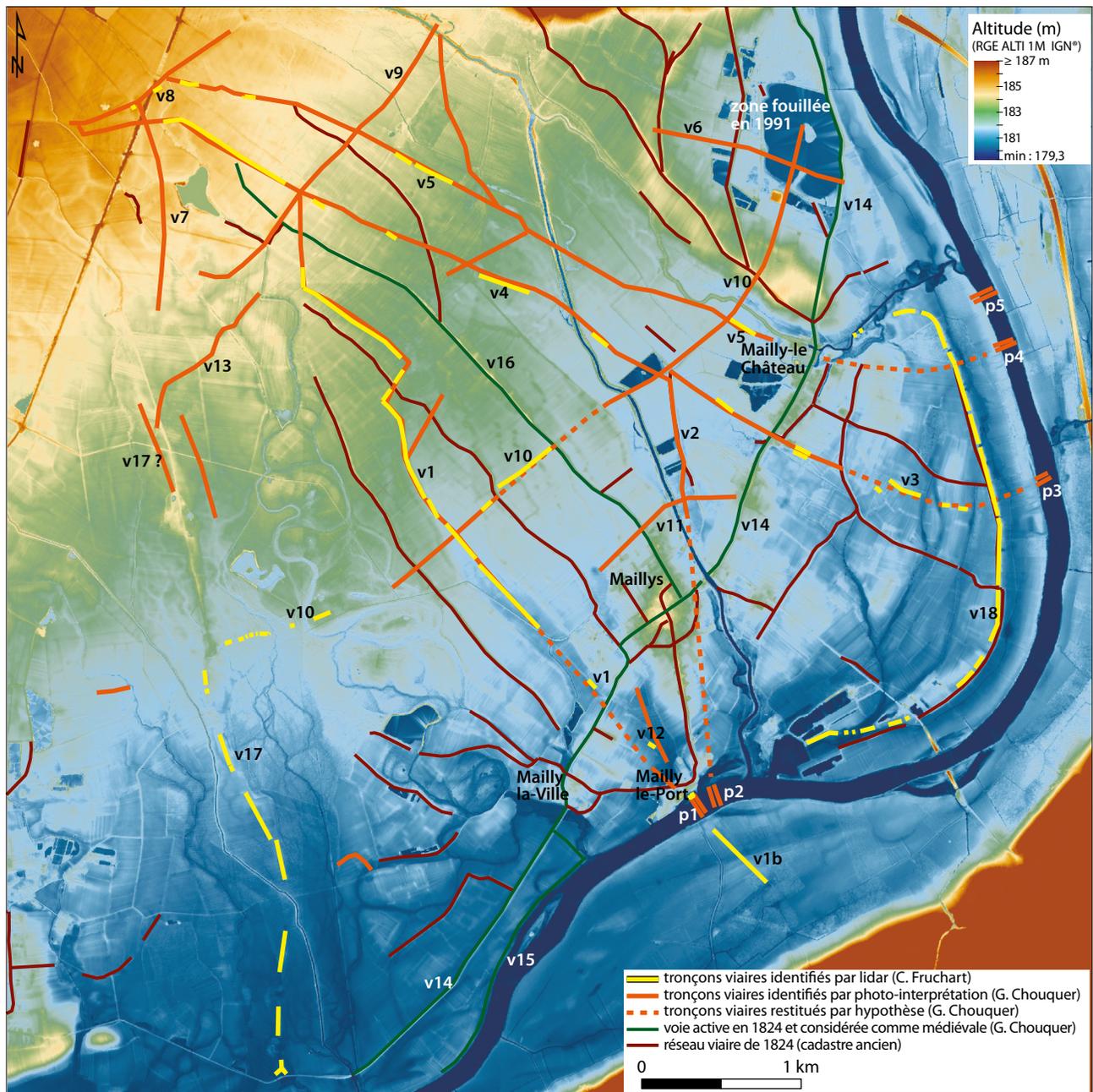


Fig. 27. Plan des éléments de voirie anciens relevés à partir de l'analyse des données LiDAR de l'IGN (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après RGE ALTI 1M IGN*).

Les différents réseaux viaires identifiés ont des spécificités planimétriques distinctes. Le réseau moderne (fig. 27, en brun) et médiéval (en vert), structuré en deux parties, s'articule autour de l'axe de v14 et des zones d'habitat actuel, confondues avec les zones d'habitat médiéval. V14 assure la desserte des zones d'habitat dans un axe sud-ouest / nord-est. À l'ouest de v14, plusieurs voies parallèles se dirigent vers le nord-ouest (Genlis, Dijon). Leurs tracés empruntent les zones les plus élevées (fig. 27, nuances de vert et de jaune). À l'est de v14, le réseau apparaît moins structuré qu'à l'ouest et évoque une fonction de desserte locale. Aucun de ces chemins n'est connecté aux anciens gués, et la traversée de la Saône ne semble pas être une fonction importante pour ce réseau moderne.

Le réseau considéré comme antique (fig. 27 et 28, en jaune et orange) a la même orientation générale nord-ouest / sud-est que le réseau moderne (contrainte naturelle imposée par l'orientation de la vallée de la Tille), avec un évasement prononcé des voies en direction du sud-est (v1, v3, v4, v5, v17), où elles débouchent sur la Saône à l'emplacement des gués. À l'inverse des voies modernes installées sur les terrains les plus élevés, les voies antiques empruntent les zones les plus basses (nuances de bleu les plus foncées sur le MNT). Ce choix topographique est très net pour v1 : la voie passe au milieu de la longue et étroite dépression de la "Noue de Lépinge", au débouché de laquelle se situe une zone d'habitat antique. Cette préférence topographique pour les terrains les plus bas se remarque aussi pour v17 et v3-v4. Les voies v9, v13, v10, parallèles et orientées sud-ouest / nord-est complètent ce réseau qui quadrille ainsi l'ensemble du territoire des Maillys. L'excellente restitution phytographique du carrefour entre v1 et v10 (fig. 6) montre une unité structurelle qui indique vraisemblablement la contemporanéité de ces voies. Toutefois, ce réseau d'époque romaine peut résulter de la transformation ou du développement d'un réseau antérieur, lié à une ou des occupations dont témoignent notamment le mobilier découvert au voisinage des gués, et les enclos funéraires ou d'habitat protohistoriques observés sur le territoire communal.

Pour le parcellaire, les correspondances entre les structures détectées par LiDAR et celles relevées par photo-interprétation sont moins systématiques que pour le réseau viaire. En particulier, la coïncidence entre les linéaments parcellaires représentés par des traits fins en brun sur les plans de G. Choquer, et les linéaments détectés par LiDAR dans les mêmes zones, est assez lâche. Ceci pourrait s'expliquer, entre autres, par la nature de ces aménagements, qui sont peut-être surtout des fossés. Ceci expliquerait leur mise en évidence sous forme d'anomalies phytographiques, et l'absence d'indices topographiques à la surface du sol, car ils sont totalement enfouis. Les résultats de la fouille de 1991 au nord-est des Maillys va dans le sens de cette hypothèse : les structures fouillées étaient fossoyées et correspondaient bien à des linéaments relevés par G. Chouquer et dessinés en traits fins bruns sur les plans.

On constate néanmoins une coïncidence partielle mais assez bonne des linéaments évoquant des "Celtic" fields, détectés par LiDAR et par photo-interprétation, et une complémentarité des planimétries de ces structures, détectées indépendamment sur clichés aériens et sur le MNT LiDAR. Sur la figure 29a, les traces larges quadrillant le sol, relevées par G. Chouquer sur les clichés aériens, ont été reportées sur SIG (en rose clair). Les linéaments en élévation détectés par LiDAR sont dessinés en violet sur cette même figure. Les zones de chevauchement entre les linéaires détectés par photo-interprétation et par LiDAR sont en rose foncé. Le chevauchement est partiel, mais les deux relevés superposés s'intègrent dans un même ensemble planimétrique formé de parcelles carrées ou rectangulaires, dont les côtés ont des longueurs et/ou largeurs comprises entre 50 m et 150 m environ.

À titre comparatif, la figure 29b montre un extrait de plan de "Celtic" fields à Hijkerfeld (Pays-Bas, d'après Arnoldussen, De Vries 2014). Ces aménagements sont des banquettes en élévation, détectées sur photographie aérienne (lignes épaisses en brun clair), et également observées par LiDAR puis partiellement fouillées (fig. 29b, lignes épaisses en brun plus foncé). À Hijkerfeld, ils sont liés à des habitats datés de l'âge du Fer. Les aménagements des Maillys présentent les mêmes caractéristiques que les structures décrites par Arnoldussen et De Vries (2014).

L'extrait du MNT des Maillys (fig. 30) montre les banquettes qui délimitent ces champs quadrangulaires. Sur les clichés aériens, elles apparaissent avec une couleur sombre évoquant plutôt des fossés, de prime abord. G. Chouquer avait déjà émis en 2009 l'hypothèse qu'il pouvait s'agir de banquettes en surélévation, et non d'aménagements fossoyés (Chouquer 2009, 224). Le rapprochement de l'interprétation des orthophotographies avec l'information extraite des données LiDAR prouve que ces anomalies phytographiques correspondent bien à des élévations.

