



HAL
open science

Apprendre dans les pas du Passé

Laure Nuninger, Catherine Fruchart, Thérèse Libourel Rouge

► **To cite this version:**

Laure Nuninger, Catherine Fruchart, Thérèse Libourel Rouge. Apprendre dans les pas du Passé. 2023.
hal-03920443

HAL Id: hal-03920443

<https://hal.science/hal-03920443>

Preprint submitted on 3 Jan 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

APPRENDRE A LIRE DANS LES PAS DU PASSE

Laure Nuninger^{1,2}, Catherine Fruchart² Th. Libourel³
avec la collaboration de X. Rodier⁴, Ph. Verhagen⁵, R. Opitz⁶, C. Laplaige⁴, S. Leturcq⁴ et N. Levoguer⁴.

Preprint 2022 CC-BY-NC-SA 4.0

1- CHRONO-ENVIRONNEMENT UMR6249, CNRS, UNIVERSITE BOURGOGNE FRANCHE-COMTE, F-25000, BESANÇON, FRANCE, 2- MSHE C.N. LEDOUX UAR3124, CNRS, UNIVERSITE BOURGOGNE FRANCHE-COMTE, F-25000, BESANÇON, 3- ESPACE-DEV, UNIVERSITE DE MONTPELLIER, 34093, MONTPELLIER, FRANCE, 4- CITERES UMR7324 / MSH VAL DE LOIRE UAR3501, 37020 TOURS, FRANCE, 5- FACULTY OF HUMANITIES / CLUE+, VRIJE UNIVERSITEIT AMSTERDAM, 1081 HV AMSTERDAM, THE NETHERLANDS, 6- SCHOOL OF HUMANITIES, UNIVERSITY OF GLASGOW, GLASGOW G12 8QQ, UNITED KINGDOM.

Pour tout archéologue qui s'intéresse aux questions de peuplement et de mise en valeur des sols, les structures relatives à la circulation des biens et des personnes (voies, routes, chemins...) sont une composante essentielle pour comprendre la manière dont s'organise l'espace anthropisé et sa dynamique sur le temps long. Bien que la recherche sur les voies s'inscrive dans une tradition ancienne en archéologie, l'apport relativement récent des données Lidar nous amène à réinterroger notre façon d'approcher cet objet.

C'est d'abord la haute résolution du Lidar qui nous oblige à considérer, comme dans les photographies aériennes, un système complexe de circuits que la tradition de recherche sur les voies s'est employé à catégoriser et hiérarchiser selon un point de vue par niveau d'échelle. Nous le verrons, cette façon d'appréhender les voies par niveau hiérarchique selon le modèle de la cartographie n'est pas neutre dans la détection et l'interprétation des voies de circulation. Ensuite, c'est la nature altimétrique des données Lidar qui nous invite à sortir d'une perspective strictement planimétrique, pour prendre en compte les contraintes ou les opportunités associées au modelé et au modelage du terrain par un ensemble d'activités. Enfin, l'extension des surfaces désormais couvertes par les acquisitions Lidar, sur plusieurs milliers de km², couplée aux technologies développées pour optimiser les méthodes de détection des objets archéologiques, notamment l'apprentissage artificiel (ou automatique), nous oblige à repenser nos modèles interprétatifs, voire notre façon d'identifier des éléments archéologiques dans un paysage. Il s'agit ici d'un véritable enjeu intellectuel pour éviter d'auto-renforcer, par la multiplication des données, une norme et la légitimation de certains processus au détriment d'autres, plus discrets mais non moins explicatifs des modalités de circuler et des transformations du paysage dans la longue durée.

Avec ce chapitre, nous tenterons de montrer comment les données Lidar donnent à voir, dans la topographie actuelle, l'empreinte des manières d'habiter l'espace dans le passé. Nous utilisons le terme habiter¹, car pour les populations du passé, il ne s'agissait pas d'occuper un espace en s'y positionnant de façon statique ; cet espace était parcouru, en interaction avec les composantes du terrain et les êtres présents, pour finalement contribuer à le produire. Dans le modèle numérique de terrain (MNT) issu des données altimétriques Lidar, cette dynamique nous parvient figée et réduite dans une vue en deux dimensions, mais l'archéologue peut se donner les moyens de l'explorer sans la réduire systématiquement à ces seules deux dimensions, sous forme de couches qui se succèdent dans le temps. En d'autres termes, au lieu d'appréhender le MNT Lidar comme un jeu de lego géant dont il faudrait dissocier les briques patiemment pour reconstituer des états passés, nous proposons plutôt de considérer le MNT comme une trame souple et tricotée dont il faudrait tirer les fils pour comprendre comment les éléments qui la composent sont reliés entre eux. Pour cela, dans une première partie, nous présenterons, à l'aide de quelques exemples, comment nous détectons l'existence d'une voie entre deux

1. Nous utilisons le verbe habiter vs. occuper en références aux travaux d'Henri Lefebvre (1974, 4e édition(Lefebvre, 2000) et plus récemment de Tim Ingold (Ingold, 2011).

lieux, c'est-à-dire entre une origine et une destination et quels sont les paradigmes qui guident notre pensée dans la recherche des traces. Dans une seconde partie, nous montrerons que la réalité du MNT Lidar est beaucoup plus complexe et que le schéma origine-destination n'est pas toujours opérant avec parfois une majorité de tracés qui ne mènent nulle part... ou qui sont reliés par d'autres éléments du paysage (escaliers, mur de terrasse, traces de labour...). Enfin, nous terminerons en proposant une approche qui se fonde sur la pratique des activités et leur transmission dans le temps pour montrer comment ces pratiques modèlent progressivement le terrain et les modalités de circulation passées, dont on perçoit l'empreinte dans le MNT Lidar actuel.

DETECTER ET INTERPRETER UNE VOIE A PARTIR DU LIDAR

Que ce soit en Europe ou en Amérique, en milieu ouvert ou forestier, la détection des voies de communication occupe une place importante dans les travaux archéologiques fondés sur l'analyse des données Lidar. Ainsi, par exemple, dans la région de Caracol en Mésoamérique (Belize), l'étude des données altimétriques Lidar a révélé une grande partie du système viaire principal reliant le site d'habitat épiceptre principal de Caracol à d'autres sites, appelés *termini* et compris comme des centres secondaires, potentiellement résidentiels². Ces voies de communications s'ajoutent à l'ensemble de données compilées à partir d'observations précédentes réalisées sur le terrain et à partir d'images satellites³. Dans cette approche, les archéologues sélectionnent la cité maya de Caracol comme origine et suivent ou recherchent le tracé des chaussées (sacbe) visibles sous la forme de longs linéaires présentant une plateforme de plusieurs mètres de large généralement surélevée par rapport au terrain, jusqu'à un autre site bâti constituant une destination. Selon les auteurs, ce réseau viaire sert au transport mais il a également une fonction politique et s'interprète comme la marque physique des liens entre les sites. C'est ce type de lien, même s'il est moins ostentatoire, que l'on va chercher à établir entre différents sites d'habitat afin par exemple de resituer le rôle d'un site particulier dans le réseau de peuplement. Et c'est par la mise en évidence des connexions physiques (routes, chemins) entre les lieux que l'on tentera de comprendre comment un espace est occupé et par quel site d'habitat il est contrôlé. Dans ces conditions, il est assez naturel pour l'archéologue de rechercher les traces physiques entre deux lieux par le repérage des linéaires qui les relient. Ainsi, par exemple, on a cherché à mettre en évidence l'axe qui a pu relier Besançon (Doubs) à Lure (Haute-Saône) mentionné comme route départementale n°7 dans une carte de 1862, présentant « Besançon et son territoire » (fig. 1). Cet axe passant au sud de la forêt Chailluz devait pouvoir être identifié dans le MNT Lidar sous la forme d'un linéaire. Le travail réalisé⁴ a montré qu'en fait, il se présentait sous la forme d'un faisceau de linéaires, qui devaient être confrontés aux sources archivistiques, en particulier aux cartes et plans anciens, pour tenter de comprendre la chronologie de la voie et son évolution jusqu'à nos jours, non seulement du point de vue de son tracé mais également de son statut.