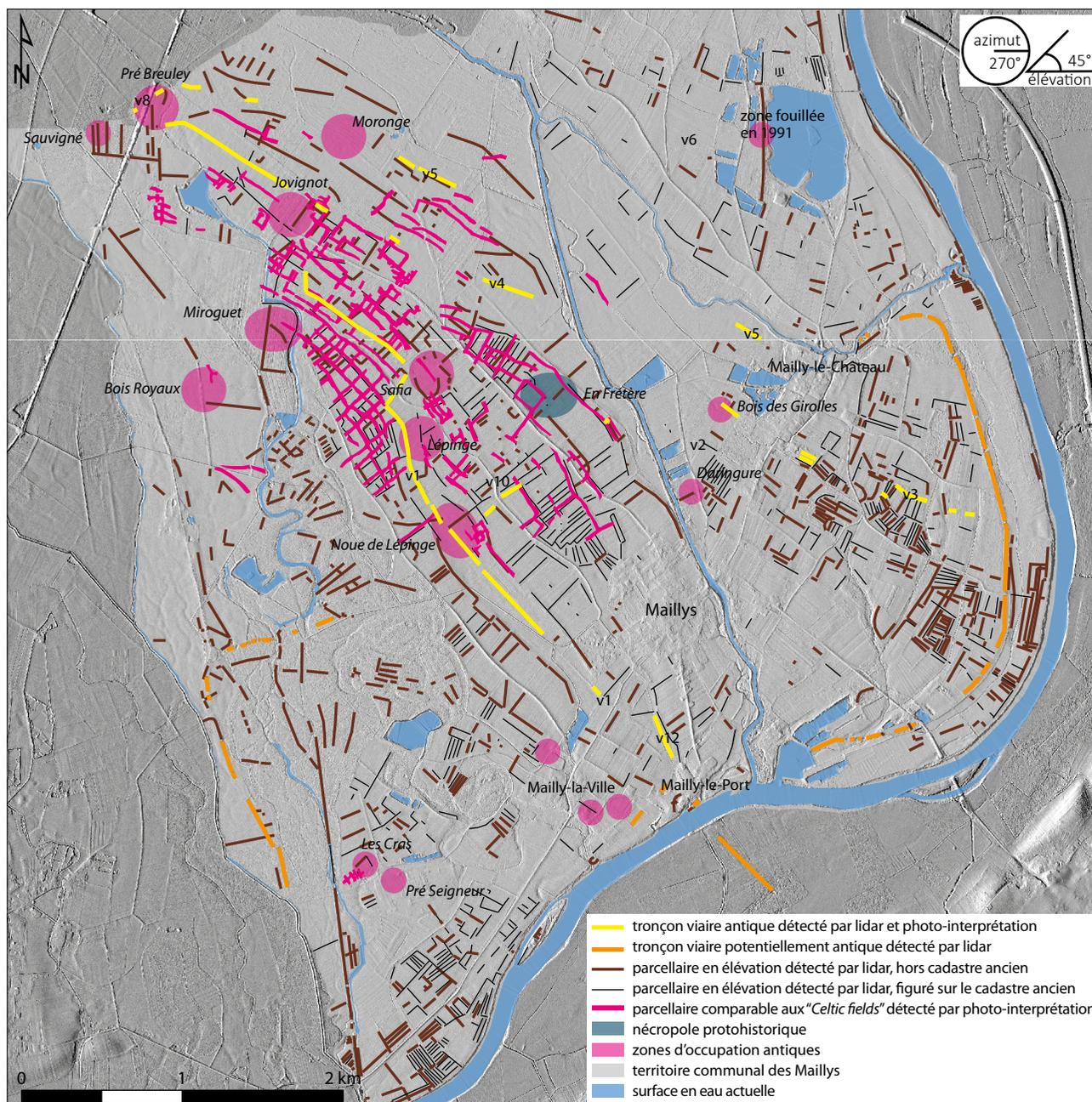
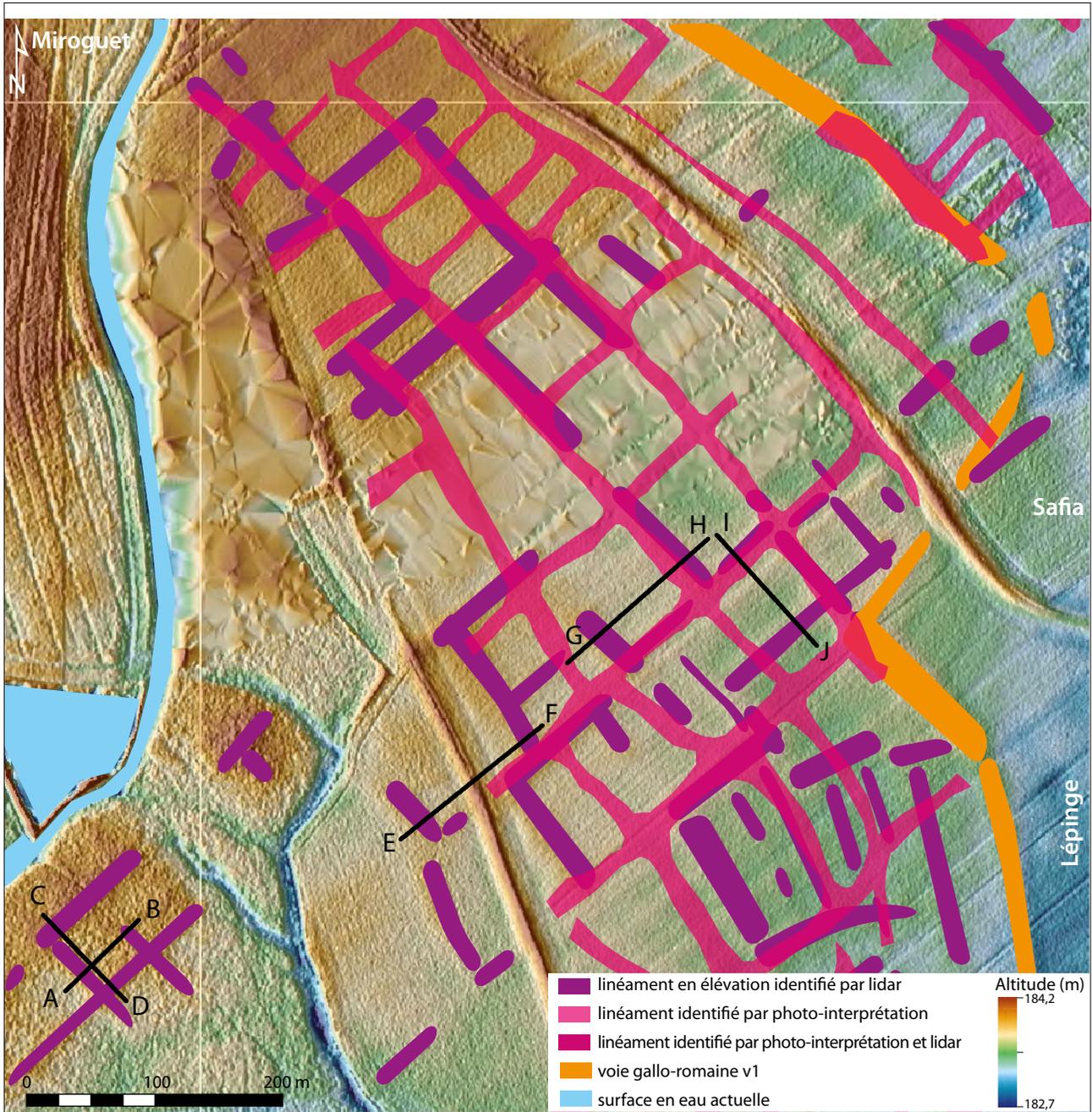
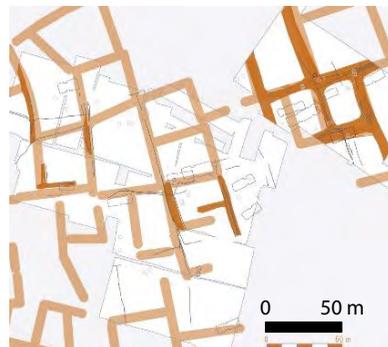


Fig. 28. Plan des zones d'occupation, des aménagements parcellaires et des éléments de voirie considérés comme antiques relevés sur le secteur des Maillys (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après la Carte générale du parcellaire antique compilée de G. Chouquer et les données du RGE ALTI 1M IGN *).



a - Les Maillys - Aménagements parcelaires formant des structures alvéolées de type "Celtic" fields



b - Extrait de plan de "Celtic" fields à Hijkerfeld (Pays-Bas)

Fig. 29. Aperçu comparatif entre les aménagements parcelaires formant des structures alvéolées de type "Celtic" fields aux Maillys et des "Celtic" fields à Hijkerfeld (Pays-Bas). Extrait de plan in : Arnoldussen, De Vries 2014, fig. 12 p. 101 (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après RGE ATI 1M IGN* et Arnoldussen, De Vries 2014).

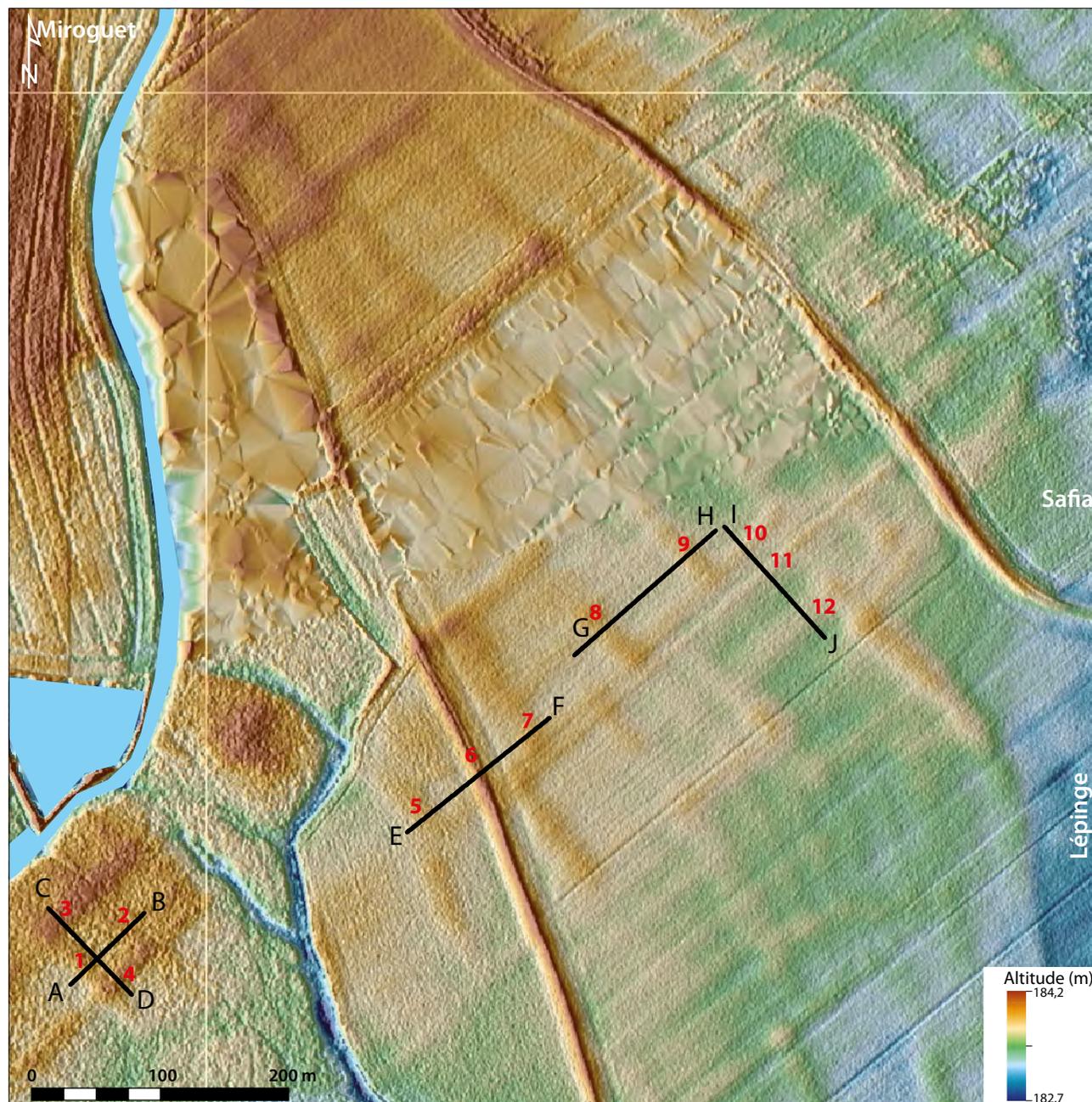


Fig. 30. Vue rapprochée sur les aménagements parcelaires formant des structures alvéolées de type "Celtic" fields (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après RGE ATI 1M IGN *).

L'aspect sombre des banquettes s'explique probablement par les spécificités du sol et du sous-sol de cette zone : le sol est certainement plus épais à l'emplacement des banquettes, plus tassé et peut-être plus riche en limons ou argile. De ce fait, il se dessèche moins vite que la zone centrale en dépression, plus sensible à la grande porosité du sous-sol. On peut envisager qu'aux Maillys, un plus fort taux d'humidité ne traduit pas nécessairement une excavation, mais qu'il traduit aussi une différence physique et/ou chimique du sol, et une surépaisseur de sol, qui est en élévation par rapport à l'altimétrie locale moyenne. La figure 31 présente quelques profils des structures des Maillys. Les reliefs sont très arasés, mais ils s'apparentent néanmoins sans ambiguïté à la morphologie typique de certains "Celtic" fields néerlandais et allemands, définie par des limites de champs formant des banquettes en élévation, et une partie centrale carrée ou rectangulaire en dépression. Les structures les mieux conservées se situent dans une forêt ancienne (profils AB et CD). Les banquettes ont une hauteur maximale de 20 cm ; leurs largeurs peuvent être estimées à 20 m pour les structures les mieux préservées (sous forêt), et jusqu'à 40 m environ pour les levées les plus érodées (EF et GH).

Sur cette même zone, une vue rapprochée de la superposition du plan formé par ces levées (lignes en rose et violet) avec celui que dessinent les limites parcellaires du cadastre de 1824 (lignes en vert) montre la coïncidence très partielle des banquettes avec le parcellaire contemporain. On observe par endroits (fig. 32) une nette discordance d'orientation entre les banquettes et le parcellaire du XIX^e siècle. En outre, la voie v1 semble recouper une levée, à l'endroit où elle décrit un coude (fig. 32, en rouge). C'est un possible indice d'antériorité de l'élément parcellaire par rapport à la voie.

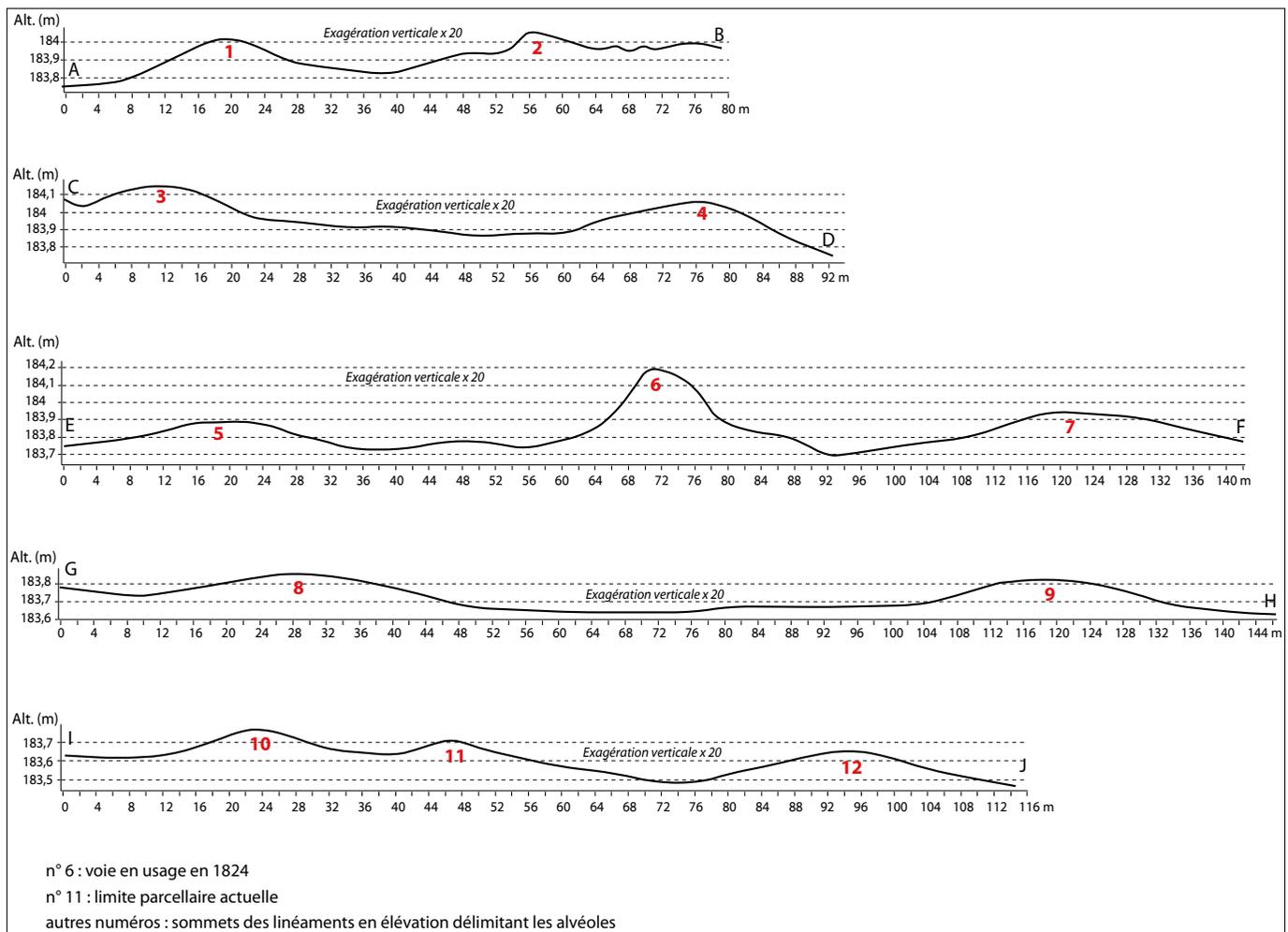


Fig. 31. Profils de quelques aménagements parcellaires formant des structures alvéolées de type "Celtic" fields (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après RGE ATILM IGN *).