La combinaison d'une étude de plans anciens se succédant entre 1699 et 1862, de l'exploitation de données Lidar, et de prospections archéologiques sur le terrain, ont permis de proposer la probable évolution de cet axe routier entre la période romaine et aujourd'hui (fig. 2). L'état le plus ancien (fig. 2A, en jaune) a été mis en évidence en combinant l'analyse de données Lidar à des prospections au sol. Elles ont révélé deux tracés de voies romaines, avec chaussées empierrées et fossés latéraux, qui se rejoignent en un carrefour situé sur l'axe routier auquel nous nous intéressons. Ces voies semblent avoir été empruntées jusqu'au XIV^e siècle. Un deuxième état (fig. 2B, en rouge) a aussi été reconnu à partir du Lidar et de prospections au sol, permettant de dater ce second tracé de la deuxième partie du Moyen-Âge. Ce nouveau tracé se confond partiellement avec l'ancienne voie romaine.

Un premier plan de 1699 mentionne, le long de la limite sud de la forêt de Chailluz, une large route appelée « Grand chemin tirant à Marchaux ». Cette voie de circulation, qui correspond au tracé rouge médiéval daté

2. (CHASE *et alii*, 2011).

3. (CHASE, CHASE, 2001).

4. (FRUCHART, 2014 ; 2016).

par les prospections, devait alors avoir une importance micro-régionale, étant donné son appellation de « grand chemin ». Le plan mentionne également une voie secondaire nommée « ancien chemin », qui se raccorde au « grand chemin ». Cet « ancien chemin » correspond à une partie du tracé de l'ancienne voie romaine. Ainsi, la voie romaine, et ses modifications médiévales peut-être réalisées au cours du XIV^e siècle, sont encore utilisées à la fin du XVII^e siècle.

Deux autres plans réalisés en 1704 et 1720 figurent encore ce « grand chemin ». En 1738, un nouveau plan mentionne cette même route comme le « Grand Chemin de Monbozon », ce qui confère un statut régional à cet axe qui existe depuis l'Antiquité. Le plan figure par ailleurs l'ébauche d'un nouveau tracé (fig. 2C, en bleu) encore à l'état de projet en 1738. Il se caractérise par une morphologie très rectiligne, assez différente des tracés précédents qui sont sinueux. Le plan cadastral napoléonien réalisé au début du XIX^e siècle (entre 1810 et 1834 sur l'emprise de cet axe routier) montre que la voie projetée en 1738 a bien été réalisée. Elle porte sur le cadastre napoléonien le nom de « route départementale ».

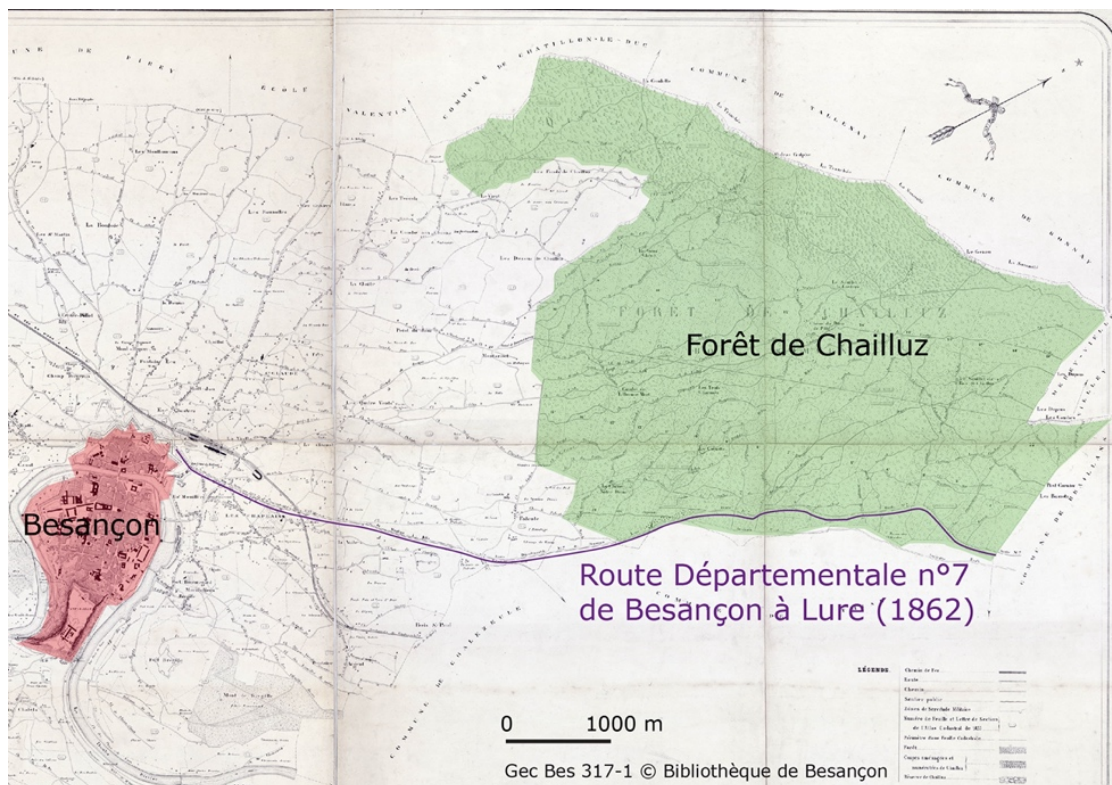


Figure 1. : *Besançon. « Besançon et son territoire » plan dressé en 1862 par M. M. Delacroix & Noirel, Architecte & Voyer de la Ville. Gec Bes 317-1 © Bibliothèque de Besançon*

Dès le milieu du XIX^e siècle, un nouveau tracé est réalisé (fig. 2D, en violet), conduisant à l'abandon du tracé mis en place au cours du XVIII^e siècle. Cette nouvelle route dessinée sur le plan de 1862 (fig. 1) est la nouvelle route départementale. Ce tracé mis en place au XIX^e siècle se retrouve presque entièrement dans celui de la route départementale actuelle (fig. 2, en noir).

On constate ainsi que cet axe routier est utilisé depuis deux millénaires, période durant laquelle il a connu plusieurs réaménagements, qui ont laissé une empreinte dans la topographie concrétisée par un faisceau de chemins qui s'entrecroisent. On constate aussi que les morphologies et les profils de ces voies changent au fil des siècles. La voie romaine, par exemple, est construite à flanc de pente, en épousant autant que possible une courbe de niveau. Inversement, la voie aménagée au cours du XVIII^e siècle privilégie la ligne droite, sans essayer de limiter la pente ou d'éviter les nombreux accidents topographiques de ce paysage karstique (dolines). D'autre part, la durée de vie de ces tracés est très variable : plus de mille ans pour la voie romaine et moins d'un siècle pour la voie construite au cours du XVIII^e siècle.