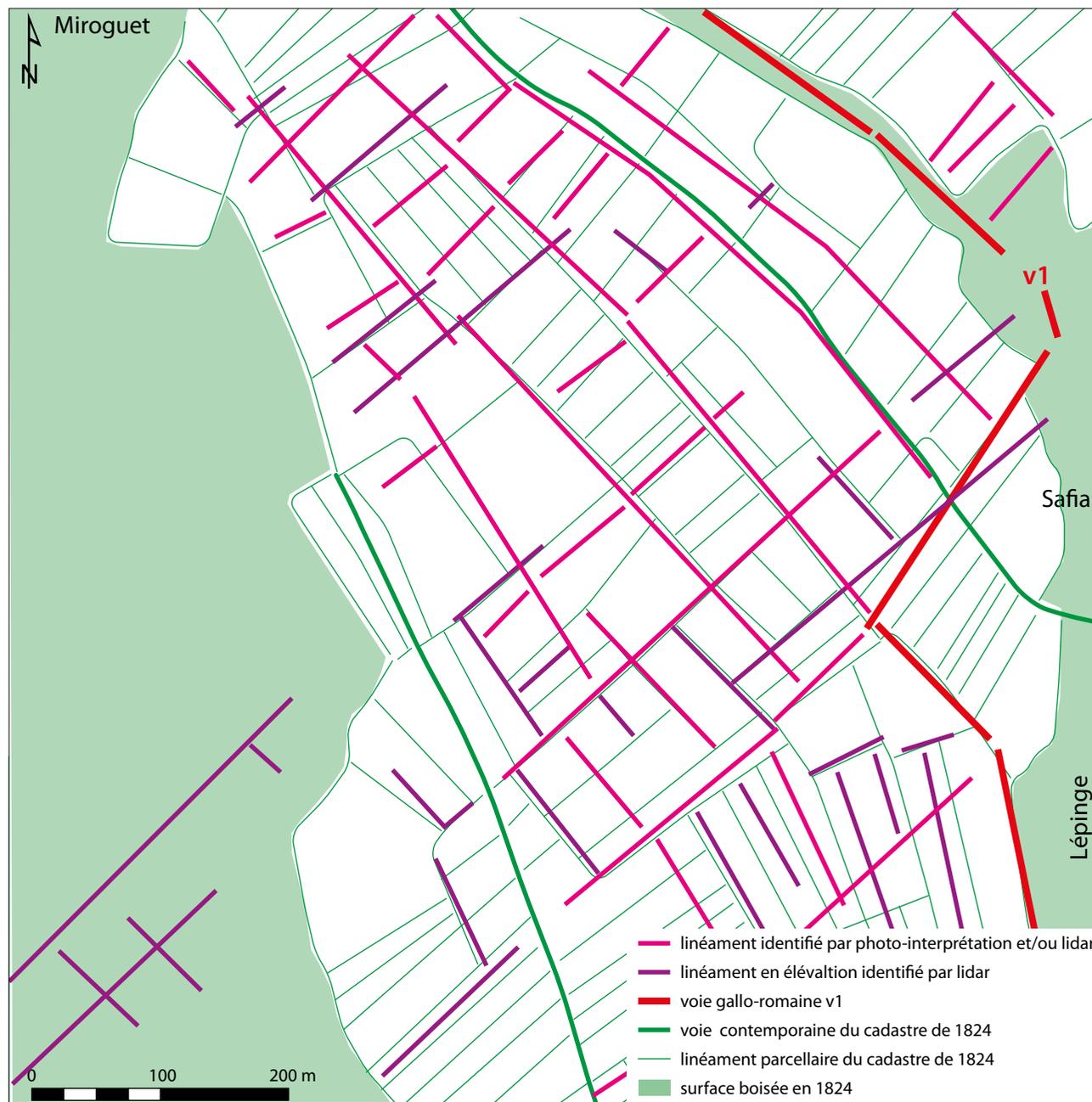


Fig. 32. Discordances planimétriques entre les aménagements parcellaires "alvéolés" et le plan parcellaire extrait du Cadastre ancien de 1824 (C. Fruchart, Rurland 2017, d'après RGE ATI 1M IGN *, plan cadastral napoléonien des Maillys (Archives Départementales de Côte-d'Or, cote 3P PLAN 368) et d'après la carte générale du parcellaire antique compilée de G. Chouquer).

Évaluation de la nature du système parcellaire aligné sur la voie romaine Dijon-Langres (“centuriation de Mirebeau”)

Guillaume Bellec, Élise Fovet, François Favory,
avec la collaboration de Gérard Chouquer

Dans le cadre du programme RurLand, on a procédé à une évaluation du réseau parcellaire orthonormé appuyé sur le tracé rectiligne de la voie antique Dijon-Langres entre Bellefond, Til-Châtel et Montsaugeon (Côte-d'Or).

Ce réseau, interprété par Gérard Chouquer comme une centuriation, a été présenté de manière superficielle pour la première fois dans deux publications synthétiques au début des années 80 (Chouquer & Favory 1980, 62, fig. 34 ; p. 63 ; p. 69, fig. 38, et Chouquer 1983). Le dossier a été repris de manière plus substantielle par l'auteur dans sa contribution à la *Carte archéologique de la Côte-d'Or* (Chouquer 2009, 234-243).

Dans les quelques pages illustrées consacrées à cette centuriation, dite de Mirebeau, G. Chouquer en a précisé l'orientation et le module linéaire¹ de la centurie (Nord géographique 28° Est, 20 *actus* de côté).

Notre intérêt pour cette centuriation a été aiguïté par plusieurs questions :

Quelle est l'extension de sa *pertica* ? On entend par *pertica* le réseau orthonormé des *limites*, c'est-à-dire les lignes implantées par les arpenteurs antiques, et équidistantes dans l'une et l'autre des deux directions orthogonales.

Quel est le meilleur calage de la grille des *limites* ? Autrement dit, quelle est la restitution de la grille des *limites* qui permet d'intégrer le plus grand nombre de linéaments dotés d'une longueur significative et considérés comme des vestiges de *limites* ? Cette restitution doit structurer les linéaments significatifs dans les deux directions orthogonales de la centuriation. La restitution de la *pertica* par G. Chouquer retient la voie Dijon-Langres comme l'axe directeur de la limitation.

Ce réseau parcellaire régulier est-il bien une centuriation ? Depuis les années 1980, marquées par le vif intérêt de nombre de chercheurs pour les centuriations romaines, la validation des résultats s'est affinée. Désormais, l'identification d'une centuriation doit être validée par une évaluation du pourcentage de *limites* conservés et pérennisés dans le paysage², et par une enquête à grande échelle des limites parcellaires pour confirmer l'arpentage antique, repérer les formes de subdivision des centuries et étudier la métrologie des unités intermédiaires, de leur partition interne et de la parcellisation.

La présente annexe présente les résultats d'une enquête statistique sur le niveau de pérennisation des *limites* de la centuriation hypothétique et sur le calage topographique le plus satisfaisant de la grille des *limites* théoriques.

1. On désigne ici par “module linéaire”, l'intervalle entre deux croisements de *limites subrunci*, établis par l'arpentage initial, parallèlement aux deux axes fondateurs de la centuriation, *decumanus* et *cardo maximi*. Ces *limites subrunci* délimitent les centuries et forment la grille de la centuriation, la *pertica*.

2. Guy 1993, 67-68 ; Chouquer 2000, 56, à propos des travaux d'A. Pérez en Languedoc central et occidental ; Chouquer 2009, 235, à propos de cette même centuriation de Mirebeau.

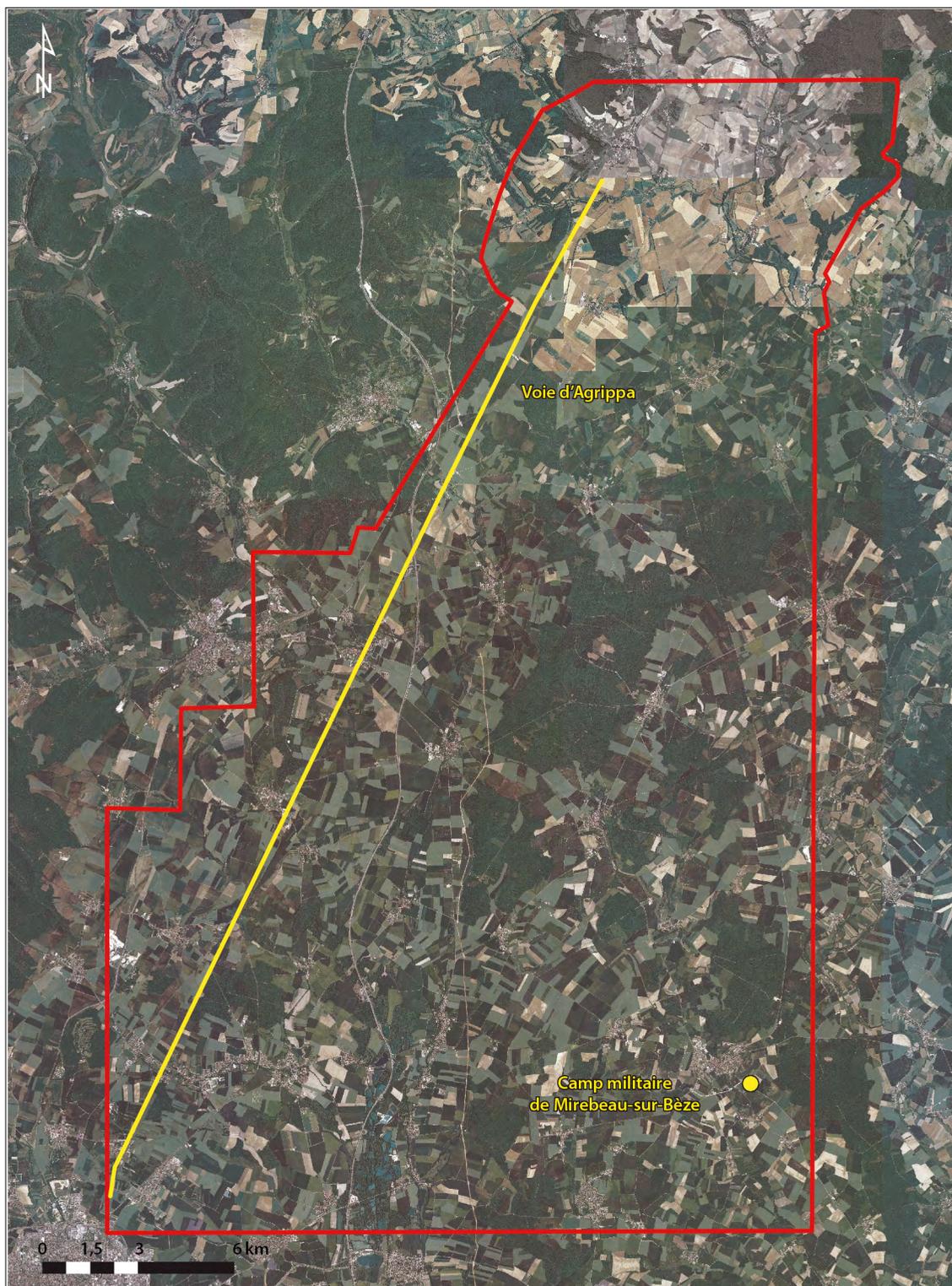


Fig. 1. Zone d'étude (fond IGN : BD ORTHO * 5 m, DAO G. Bellec, RurLand).

PRÉPARATION DES DONNÉES

Cette enquête a été conduite à partir de l'information fournie par la BD Parcellaire® de l'Institut Géographique National (IGN, 2014),

Sélection des la zone d'étude

Dans le cas du réseau dit "de Mirebeau", nous avons décidé de nous focaliser sur l'espace entre la voie d'Agrippa (actuelle route départementale 974) et le camp militaire de Mirebeau-sur-Bèze, faisant ainsi abstraction de collines boisées à l'ouest, du début de la vallée des Tilles, de l'agglomération dijonnaise au sud et de la bifurcation de la voie à Vaux-sous-Aubigny au nord. Cette zone couvre 608 km² (fig. 1).

Ce choix est motivé par deux facteurs. Les travaux déjà effectués par G. Chouquer, qui avait choisi une partie de cette zone le long de la voie (Chouquer 2009, 233-243). Ensuite, les similitudes d'orientation entre le camp militaire de Mirebeau (28° à l'est par rapport au nord géographique) et la voie d'Agrippa (NL 26° E), malgré les 17 km qui les séparent, laissent supposer que l'analyse de cette zone contient très probablement les réponses à nos questions sur l'existence d'un réseau centurié dans ce secteur géographique du bassin versant de la Saône.

Traitement de l'information parcellaire

Dans la BD Parcellaire® de l'IGN, fournie au format vecteur, les éléments du parcellaire sont représentés sous forme de "polygones". Pour calculer les orientations des linéaments parcellaires, les données ont été converties au format ligne, puis fractionnées aux sommets afin d'obtenir des segments rectilignes, cohérents dans leur orientation (fig. 2). Les linéaments parcellaires ainsi obtenus peuvent être très petits et leur nombre est très important (677 272). On a ensuite procédé au calcul de l'orientation de chaque linéament. Ce procédé nous permet ensuite de sélectionner tous les éléments de la BD Parcellaire® suivant une orientation.

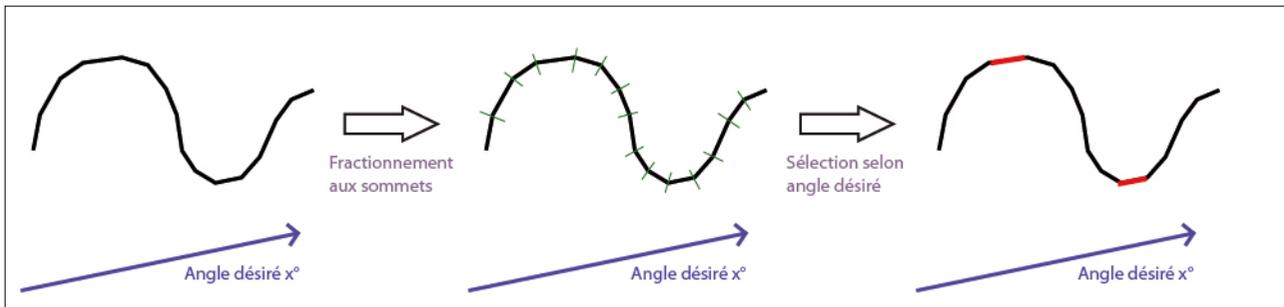


Fig. 2. Procédure utilisée pour le traitement de la BD Parcellaire® (DAO G. Bellec, RurLand).

MÉTHODE

Pour prendre en compte une certaine marge d'incertitude et d'imprécision dans les tracés, qui ont notamment pu évoluer depuis la période romaine, nous accordons une tolérance de 2° de chaque côté des linéaments qui nous intéressent (NLambert 26° E) et la création d'un zone tampon d'un cinquième du module linéaire choisi pour les intervalles entre les *limites* théoriques. Cette zone tampon a été définie de manière large dans un premier temps, pour ouvrir les possibilités de trouver un réseau centurié à Mirebeau. Il était prévu que si les résultats obtenus s'avéraient concluants, nous affinerions les seuils de sélection, en étant plus restrictifs.

Sélection des éléments du système parcellaire actuel isoclines avec la voie d'Agrippa

Il a été convenu, à partir des travaux de G. Chouquer, que la voie antique d'Agrippa (Dijon/Langres) orientée à NL 26° E serait la référence d'orientation des linéaments de notre étude. Conscients des changements survenus dans le parcellaire entre les périodes antique et actuelle, nous avons décidé d'appliquer une tolérance angulaire de 2° de chaque côté des linéaments. Les fourchettes retenues sont précisées dans la figure 3.

Orientation par rapport à la voie (26°)	Angle 1	Angle 2	Nombre de linéaments
Parallèles	$24^{\circ} \leq 26^{\circ} \leq 28^{\circ}$	$204^{\circ} \leq 206^{\circ} \leq 208^{\circ}$	30336
Perpendiculaires	$114^{\circ} \leq 116^{\circ} \leq 118^{\circ}$	$294^{\circ} \leq 296^{\circ} \leq 298^{\circ}$	26826

Fig. 3. Marges d'imprécision utilisées pour la sélection des linéaments isoclines (G. Bellec, RurLand).

Comparaison avec le module de la centuriation étudiée et comparées

Définir le module des centuries

La centuriation dite "de Mirebeau" comporte des centuries carrées de 20 *actus*, pour une valeur métrique de 710 x 710 m et des demi-centuries de 355 x 355 m.

Représentation de la grille théorique dans le parcellaire

Pour quantifier le degré de représentation de la grille théorique dans le parcellaire actuel, nous avons cherché à calculer dans quelle proportion (longueur cumulée) on la trouve matérialisée par les linéaments parcellaires. Il s'agit en pratique de remanier la grille théorique de centuriation par une zone tampon créée autour des linéaments parcellaires et viaires isoclines avec la grille. La taille de la zone tampon vise à prendre en compte une marge d'incertitude, que nous avons fixée dans un premier temps de manière assez large : elle correspond à un cinquième du module linéaire choisi pour les intervalles entre les *limites* théoriques.

Dans l'exemple qui suit, nous avons effectué une détection sur des demi-centuries : des carrés de 10 *actus* de côté, soit 355 m. Une zone tampon de 71 m (un cinquième de 355 m, équivalent à 2 *actus* linéaires) a été créée de part et d'autre des linéaments parcellaires et viaires (soit un *actus* ou 35,5 m de chaque côté) (fig. 4 et 5).

L'étape suivante a consisté à reformuler la grille d'analyse (le module choisi est ici 10 *actus*, soit 355 m), en la découpant par les zones tampons des linéaments parcellaires et viaires sélectionnés (fig. 6 et 7).

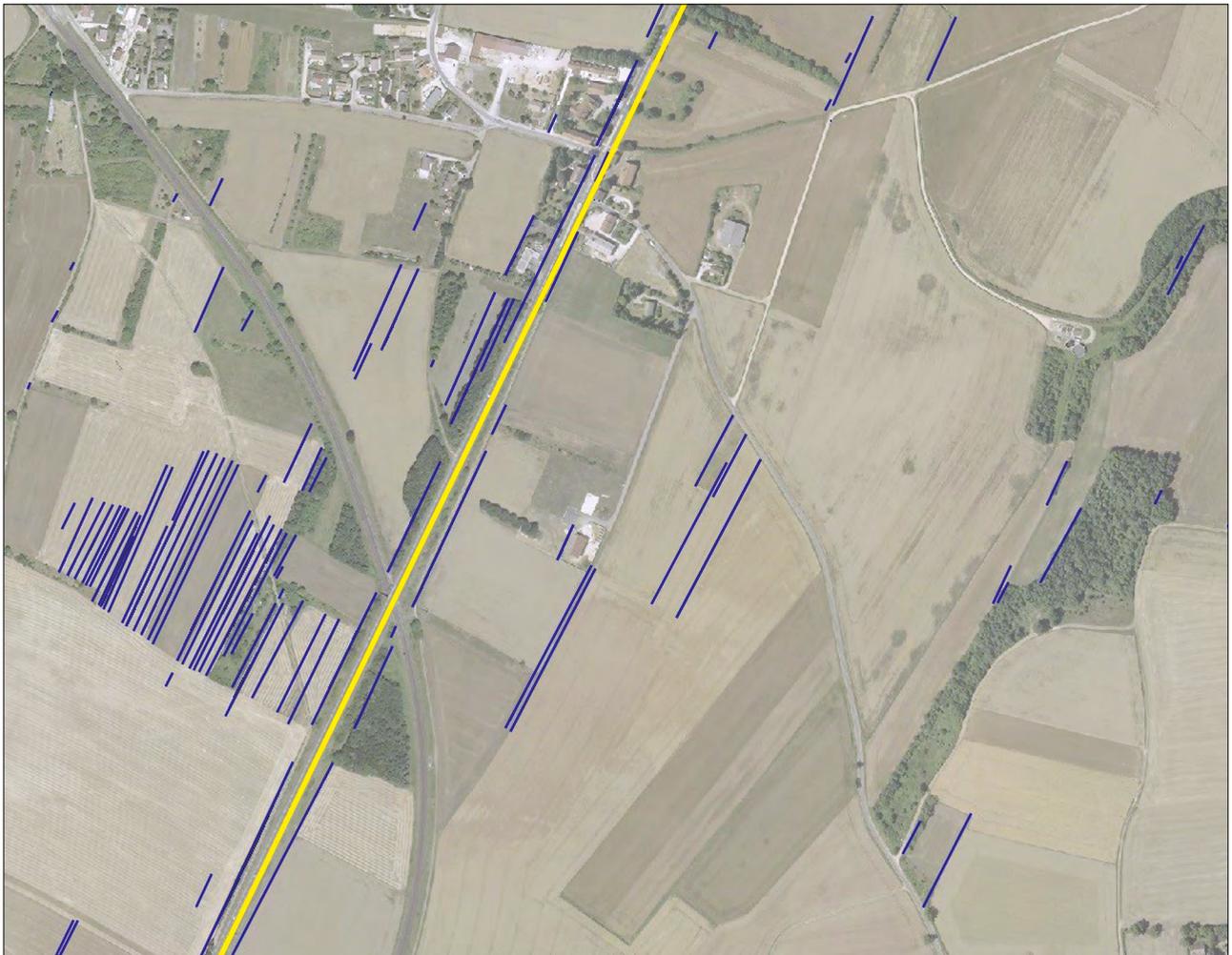


Fig. 4. Sélection des linéaments isoclines (avec une marge d'imprécision de 2°) (G. Bellec, É. Fovet, RurLand, fond IGN : BD ORTHO ° 50 cm).