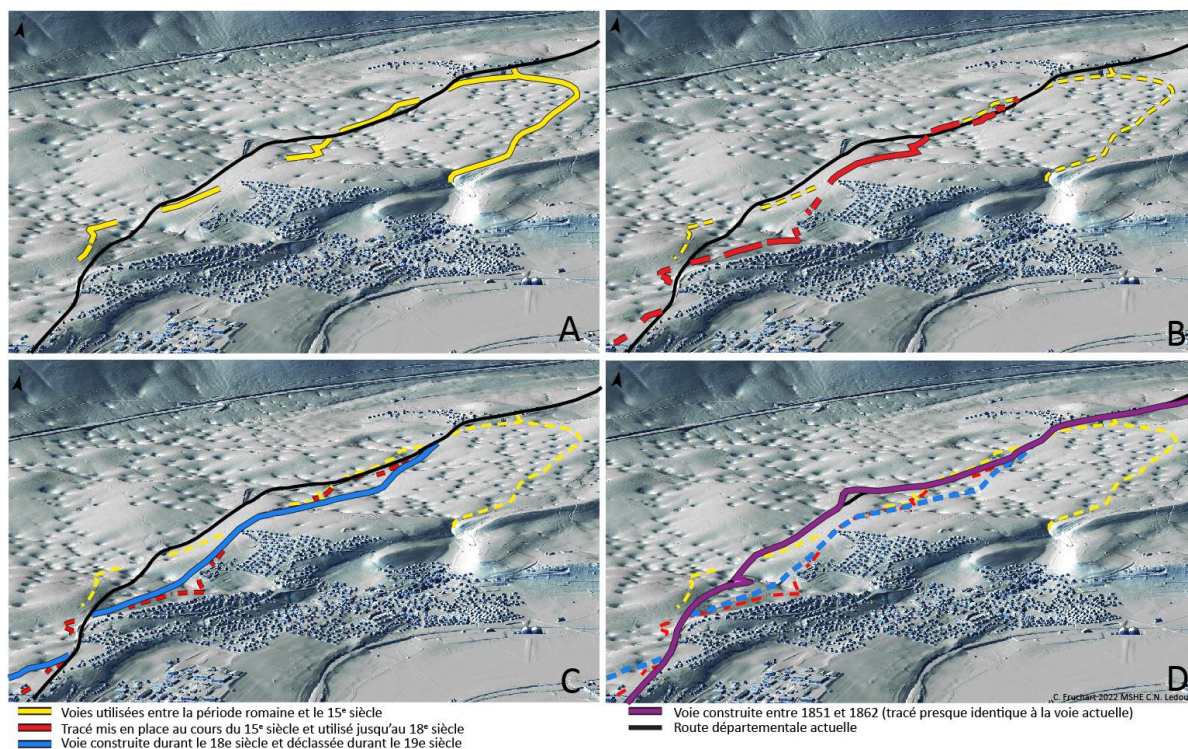


Figure 2. : Successions des tracés de voies identifiés à partir de données Lidar et de plans anciens, composant un axe de circulation à l'est de Besançon depuis la période romaine jusqu'à aujourd'hui.

QUAND LES TRACES N'ONT PLUS DE SENS

L'exemple de la voie de Besançon à Lure montre que si un axe de circulation peut perdurer dans le temps, sa morphologie et l'histoire de son usage peuvent varier au point qu'il est difficile de l'associer à un élément topographique précis. Ainsi, l'objet « voie », même quand son usage antique est avéré par du mobilier sur le terrain, est loin de se réduire à un élément construit selon un modèle classique de type Bergien⁵. Une même route, et cela a pu être vérifié par la fouille dans une étude à l'échelle régionale⁶ peut être composée de segments morphologiquement variés, comme c'est le cas de la chaussée Jules César (itinéraire Paris-Rouen, Val d'Oise). Cet exemple démontre que « l'homogénéité de structure et la construction en dur n'est pas une règle sur les voies romaines »⁷. Cela est également démontré dans d'autres cas d'étude dans le monde⁸. À la question des modalités de construction s'ajoute celle de la chronologie d'usage d'un itinéraire qui s'avère relativement complexe dans la mesure où plusieurs segments de voies peuvent coexister pour un même axe de circulation. Ainsi, un chemin creux antérieur peut persister dans son usage au côté d'une chaussée construite, y compris au-delà de l'abandon de cette dernière⁹.

Ces exemples, somme toute relativement évidents pour un archéologue, nécessitent que l'on s'interroge sur la manière d'explorer les données Lidar. Autant il apparaît vain de rechercher la confirmation d'une voie dans le MNT, autant les multiples linéaires qu'ils donnent à voir sont d'un riche apport de connaissances pour aborder la question de l'usage des voies et la capacité à perdurer d'un axe de circulation. Les différences morphologiques que présentent ces traces linéaires soit en relief, soit en creux nous invitent également à

5. Nicolas Bergier publie en 1622 un ouvrage sur « L'histoire des grands chemins de l'Empire Romain » qui sera au XVIII^e et au XIX^e siècle considérée comme une base incontournable par les agents voyers et les ingénieurs des ponts et chaussées pour documenter les observations archéologiques qu'ils réalisent lors des travaux de construction et de réfection des routes. Son modèle a donc durablement influencé la recherche sur les voies antiques en archéologie (BERGIER, 1622).

6. Cf. les travaux menés en région Ile de France dans le cadre du PCR Dynarif (ROBERT, VERDIER, 2014).

7. (ROBERT, POIRIER, 2014).

8. Hyslop ((HYSLOP, 1991)) souligne qu'un même itinéraire inca combine des sections construites et d'autres pas.

9. (ROBERT, POIRIER, 2014).

reconsidérer l'information altimétrique dont nous disposons pour bien détecter, caractériser et interpréter les segments de voie dans le contexte global du modelé du terrain. Ainsi, parce qu'ils sont justement particulièrement visibles dans le MNT, les chemins creux (ou holloways) font l'objet d'une attention spécifique¹⁰. Les chemins creux constituent l'empreinte d'un passage dans le modelé topographique. Cette empreinte peut provenir d'une action d'aménagement par excavation du terrain, mais peut tout aussi bien résulter d'une action progressive d'érosion du sol liée au passage successif de personnes, de véhicules ou d'animaux. Cela est dans certaines conditions parfaitement perceptible sur le terrain (fig. 3) et remarquablement visible dans le MNT Lidar (fig. 4).



Figure 3. : *Chapelle des Buis (Doubs). Chemin creux d'origine médiévale ou antique.*
Cliché L. Nuninger CC-BY-NC-SA

Néanmoins, ces traces linéaires multiples correspondent parfois à des "voies" qui ne mènent nulle part ou à des segments qui n'ont a priori aucune logique par rapport à un axe de circulation potentiel. Dans ces conditions, il convient non seulement de s'interroger sur la morphologie de l'empreinte mais aussi de la situer dans son contexte spatial afin de comprendre son origine.

Comment se présente l'empreinte, s'agit-il d'un linéaire large et plan ? ou d'un profil en V avec une base étroite ? Décrire le profil de l'empreinte ne permet pas seulement de caractériser sa morphologie pour la repérer ailleurs mais aussi de s'interroger sur les modes de mobilité qui ont produit cette empreinte. Par exemple, il s'agit de savoir si le chemin creux a été produit par le passage répété d'un seul humain ou animal, comme le laisserait supposer une empreinte étroite et plus ou moins marquée selon la fréquence des passages, ou si sa largeur au contraire indique l'utilisation potentielle d'équipements de transport attelé, tels que des chariots. La multitude d'empreintes linéaires organisées en faisceaux peut également indiquer la mobilité d'un troupeau, et la profondeur de l'empreinte suggérer des pratiques agro-pastorales précises à partir d'autres connaissances (historiques et archivistiques)¹¹.

10. (MLEKUZ, 2013 ; KIRCHNER *et alii*, 2020 ; LANDAUER, VERSCHOOF-VAN DER VAART, 2022)

11. (GIVEN *et alii*, 2019)