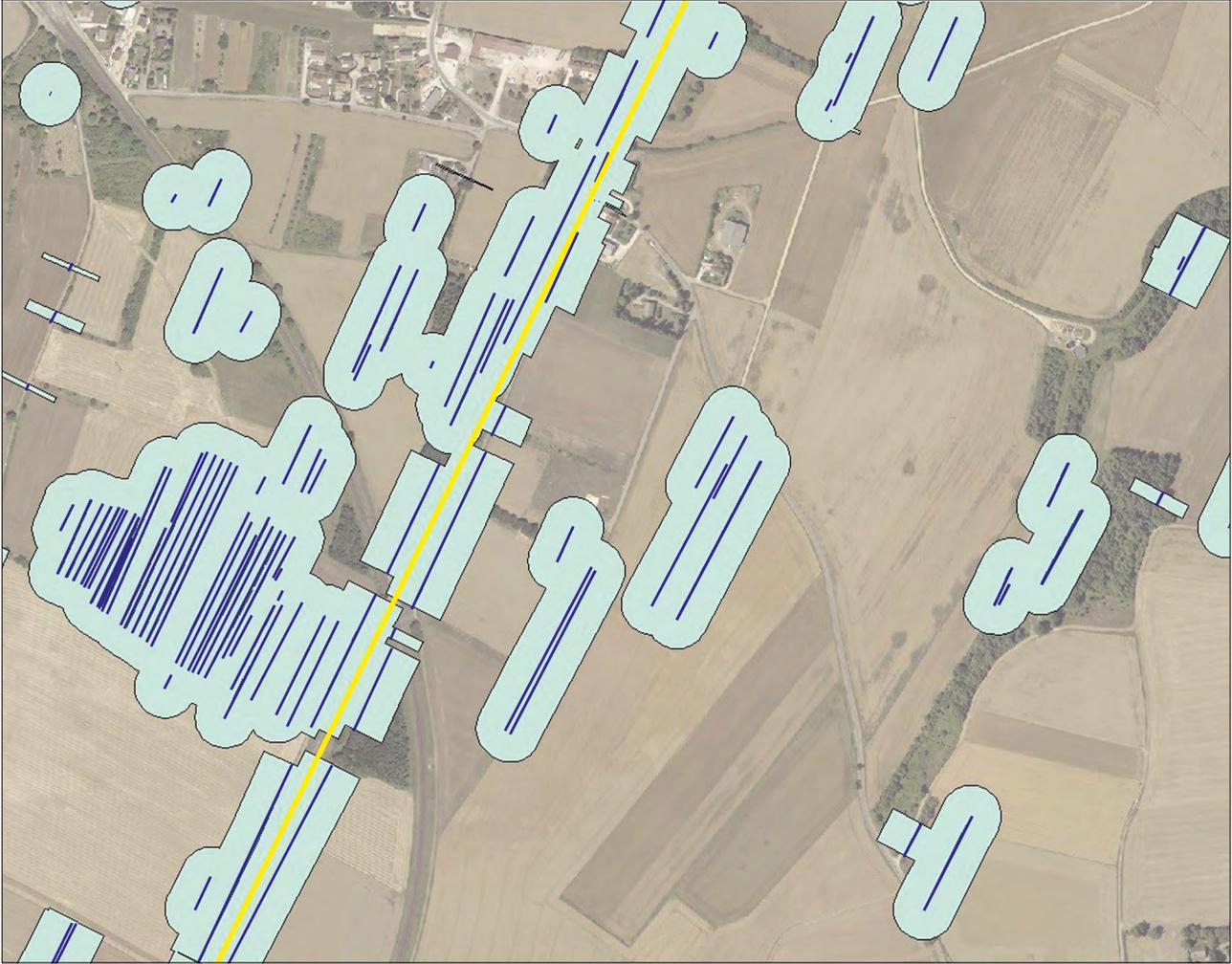


Fig. 5. Zones tampons autour des linéaments sélectionnés (G. Bellec, É. Fovet, RurLand, fond IGN : BD ORTHO ° 50 cm).

Calage de la grille

Afin de trouver le meilleur calage de la grille des *limites*, nous avons réalisé plusieurs tests et comparé les résultats, c'est-à-dire les longueurs cumulées des linéaments parcellaires et viaires suivant l'inclinaison et le module linéaire de la centuriation étudiée.

Pour couvrir toute la zone analysée, ces modules sont déplacés cinq fois dans la même direction, sur une distance équivalente au cinquième du module linéaire de la centuriation choisi, pour rechercher la meilleure adéquation entre la position des *kardines* et des *decumani* théoriques et les linéaments isoclines – c'est-à-dire celle permettant d'obtenir les longueurs cumulées les plus élevées. À l'issue de cette opération, nous obtenons cinq relevés de longueurs cumulées selon les différentes positions géographiques de la grille théorique.

Sélection sur 3 zones plus ou moins proches de la voie d'Agrippa

Afin de mieux évaluer le potentiel de la centuriation "de Mirebeau-sur-Bèze", il a été décidé de tester sa capacité d'extension. Il s'agit notamment ici de vérifier que les correspondances trouvées ne correspondent pas seulement à un "effet voie d'Agrippa" qui, toujours marquée dans le paysage, influence potentiellement fortement l'organisation du parcellaire à ses abords. Aussi, les longueurs cumulées ont été calculées au sein de trois zones test emboîtées (fig. 8).



Fig. 6. Représentation des *limites* parallèles à la voie d'Agrippa pour un module de 10 *actus* de côté (355 m) (G. Bellec, É. Fovet, RurLand, fond IGN : BD ORTHO * 50 cm).

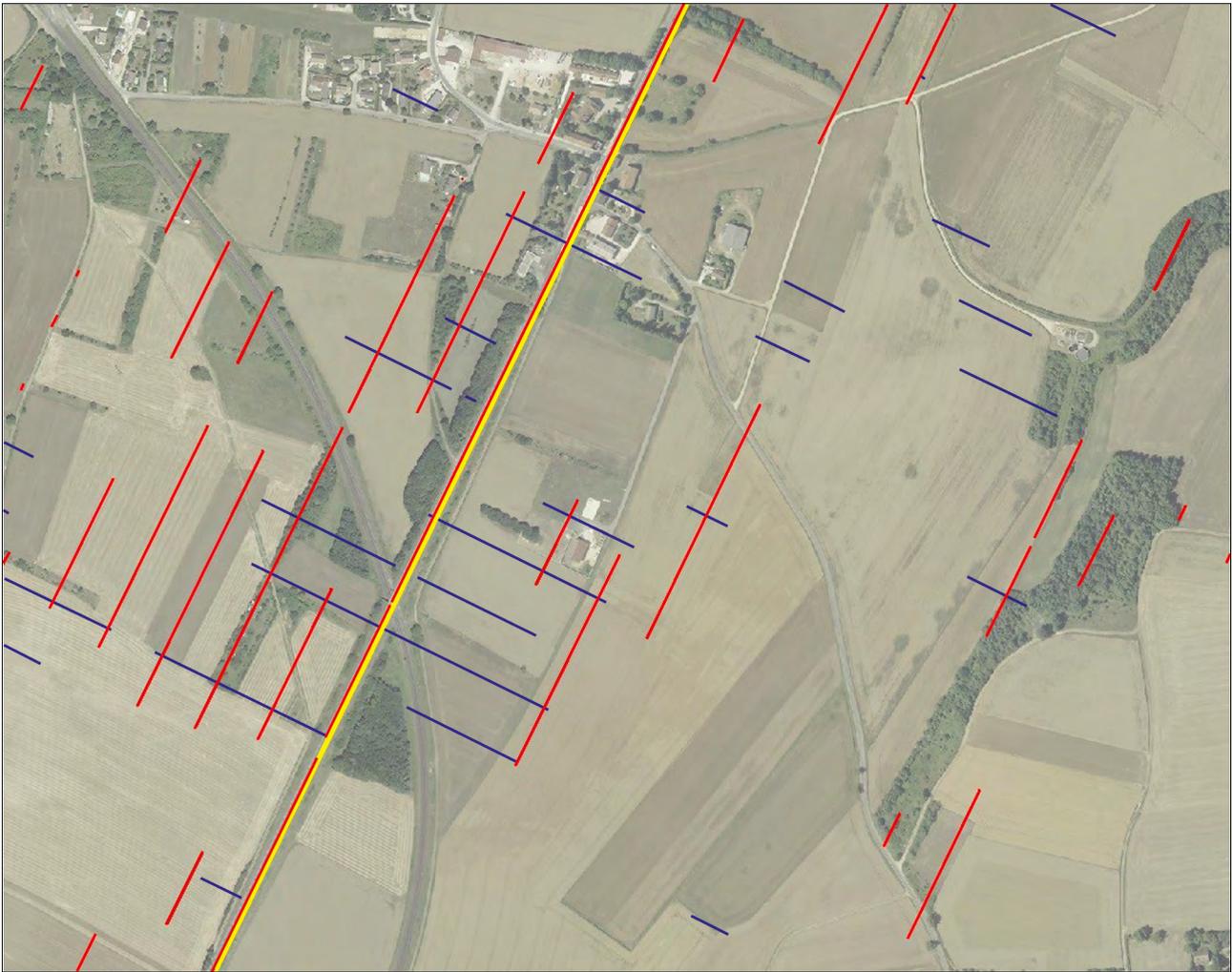


Fig. 7. Représentation des *limites* parallèles et perpendiculaires pour un module de 10 *actus* de côté (355 m) (G. Bellec, É. Fovet, RurLand, fond IGN : BD ORTHO * 50 cm).

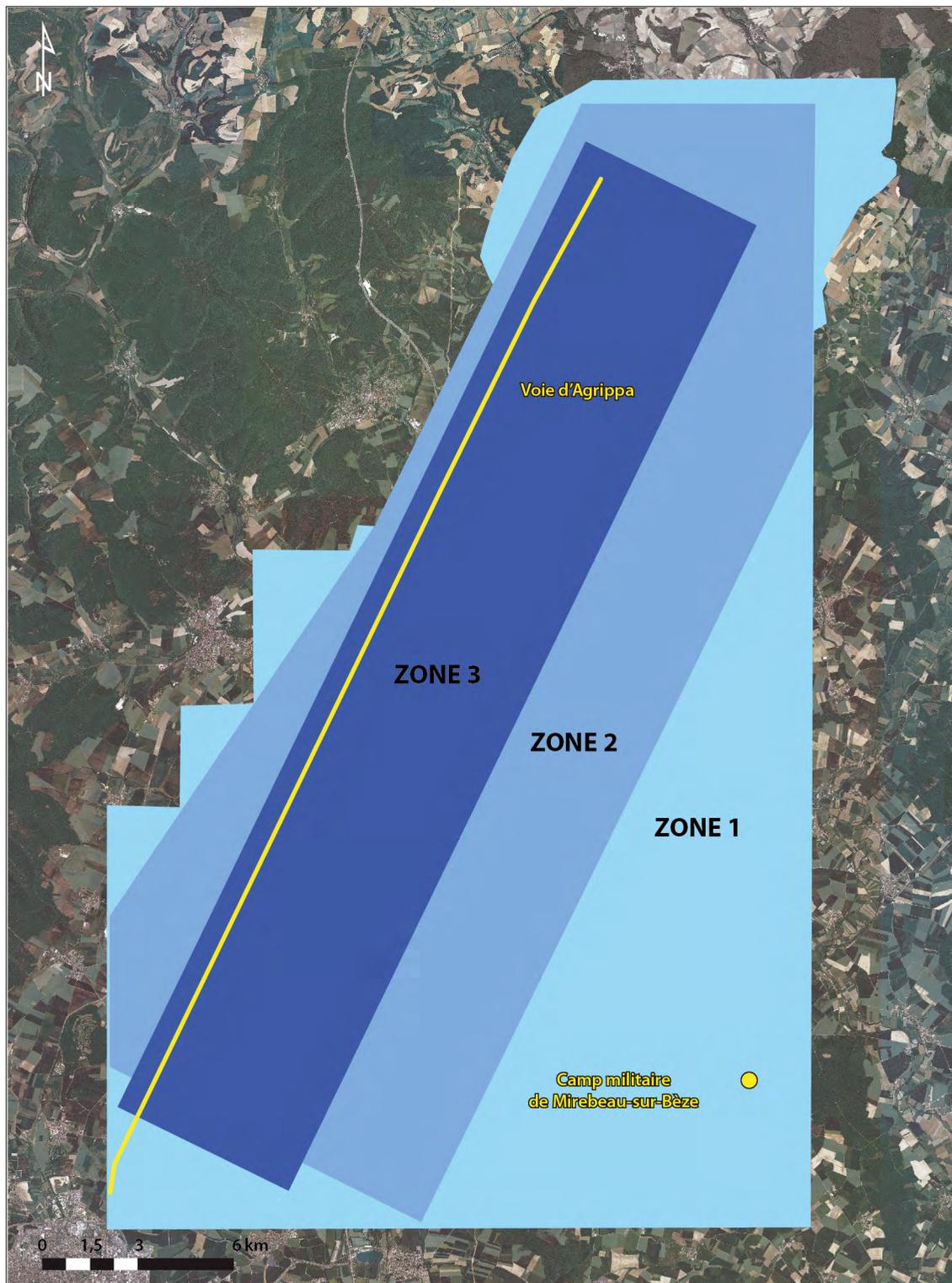


Fig. 8. Les trois zones tests emboîtées (G. Bellec, É. Fovet, RurLand, fond IGN : BD ORTHO * 5 m).

RÉSULTATS

Tableau des résultats en fonction des orientations

Commentaire des tableaux

“linéaments (en m.)” : longueur totale des linéaments extraits de la grille (découpées suivant une marge d’erreur autorisée définie par la zone tampon).

“% / module para[llèle]” : pourcentage de la longueur totale des linéaments extraits, orientés à 26°, par rapport à la longueur totale des lignes linéaments inclinés à 26° de l’ensemble de la grille (linéaments parallèles à la voie).

“% / module perp[endiculaire]” : pourcentage de la longueur totale des linéaments extraits, orientés à 116°, par rapport à la longueur totale des linéaments lignes à 116° de l’ensemble de la grille (linéaments perpendiculaires à la voie).

“Module para[llèle]” : longueur totale du module des lignes parallèles (inclinées à 26°)

“Module perp” : longueur totale du module des lignes perpendiculaires (inclinées à 116°)

“Total module” : longueur totale de la grille théorique

ZONE 1 (608 km²) (fig. 9-10)

ZONE 2 (397 km²) (fig. 11-12)

ZONE 3 (204 km²) (fig. 13-14)

Au vu de ces résultats, la représentation de la grille théorique choisie dans le parcellaire actuel paraît faible. On ne note pas non plus une influence prééminente de l’orientation de la voie d’Agrippa dans l’organisation du parcellaire actuel. En effet, le pourcentage de correspondance du module avec les linéaments parcellaires ne passe que de 8,1 à 10,6 % entre la première et la troisième zone ; cet accroissement à l’approche de la voie est bien faible, surtout si l’on considère que la voie totalise, à elle seule, une longueur d’environ 29 km (inscrite dans le parcellaire).

Parallèle à la voie (selon les phases du déplacement)	Linéaments (en m)	% / module parallèle	Perpendiculaire	Linéaments (en m)	% / module perpendiculaire
(voie) 1	138 521*	8,09	1	102 598	5,99
2	118 565	6,93	2	101 863	5,95
3	115 108	6,72	3	106 353	6,21
4	112 650	6,58	4	109 397*	6,39
5	123 021	7,19	5	106 645	6,23

Module parallèle	1 711 935				
Module perpendiculaire	1 712 345				
Total module	3 424 280				

Parallèle	Perpendiculaire	% / total module
1	4	7,24

Fig. 9. Résultats du traitement de la zone I de la limitation de Mirebeau selon le module de la demi-centurie (355 x 355 m) (G. Bellec, RurLand).

* La trame indique la longueur cumulée la plus élevée.

Parallèle	Linéaments (en m)	% / module perpendiculaire	Linéaments (en m)	% / module perpendiculaire
1	82 388	9,64	56 326	6,58
2	54 233	6,34	51 590	6,02

Module parallèle	854 343			
Module perpendiculaire	855 954			
Total module	1 710 297			

Parallèle	Perpendiculaire	% / total module
1	1	8,11

Fig. 10. Résultats du traitement selon le module de la centurie (710 x 710 m) (G. Bellec, RurLand).

Parallèle	Linéaments (en m)	% / module parallèle	Perpendiculaire	Linéaments (en m)	% / module perpendiculaire
(voie)1	97 937	8,81	1	72 211	6,44
2	78 326	7,05	2	68 195	6,09
3	77 994	7,02	3	72 947	6,51
4	74 416	6,69	4	73 935	6,60
5	84 462	7,60	5	73 648	6,57

Module parallèle	1 110 872
Module perpendiculaire	1 119 632
Total module	2 230 504

Parallèle	Perpendiculaire	% / total module
1	4	7,70

Fig. 11. Demi-centurie de la zone II (355 x 355 m) (G. Bellec, RurLand).

Parallèle	Linéaments (en m)	% / module parallèle	Perpendiculaire	Linéaments (en m)	% / module perpendiculaire
1	59 931	10,46	1	39 700	7,04
2	36 948	6,45	2	33 288	5,90

Module parallèle	572 721
Module perpendiculaire	563 465
Total module	1 136 186

Parallèle	Perpendiculaire	% / total module
1	1	8,77

Fig. 12. Centurie de la zone II (710 x 710 m) (G. Bellec, RurLand).

Parallèle	Linéaments (en m.)	% / module parallèle	Perpendiculaire	Linéaments (en m)	% / module perpendiculaire
(voie)1	62 504	10,86	1	39 506	6,89
2	45 001	7,82	2	39 885	6,95
3	44 564	7,74	3	39 885	6,95
4	40 875	7,10	4	39 465	6,88
5	46 226	8,03	5	41 361	7,21

Module parallèle	575 250
Module perpendiculaire	573 325
Total module	1 148 575

Parallèle	Perpendiculaire	% / total module
1	4	8,87

Fig. 13. Demi-centurie de la zone III (355 x 355 m) (G. Bellec, RurLand).

Parallèle	Linéaments (en m)	% / module parallèle	Perpendiculaire	Linéaments (en m)	% / module perpendiculaire
1	41 193	13,57	1	21 603	7,45
2	20 875	6,87	2	17 248	5,95

Module parallèle	303 525
Module perpendiculaire	289 680
Total module	593 205

Parallèle	Perpendiculaire	% / total module
1	1	10,58

Fig. 14. Centurie de la zone III (G. Bellec, RurLand).

COMPARAISON AVEC LA CENTURIATION DU CADASTRE B D'ORANGE DANS LES COMMUNES DE LAPALUD (VAUCLUSE) ET D'ALLAN (DRÔME)

Les tests envisagés portant sur une centuriation hypothétique, il importait de pouvoir comparer les résultats statistiques obtenus avec ceux qu'on pouvait recenser dans une région structurée par une centuriation antique incontestable, attestée par une documentation épigraphique antique : le choix s'est porté sur deux microrégions de la Drôme intégrées dans la *pertica* de la centuriation attestée par le cadastre B d'Orange, gravé dans le marbre et affiché à Orange, à proximité du théâtre antique : la plaine de Lapalud (Vaucluse), entre Rhône et canal de Donzère-Mondragon (fig. 15), et la plaine d'Allan, au sud de Montélimar (Drôme), dont la morphologie parcellaire actuelle a été traitée selon le même protocole analytique.