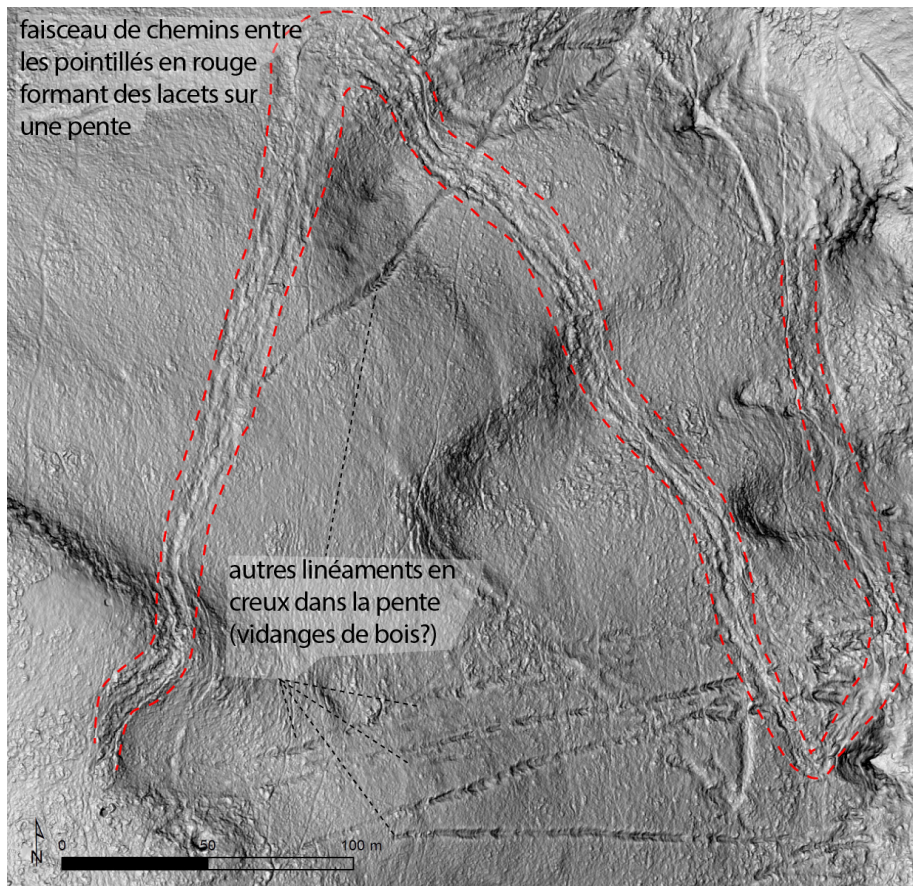


Figure 4. : Tibiran-Jaunac (Hautes-Pyrénées). Vue en plan d'un faisceau de chemins creux dessinant des lacets dans une forte pente, recoupant parfois des linéaments rectilignes perpendiculaires à la pente. Traitement et visualisation C. Fruchart 2022, données LiDAR PCR Saint-Bertrand-de-Comminges, EPHE.



Figure 5. : "Chemins terrasses" produits par les vaches lors de l'activité de pâture à Fournets-Luisans (Doubs)
Cliché L. Nuninger 2020 - CC-BY-NC-SA

Des questions complémentaires peuvent être posées, telles que d'où viennent les extrémités de ces linéaires ? Quelle est la forme de ces linéaires : droite, sinueuse voire en boucle ? Quelle est leur orientation et leur localisation topographique : en pente directe, indirecte, perpendiculaires à la pente ? Sont-ils associés ou proches d'autres structures remarquables : enclos, buttes, dépressions, linéaires, etc. ? Les réponses que nous y apportons, nous amènent à qualifier le rôle des linéaires observés du point de vue de la mobilité. Par exemple, certains forment des boucles en connexion ou autour de dépressions ou de plateformes. C'est typiquement le cas en contexte d'extraction minière à ciel ouvert, où ils sont produits par le passage répété des humains et des véhicules dans leur activité d'exploitation de la mine¹². Nous pouvons également observer des séries de linéaires strictement parallèles à la pente, formant une succession de mini-terrasses caractéristiques du déplacement des vaches quand elles pâturent (fig. 5). Enfin, certains linéaires similaires à des sentiers au profil en creux, mais perpendiculaires à des fortes pentes, peuvent être associés à une activité de bûcheronnage qui consiste à mettre en mouvement les troncs pour les déplacer dans des voies spécifiques plus ou moins aménagées pour débarder les bois coupés (fig. 6). Ce même type de linéaire peut également correspondre à des structures liées à l'exploitation minière par la force hydraulique dits chantiers-ravins¹³.

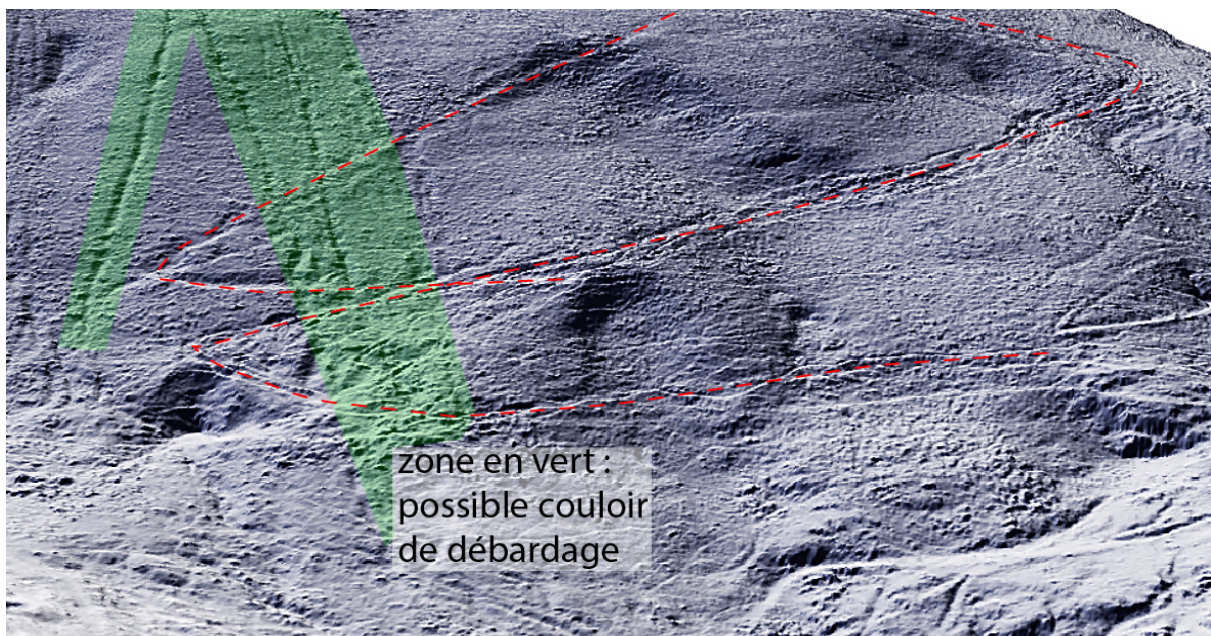


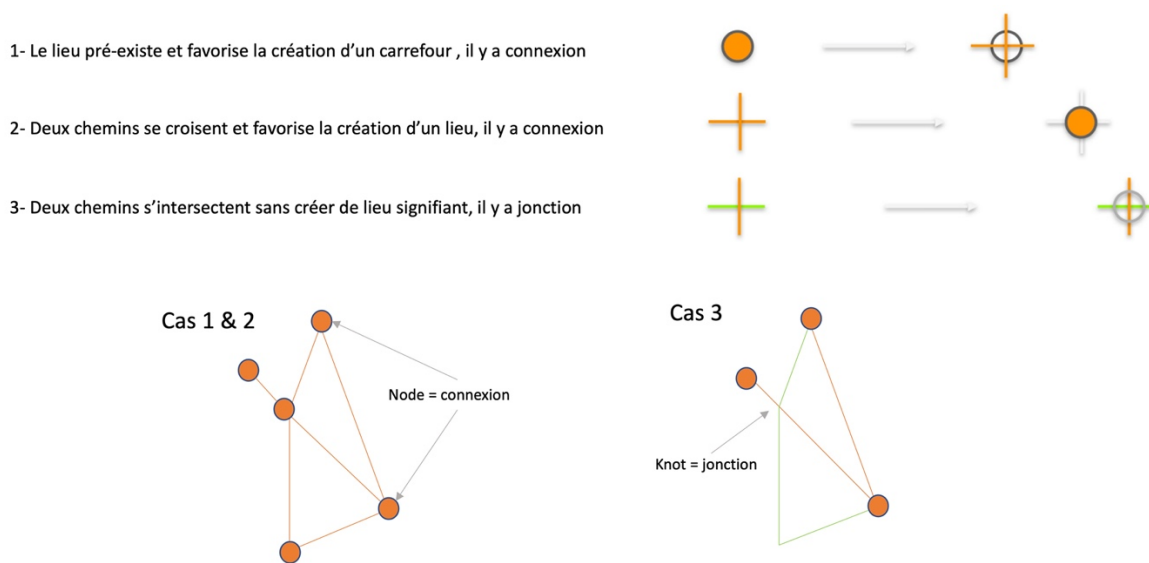
Figure 6. : Tibiran-Jaunac (Hautes-Pyrénées). Vue volumétrique de faisceaux de chemins probablement liés au pastoralisme, et possible couloir de débardage formant des linéaments rectilignes en travers de la pente. Traitement et visualisation C. Fruchart 2022, PCR Saint-Bertrand-de-Commines, EPHE.