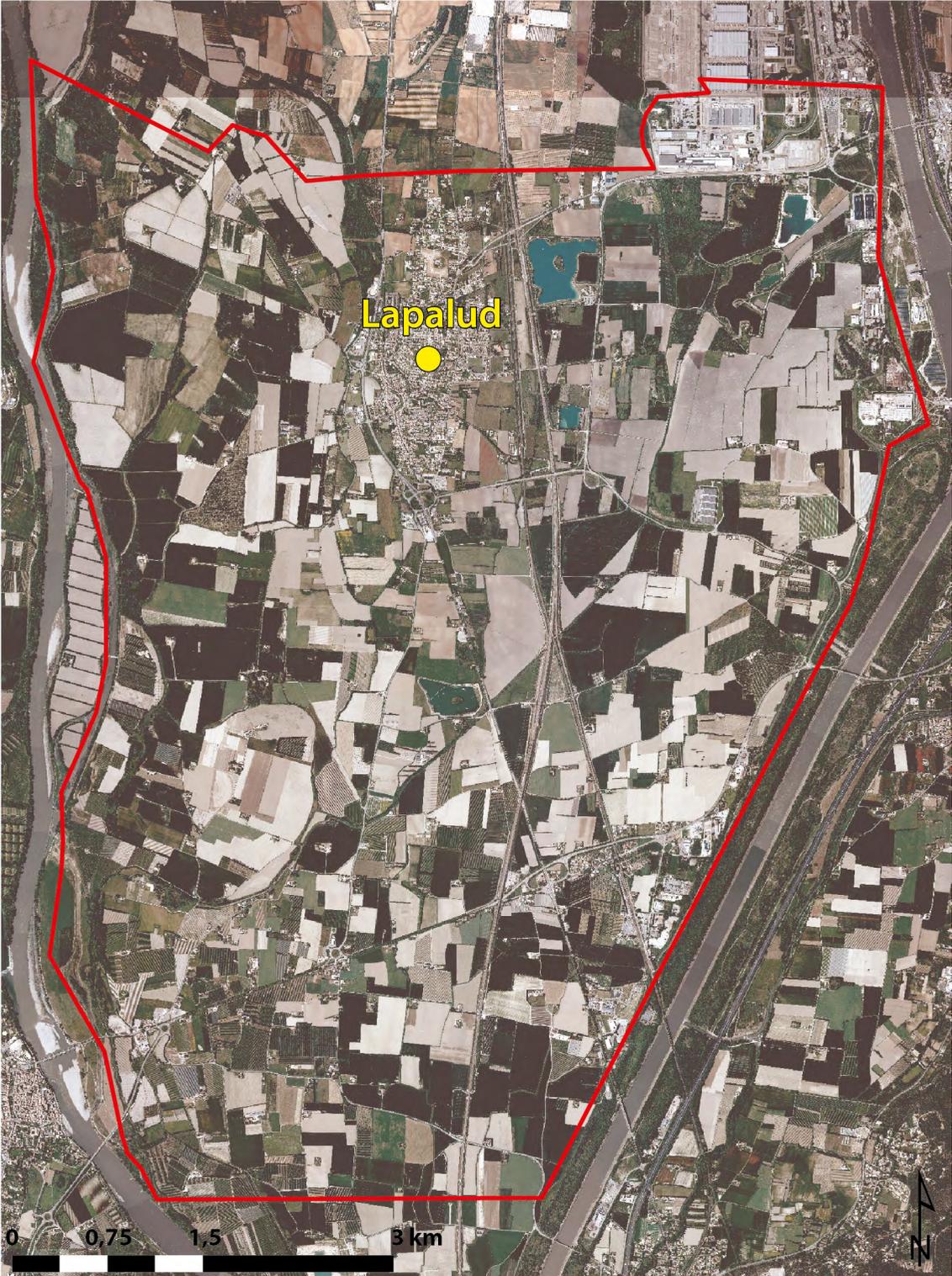


Fig. 15. Le territoire communal de Lapalud (Vaucluse) (G. Bellec, RurLand, fond IGN : BD ORTHO * 5 m).

Un angle de N^{géo} 3° E d'inclinaison a été retenu, à la suite des travaux de G. Chouquer, pour le calage géographique de la *pertica* de module carré de 20 *actus* de côté, soit 707,70 m, avec demi-centuries de 353,85 m, tiers de centurie de 235,90 m et quarts de centurie de 176,92 m.

Lapalud (46 km²)

Les résultats obtenus pour le cadastre B d'Orange sur la commune de Lapalud (fig. 16 à 19) sont sans appel : 27 % de linéaments pérennisant les *limites* de la centuriation documentée par le cadastre B d'Orange. Une seconde recherche a été menée dans la plaine d'Allan, au nord du cadastre B d'Orange, avec la même méthode. La représentation de la *pertica* dans la BD Parcellaire[®] atteint alors 25 %.

Ces nouveaux résultats permettent d'apprécier les scores obtenus pour la centuriation dite "de Mirebeau" (8 % dans le meilleur des cas). Nous sommes ici dans un rapport de 1 à 4, entre le score du cadastre B sur la commune de Lapalud et le score obtenu par le réseau de Mirebeau. Les meilleurs résultats obtenus dans les différentes zones sont toujours ceux qui se cantonnent aux relevés par centuries, donc aux vestiges de *limites*.

Parallèle	Linéaments (en m.)	% / module parallèle	Perpendiculaire	Linéaments (en m)	% / module perpendiculaire
1	31 843	24,60	1	31 027	23,86
2	32 884	25,41	2	26 305	20,23
3	33 731	26,06	3	24 076	18,51
4	31 885	24,64	4	26 297	20,22
5	34 823	26,91	5	25 447	19,57

Module parallèle	129 393
Module perpendiculaire	130 024
Total module	259 417

Parallèle	Perpendiculaire	% / total module
5	1	25,38

Fig. 16. Demi-centurie (353.85 x 353.85 m) (G. Bellec, RurLand).

Parallèle	Linéaments (en m.)	% / module parallèle	Perpendiculaire	Linéaments (en m)	% / module perpendiculaire
1	34 744	13,32	1	30 090	11,58
2	34 962	13,40	2	27 386	10,54
3	35 221	13,50	3	26 115	10,05
4	32 283	12,38	4	27 060	10,41
5	35 385	13,57	5	27 796	10,70

Module parallèle	260 717
Module perpendiculaire	259 736
Total module	520 453

Parallèle	Perpendiculaire	% / total module
5	1	12,58

Fig. 17. Quart de centurie (176.925 x 176.925 m) (G. Bellec, RurLand).

Parallèle	Linéaments (en m.)	% / module parallèle	Perpendiculaire	Linéaments (en m)	% / module perpendiculaire
1	32 530	24,60	1	24 576	12,58
2	34 675	25,41	2	25 178	12,88
3	32 876	26,06	3	30 762	15,74
4	38 841	24,64	4	27 029	13,83
5	30 581	26,91	5	29 131	14,91

Module parallèle	195 918
Module perpendiculaire	195 336
Total module	391 254

Parallèle	Perpendiculaire	% / total module
4	3	17,78

Fig. 18. Tiers de centurie (235.9 x 235.9 m) (G. Bellec, RurLand).

Parallèle	Linéaments (en m.)	% / module parallèle	Perpendiculaire	Linéaments (en m)	% / module perpendiculaire
1	17 569	27,22	1	18 012	27,08
2	16 913	26,20	2	13 284	19,97

Module parallèle	64 544
Module perpendiculaire	66 499
Total module	131 043

Parallèle	Perpendiculaire	% / total module
19	1	27,15

Fig. 19. Centurie (707.7 x 707.7 m) (G. Bellec, RurLand).

CONCLUSION

Cette nouvelle méthode d'étude de la forme du parcellaire grâce au SIG est prometteuse. Elle offre des résultats dont les erreurs d'interprétation, jadis liés à "l'œil" des chercheurs engagés dans l'archéologie du paysage, sont désormais mieux maîtrisées. Ainsi, il ne faut pas omettre les limites qui découlent de la tolérance que nous avons sciemment accordée à notre étude. Premièrement, les pourcentages obtenus sont relatifs à la méthode utilisée : 2° de chaque côté des linéaments sélectionnés et élargissement de ces derniers par une zone tampon correspondant à 1/5 du module de centuriation choisi. La deuxième limite, moins maîtrisée, est celle de la source de données utilisée pour analyser l'impact des anciennes cadastrations sur le paysage actuel. Rappelons que nous nous sommes appuyés ici sur la BD Parcellaire®, en raison surtout des facilités d'accès et de traitement (format vecteur). La méthode mériterait d'être testée sur d'autres sources d'information cartographiques (carte ancienne, photographies aériennes).

Références bibliographiques

- Chouquer, G. (1983) : "La genèse des paysages du Centre-Est de la Gaule. Polymorphisme et production d'une identité rurale", *Dialogues d'Histoire Ancienne*, 9, 113-140.
- Chouquer, G. (2000) : *L'Étude des paysages. Essais sur leurs formes et leur histoire*, Paris.
- Chouquer, G. (2009) : "Archéogéographie des trames planimétriques en Côte-d'Or", in M. Provost dir. 2009, 183-264.
- Chouquer G. et Favory F. (1980) : *Contribution à la recherche des cadastres antiques. Traitement de photographies aériennes par filtrage optique en lumière cohérente. Approche historique des problèmes de la cadastration antique en Gaule*, Paris.
- Guy, M. (1993) : "Les orientations des parcellaires quadrillés", *Revue Archéologique de Narbonnaise*, 26, 57-68.
- Provost, M., dir. (2009) : *Alésia, La Côte-d'Or*, CAG 21/1, Paris.