Ces exemples montrent qu'une voie n'est pas nécessairement construite mais qu'elle peut être produite par l'usage, c'est-à-dire par une action de se déplacer dont la répétition modèle le terrain par érosion. Ils montrent également que le déplacement n'est pas toujours envisagé dans une perspective origine-destination mais peut être lié à un mouvement associé à une activité précise. Dans ce cas, c'est l'activité qui conduit le mouvement et la production de formes caractéristiques de circulation. Enfin, l'empreinte des mouvements que l'on observe dans le modelé du terrain est produite par l'action de déplacement d'humains et de non-humains (animaux, objets ou éléments) que l'on peut qualifier d'actants dans la formation du paysage. Ces conclusions

12. (DETHIER *et alii*, 2018)

13. Ce type de structure est encore visible sur le terrain comme cela a pu être mis en évidence à Autun dans le Morvan pour des mines d'étain : "L'utilisation de l'eau a permis de creuser le sol meuble par ravinement et de déboucher le dépôt argileux dans le but de concentrer et de piéger des grains de minéral (cassitérite) par classement gravimétrique. Les matériaux argileux et caillouteux stériles ont ainsi été évacués au-delà des aires d'extraction." (CAUJET *et alii*, 2006). Néanmoins, pour vérifier une telle hypothèse, ce type de structure doit être associées à d'autres (canaux, bassins, épandage de déblais...).

assez évidentes sont pourtant souvent mal prises en compte dans le processus de télédétection, et encore moins dans la démarche d'analyse de ces linéaires. C'est typiquement l'exemple que l'on va retrouver dans l'intersection de deux linéaments, interprétés comme un carrefour alors qu'en réalité, même si les deux voies sont utilisées à la même époque, leur intersection n'a peut-être aucun sens en termes de connexion (fig. 7). Un sentier de randonnées intersectant le sentier de parcours d'un animal ne constitue pas un carrefour au sens d'une connexion dans un réseau de sentiers, mais une simple jonction dans le modelé du terrain. Pour s'en convaincre il faut s'être perdu une fois, en quittant le sentier de randonnées et en empruntant celui produit par des sangliers. Néanmoins, cette même jonction physique peut être comprise comme un carrefour en devenant dès lors qu'elle sera utilisée par un humain comme opportunité pour créer un raccourci de façon systématique entre deux sentiers de randonnée par exemple.



Ingold (2011) distingue les termes « node » et « knot » pour désigner un « nœud », dans le premier cas il s'agit d'un connecteur entre deux lignes, dans le second cas il s'agit de l'entrelacement de deux lignes créant une simple jonction visuelle

Figure 7.: Intersection : concepts de connexion et de jonction. CAO et DAO L. Nuninger CC-BY-NC-SA

La question des actants et celle de la pratique d'activité spécifique est donc essentielle pour tenter de comprendre l'enchevêtrement des linéaires que nous donne à voir le MNT Lidar, et réfléchir à la manière dont on peut identifier ceux qui correspondent à des voies de circulation et les interpréter selon des catégories qui ne sont pas nécessairement celles du schéma de la voirie moderne (route principales, secondaires, chemins, sentiers). On ajoutera à cette remarque que la construction d'une voie avec une chaussée et/ou des fossés ne garantit ni une haute intensité de sa fréquentation, ni sa durabilité en termes d'usage¹⁴.

Pour terminer, et dès lors que l'on pose le problème de la circulation dans le cours d'une pratique d'activité, il faut également s'interroger sur l'évidence linéaire de l'empreinte laissée dans le modelé du terrain. En effet, comme on l'a précisé dans notre premier exemple pour l'axe Besançon-Lure, on n'observe pas un linéament continu mais un ensemble de segments comme autant de variations de la voie correspondant à l'itinéraire que l'on étudie. Autrement dit, le MNT Lidar donne à voir aussi bien des "pleins" que des "vides" et c'est notre effort de mise en connexion selon une certaine logique qui nous permet, en tant qu'archéologue, de reconstruire une continuité qui n'est pas directement visible sur le terrain et/ou dans le MNT Lidar.

Cette dernière remarque amène à considérer l'absence d'évidence linéaire quel que soit son profil, creux ou plateforme, comme point de départ dans notre démarche de détection des voies. De ce point de vue, l'exemple

14. (ROBERT, POIRIER, 2014)

Maya¹⁵ est fort intéressant. Grâce au Lidar, les auteurs ont montré qu'en dehors des grands groupes résidentiels, il existe une continuité du peuplement avec des petits groupes de maisons organisés autour d'une petite place. Ces unités de peuplement sont intégrées dans la zone agraire, selon un modèle reconnu dans d'autres régions mayas, mais apparaissent déconnectées des grandes voies (sacbe) et donc des principaux centres résidentiels. Une lecture plus attentive suggère que les éléments composant le système agraire ont sans doute permis d'établir des liens solides entre ces habitations et les principaux centres résidentiels¹⁶. Dans l'étude de cas de Caracol, on a pu noter que les auteurs font référence à des entités qu'ils appellent « *vias* ». Les « *Vias* » se caractérisent comme des « routes plus informelles et plus courtes »¹⁷ reliant des groupes familiaux (ménages) aux principales chaussées, ou reliant « d'importants groupes résidentiels directement à divers *termini* non résidentiels ». Les auteurs notent qu'à Caracol, « de nombreuses chaussées (...) sont enchevêtrées avec des terrasses agricoles » et que les *vias* peuvent être principalement identifiées grâce à une cartographie détaillée de ces terrasses. Alors que « seulement une demi-douzaine de *vias* ont été formellement identifiées comme rattachées aux longues chaussées [du réseau viaire] de Caracol », ils soulignent qu'« une cartographie détaillée des terrasses permettrait sans aucun doute de trouver d'autres exemples »¹⁸. Malgré son exotisme, cet exemple mérite d'être considéré dans nos études de cas européens. En effet, il illustre comment, derrière le réseau de chaussées, formel et plus lisible dans le paysage, il y a un maillage conçu par les pratiques quotidiennes de groupes familiaux allant dans les champs, les centres résidentiels et d'autres lieux du territoire. Pour ce faire, les individus ont produit et utilisé différents types d'éléments et/ou structures tels que ceux observés par l'archéologie (empreintes, sentiers, cairns...). C'est l'agencement de ces éléments dans la chaîne opératoire¹⁹ de leur activité qui permet de définir leurs itinéraires ou trajectoires quotidiennes, comprenant des segments de chaussées formelles, des bords de terrasses agricoles ou des chemins étroits difficilement identifiables. Sous nos latitudes, quand on travaille sur des sociétés non-mécanisées, dont l'essentiel des déplacements étaient pédestres, il convient de se réinterroger sur les conditions du déplacement et sur les « supports » de circulation utilisés. Ainsi, on prête attention à un grand nombre d'autres vestiges comme les bords de terrasse, les escaliers entre deux terrasses, les limites de champs surélevées, les empilements de pierres (cairns)... qui sont autant d'éléments pouvant composer un itinéraire et nous faire reconsidérer l'absence de voies dans un espace donné. C'est typiquement le cas des crêtes de labour, dans un exemple détaillé ensuite, qui permet non seulement de comprendre comment les champs ou les fermes isolées sont accessibles mais aussi de mettre en évidence la manière dont les réseaux de communication formels (routes) et informels (itinéraires, passages) s'interconnectent et se complètent pour dessiner l'ensemble du plan de circulation d'une zone d'étude donnée²⁰. Sous cet angle de vue, les traces discontinues des linéaires observés peuvent reprendre un sens cohérent dans une relative continuité en termes de circulation.

IDENTIFIER LES VOIES VIA LE MOUVEMENT

Dans les exemples qui précèdent, nous avons montré comment la recherche d'une voie particulière dans le MNT Lidar nous amène à faire face à une certaine complexité. En effet, là où nous cherchons un linéaire, le MNT Lidar nous confronte à une multitude de segments aux morphologies parfois très diverses. L'analyse détaillée des traces par rapport aux plans et cartes anciennes²¹ souligne la chronologie relativement compliquée du tracé de cette voie. La complexité du système de circulation est à rechercher dans l'usage qui en est fait, dans les conditions socio-techniques à disposition et dans les interactions homme-environnement produites par la

15. (CHASE *et alii*, 2011)

16. (ARNAULD, MICHELET, 2004)

17. (CHASE, CHASE, 2001)

18. (CHASE, CHASE, 2001)

19. On parle de chaîne opératoire au sens défini par (LEROI-GOURHAN, 1998), soit comme d'un processus décrit par une chaîne d'actions interconnectées impliquant une transformation continue.

20. (LETURQ, 2008)

21. (FRUCHART, 2014 ; 2016)

mobilité. Dans l'exemple de la route de Besançon à Lure, si l'axe lui-même apparaît pérenne au moins depuis l'Antiquité, son tracé physique varie dans le temps et parfois même il se dédouble en une voie principale dites « Grand chemin » et une voie secondaire dites « ancien chemin » qui se raccorde au « Grand chemin » (cf. ci-dessus). Il est à noter dans les plans que la même route change de nom « Grand chemin tirant à Marchaux » (1699) et « Grand Chemin de Monbozon » (1738) mais vraisemblablement aussi de statut de voie d'importance micro-régionale à régionale. Enfin, l'empreinte physique laissée par la succession des tracés montre que les modalités d'aménagement sont variables privilégiant soit la prise en compte de la pente, soit l'aspect rectiligne de la voie. Pour résumer, on pourrait dire qu'au concept de "route de Besançon-Lure" correspond plusieurs objets physiques (empreintes de tracés observés sur le MNT Lidar) et plusieurs noms propres et communs (grand chemin, ancien chemin) indiqués sur les plans. Cette remarque nous amène à privilégier une approche qui permet de dissocier l'objet observé de sa terminologie. Pour cela, nous nous appuyons sur le triangle sémiotique conçu par Ogden, C.K., Richards, I.A.²². Pour ces auteurs, qui ont travaillé sur le langage, le malentendu entre deux personnes qui utilisent le même terme réside dans le fait que l'on confond souvent le nom (symbole) d'un objet et cet objet (réfèrent) lui-même (la base du triangle de la figure 8).

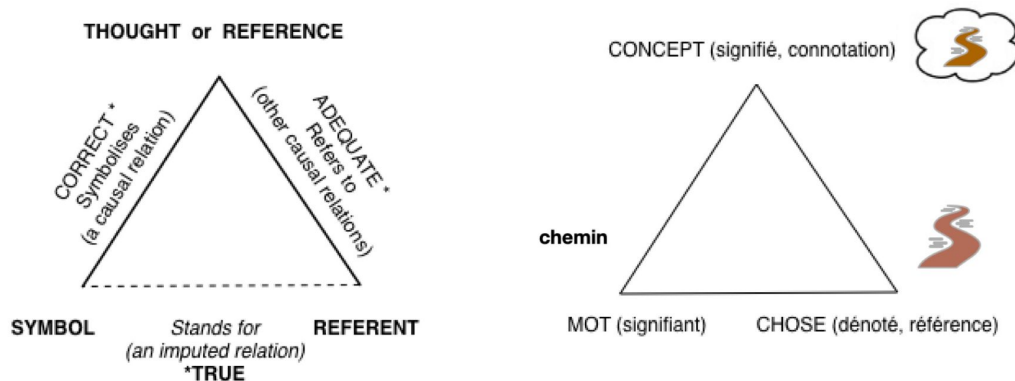


Figure 8. : Le triangle sémiotique : le mot (Symbole), la chose (Réfèrent), le concept (Pensée). D'après Ogden, C.K., Richards, I.A., 1923.

En partant du principe que le sens d'un mot est déterminé par l'expérience vécue du locuteur, ils rejettent toute idée de sens canonique ou standardisé. C'est pourquoi, afin de clarifier et de rendre plus explicite la relation, généralement implicitement établie entre un mot et un objet, ils définissent ce qu'ils appellent le domaine de référence ou de pensée (au sommet du triangle). Le domaine de référence est ce que nous appelons un concept, c'est-à-dire l'ensemble des connaissances empiriques et théoriques qui nous permettent de concevoir ce qu'est une « chose » - dans notre cas, une trace matérielle liée au mouvement - et de la relier à un mot qui la désigne et la définit comme telle - dans notre exemple, la terminologie associée aux parcours ou itinéraires en général. C'est donc la relation avec le concept, ou le domaine de référence, qui donnera un sens explicité à l'identification d'une trace matérielle comme une route, par exemple. Dans notre cas, des éléments aux noms différents ou des segments morphologiquement hétérogènes peuvent ainsi être reliés au même concept de "route de Besançon-Lure". D'un point de vue théorique, on passe donc d'une approche où le concept de "route de Besançon-Lure" correspond à un nom et un objet physique bien défini (une chaussée construite continue) que l'on tente de retrouver, à une approche où plusieurs noms, ou des réalités physiques variées peuvent être reliées à un même concept. Si on pousse plus loin notre raisonnement, on se rend également compte qu'en suivant une approche dite "top-down" fondée sur des types associés a priori à des

22. (OGDEN, RICHARDS, 1923)

morphologies singulières²³, notre capacité à identifier des voies et des systèmes de circulation dans les MNT Lidar risque d'être rapidement limitée à un ensemble d'éléments relativement incohérents. En revanche, si l'on suit un raisonnement dit "bottom-up" par l'identification d'éléments hétérogènes que l'on cherche à lier entre eux pour identifier une entité signifiante en termes d'axe ou de trajectoire, on s'ouvre la possibilité de reconstruire et de comprendre les modalités et réseaux de circulations dans un espace-temps donné. En réalité, on peut jongler avec les deux approches qui ont chacune leur intérêt dès lors qu'on en a une conscience claire et que l'on est en mesure d'explicitier ainsi l'identification et l'interprétation que l'on fait des données Lidar.

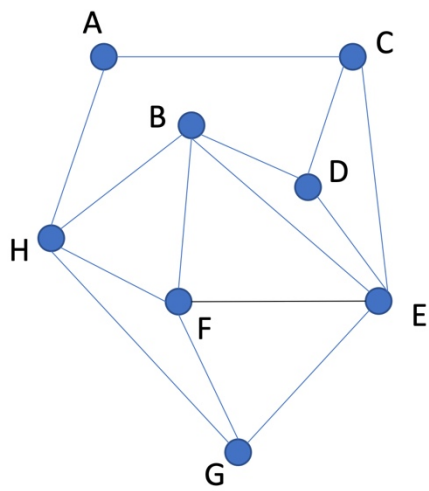
Quand on considère, non plus seulement une voie de communication mais un ensemble de voies, donc un « réseau de communication », un deuxième problème conceptuel doit être abordé. Comme nous l'avons vu à travers quelques exemples, soit les voies sont définies par un axe allant d'une origine à une destination, soit elles sont définies par un déplacement lié à une action spécifique (mouvement réalisé via une activité de cueillette par exemple). Ces deux situations renvoient à deux modèles (ou paradigmes) de conception du « réseau de communication ».

Dans le premier cas, on a bien affaire au modèle du réseau où chaque segment (ici, une voie) est relié à d'autres par des points (dans notre cas, des lieux origine ou destination). Dans ce modèle du réseau, les points jouent le rôle de connecteurs et peuvent donc être interprétés comme des carrefours (fig. 9a). Ce modèle correspond à celui que l'on a l'habitude de concevoir dans notre réseau de communication moderne avec des routes et des chemins qui s'intersectent et nous permettent de rejoindre un lieu à un autre (domicile - travail par exemple) en voiture, à vélo ou à pied. En d'autres termes, les segments de voies que l'on emprunte sont destinés à notre déplacement d'un point à un autre, et d'une certaine façon, ils contraignent également nos possibilités de se mouvoir dans un espace donné.

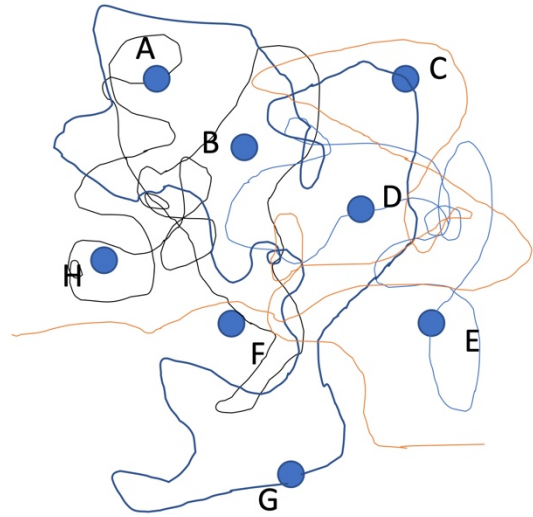
Dans le second cas, c'est l'activité des humains et des non humains qui produit un lacs de traces qui s'enchevêtrent et s'entrecroisent sans forcément créer de connections. Dans ce modèle dit du maillage²⁴, les zones d'intersection des traces ne forment pas nécessairement des connecteurs (fig. 9b). Si elles sont visibles en termes d'entités physiques, ces intersections peuvent en revanche ne pas être considérées comme signifiantes pour celle ou celui qui se déplace, et qui finalement ne les perçoit pas. Dans ce modèle de maillage, ce n'est pas l'objectif du déplacement qui guide le mouvement, mais le mouvement réalisé lors d'une activité qui guide le déplacement. Les traces observées dans le MNT Lidar résultent donc en partie de déplacements répétés par la réalisation de différentes activités ; celles-ci par ailleurs s'entrecroisent dans un espace-temps donné. L'image des intersections physiques observées entre ces traces est donc beaucoup plus complexe à interpréter que celle des connecteurs dans un réseau traditionnel. Et il faut donc, pour comprendre l'idée de maillage, donner une dimension 3D à la réduction 2D que l'on étudie via le MNT Lidar. Nous utilisons l'œuvre d'art de Maya Dunietz pour expliquer cette idée (fig. 10). Si l'on remplace les fils des écouteurs de l'installation par le fil des traces laissées par nos activités et celles d'autres actants (humains, animaux, objets animés comme l'eau par exemple) dans un temps assez long, on prendra assez rapidement conscience de la complexité de l'image 2D que représente l'empreinte de toutes ces activités dans le MNT Lidar. Faut-il pour autant renoncer à appréhender cette complexité pour tenter de reconstruire et comprendre les modalités et formes de circulation dans l'espace habité des zones que nous étudions ?

23. Par exemple, si l'on suit approche classificatoire ou typologique, telle que celle proposée par Timothy Earle (EARLE, 2009) : les routes (roads) sont associées à des volumes importants et un haut niveau de construction, tandis que les chemins régionaux à longue distance (trails) sont associés à un volume moyen avec un faible niveau de construction et que les chemins quotidiens (paths) à fonction essentiellement logistique sont liés à de faible volume et un niveau de construction faible. L'exemple, des cheminements par rampe ou escalier dans un paysage de terrasse remet en cause à lui seul l'efficacité d'une telle typologie pour la détection.

24. Ce modèle du maillage par opposition à celui de réseau repose sur les travaux de l'anthropologue Tim Ingold (INGOLD, 2011) qui s'est lui-même inspiré des réflexions du philosophe et sociologue Henri Lefebvre, en particulier de son ouvrage *La production de l'Espace* (1974, 4ème édition (LEFEBVRE, 2000)).



Network



Meshwork

Figure 9. : Concept de réseau (a) et de maillage (b) d'après Ingold 2011, DAO L. Nuninger 2022 CC-BY-NC-SA.



Figure 10. : Principe du maillage et sa représentation en 2D à l'aide de « Thicket », installation de Maya Dunietz 2016 - Centre Pompidou (Paris). Cliché L. Nuninger 2020 CC-BY-NC-SA. L'installation est réalisée par l'enchevêtrement des fils de milliers d'écouteurs audio et la projection de leur ombre au sol. On voit ici comme la réduction en 2D par projection des ombres, ne reflète pas exactement la nature et la complexité des enchevêtrements des fils tels qu'on peut les observer dans l'installation vue en 3D.

Sans prétendre à une méthode miracle et directe pour obtenir des résultats probants, nous pensons néanmoins qu'il est possible de s'attaquer au problème en renversant une nouvelle fois notre point de vue et s'interrogeant d'abord sur la manière dont des activités, par ailleurs identifiées dans la zone d'étude, ont pu produire des traces de déplacement. Afin d'illustrer notre propos, nous prendrons l'exemple des crêtes de labour, particulièrement bien visibles dans les MNT Lidar et fréquemment observables dans différentes régions. Les crêtes de labour sont des vestiges topographiques qui se présentent comme des talus bordant une série de parcelles le plus souvent en forme de lanières (fig. 9). Les crêtes résultent des activités agricoles liées à une technique de labour spécifique, ainsi qu'aux règles sociales particulières qui y sont associées, notamment le sens du labour dans la parcelle, imposé par la communauté au sein de chaque quartier de culture. Au fil des ans, l'accumulation de terre au bout de chaque champ, produite par le retournement de la charrue, s'est transformée en lits surélevés, ou crêtes, que l'on peut encore reconnaître en Beauce, comme dans beaucoup d'autres régions²⁵. Avec la réglementation du sens de labour, la crête devient progressivement une limite continue au bout de nombreux champs contigus organisés à l'intérieur d'un quartier de parcelles agrégées. Ces limites forment une structure en réseau qui a pu faciliter les mouvements entre les champs d'une part et les établissements (villages et fermes isolées) d'autre part.

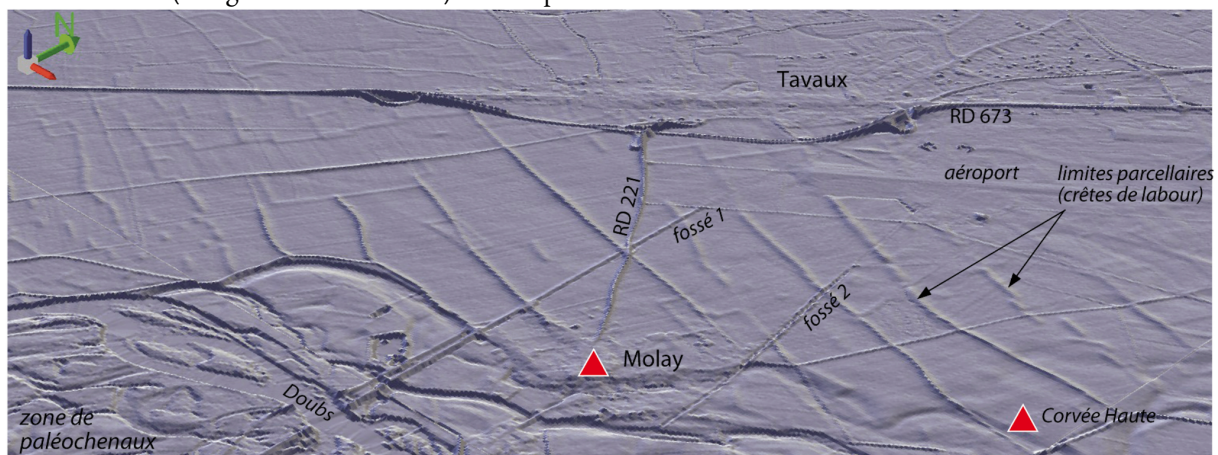


Figure 11. : Vue 3D du MNT Lidar des alentours du village de Molay dans le finage Dolois (Haute-Saône, Bourgogne Franche-Comté). Exagération verticale des reliefs multiplié par 4. Traitement et CAO C. Fruchart 2017, ERC Rurland EPHE.

Dans l'étude menée à Toury en Beauce (Centre Val de Loire), les travaux de Samuel Leturcq²⁶ ont montré grâce à des sources écrites que les limites de certains champs pouvaient être utilisées comme des chemins par des agriculteurs pour accéder à leurs champs. Dans cette région, la pratique consistant à utiliser les limites des champs comme chemins est également attestée par le terme « sommière »²⁷. Dans la langue dialectale des paysans de Toury en Beauce, les termes sommière, sommier ou têtère désignent une « portion surélevée d'un champ » située à la jonction entre deux champs : la crête dite de labour²⁸. Cet élément topographique, potentiellement utilisé comme cheminement piétonnier par les agriculteurs, n'a en fait pas été construit pour se déplacer mais résulte des activités agricoles.

Nous pouvons synthétiser cette connaissance dans un modèle conceptuel présenté sous la forme d'un schéma UML²⁹ où sont décrites toutes les composantes d'un système, les concepts et leurs attributs, ainsi que les processus qui les relient. Dans notre exemple (fig. 10), un agriculteur dans sa pratique agricole utilise une

25. (JUILLARD, 1953 ; BERESFORD, ST. JOSEPH, 1979 ; MCOMISH, 2011 ; HALL, 2014)

26. (LETURCQ, 2008)

27. Le terme « sommière » était utilisé dans le langage des paysans de Toury en Beauce pour désigner les crêtes de labours, et il est parfois lié au terme de chemin dans les terriers médiévaux et modernes. Le terrier est un registre des terres appartenant à un seul propriétaire.

28. (LACHIVER, 1997)

29. Unified Modeling Language est un langage de modélisation graphique à base de pictogrammes conçu comme une méthode normalisée de visualisation dans les domaines du développement logiciel et en conception orientée objet.

charrue pour labourer, selon les règles imposées par la communauté à laquelle il appartient (dans un sens défini par la limite de parcelle). Ceci entraîne un transport de terre en bout de parcelle et crée progressivement une crête de labour, utilisée par l'agriculteur comme "chemin d'accès" à ces parcelles, au même titre que d'autres chemins plus formels (routes). Dans ce schéma, on caractérise le concept de "chemin d'accès" par l'ensemble des objets et leurs propriétés contribuant aux actions de déplacement, que ce soit par des structures dédiées (routes) ou des structures créées par une activité particulière (crête de labour). En outre, le schéma permet de mettre en évidence les relations entre les acteurs (agriculteurs, communautés), les activités (règles sociales, labour, déplacements) et l'organisation du paysage qui tend à structurer la trajectoire des déplacements (limites, parcellaires, quartiers de culture). Ainsi, ce que nous avons appelé « chemin d'accès » est maintenant un concept mieux défini. Nous disposons désormais d'informations sur sa morphologie, son rapport à l'organisation sociale et paysagère, son utilisation et sa temporalité, liées aux règles de la communauté agricole.

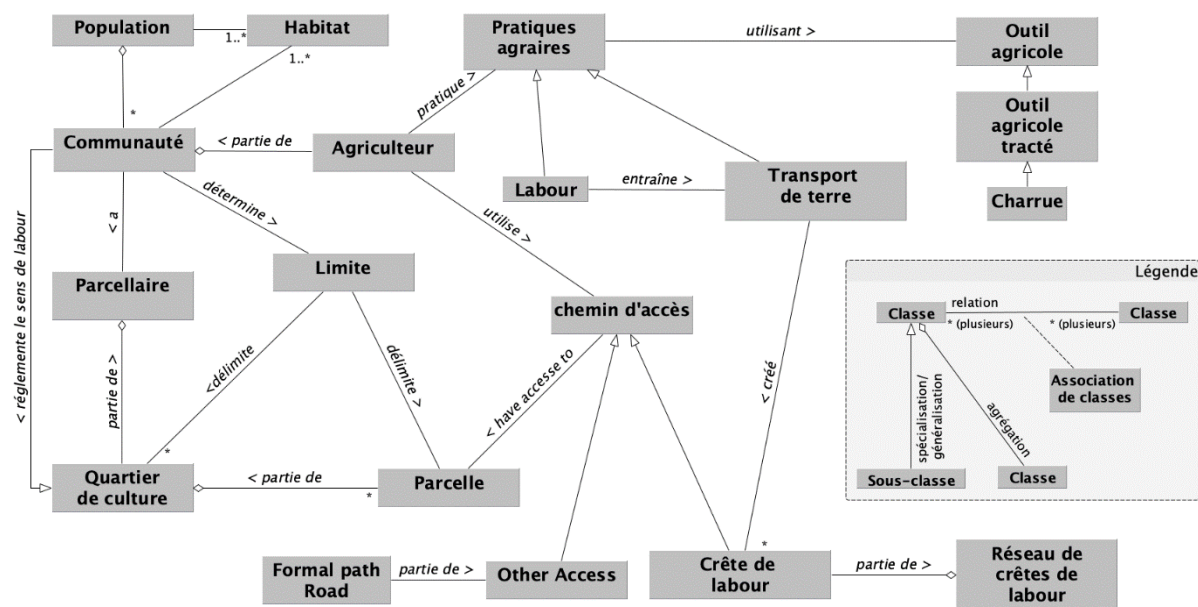


Figure 12. : Schéma UML du système de circulation dans la région de la Beauce. L. Nuninger et Th. Libourel 2020, IEA Movescape MSHE – VU Amsterdam

Le relevé des crêtes de labour réalisé à la fin des années 1990³⁰ à partir d'un plan terrier de 1696, combiné au relevé du réseau routier issu du récolement de plusieurs plans terriers et censiers, montre que l'effet d'enclavement dû à l'émiettement du parcellaire et à la structure fortement dispersée des exploitations est annulé par la densité du réseau de circulation complet (routes et crêtes de labour). Ce réseau d'anciens passages, invisible à nos yeux, a priori étranger aux logiques d'exploitation propres à l'agriculture médiévale et moderne a d'autant plus été oublié qu'une grande partie des terres de Beauce a été remembrée dès les années 1950, constituant de grandes parcelles, rendant obsolète la fonction de chemin d'accès des crêtes de labour et arasant progressivement leur profil topographique par les labours profonds et répétés. Néanmoins, le MNT Lidar permet de nouveau de mettre en évidence ces crêtes de labour, ou leurs vestiges (fig. 9), et le modèle conceptuel construit sur la base de nos connaissances historiques des pratiques agraires anciennes à Toury permettrait de reconstruire des logiques de circulation pour d'autres zones d'études et sur des espaces plus vastes.

En se concentrant sur l'élément clé désigné comme « chemin d'accès » dans ce modèle, on peut inclure des structures similaires qui permettent le mouvement en fonction d'autres types d'objets comme des escaliers, des terrasses, des chaussées ou des canaux, par exemple. Cette entité et les relations qu'elle entretient avec d'autres facilite la modélisation du réseau de mobilité local des agriculteurs, qu'il s'appuie sur une structure en terrasse,

30. Par Samuel Leturcq dans le cadre de sa thèse de doctorat (2001)

sur un mode d'organisation en champs ouverts ou encore sur un réseau de canaux (Nuninger et al., 2020b). Dans tous les cas, c'est bien le passage qui crée et maintient la voie, et non pas sa seule construction. En outre, c'est aussi la multiplicité des actants qui produit des voies, qui deviennent autant d'opportunités utilisables par d'autres, ce qui renforce de fait la trace du passage³¹.

En renversant notre démarche, en partant des connaissances que l'on a sur des activités passées liées à un mouvement spécifique dans l'espace, on arrive à structurer les données selon des catégories auxquelles on n'avait initialement pas pensé, car elles ne font plus partie de notre expérience de mobilité. Cette démarche que l'on peut qualifier d'ontologique³² vise à définir de façon explicite un concept, en spécifiant ce qui le caractérise en termes d'attributs et de relations avec d'autres concepts. Les concepts ou catégories ainsi produites ne sont pas des types universels définis par un ensemble de caractéristiques déterminées a priori. Ce sont des entités qui se comprennent dans un domaine spécifique, on pourrait dire un monde, en fonction d'une logique et de raisonnements qui lui sont propres. En d'autres termes, l'ontologie permet de représenter et d'enrichir un domaine de connaissance, pour le partager et l'utiliser dans le processus de détection. Ce mode de réflexion nous invite à sortir du schéma classique de télédétection où "on ne voit que ce que l'on connaît et on ne connaît que ce que l'on voit". Ainsi, le passage par l'idée de déplacement associé à des activités, nous invite à rechercher des traces de circulation sous la forme d'agencements composés de structures hétérogènes visibles dans le MNT Lidar, mais pas identifiées initialement comme des éléments du réseau de communication, et donc, pas directement interprétables comme des éléments d'un système viaire. Ce qui fait qu'on peut interpréter l'ensemble de ces éléments hétérogènes comme la trace d'une voie repose sur l'agencement de ces éléments, donc sur leurs relations logiques dans un domaine de connaissance donné, par exemple le monde de l'openfield médiéval et moderne.

Toutefois, il ne s'agit pas non plus de tomber dans un relativisme forcé, car l'explicitation des relations logiques entre les concepts permet progressivement de monter en généralité et de transposer certains modèles conceptuels à d'autres contextes. C'est précisément ce que nous avons tenté de faire avec le concept de track graph³³ dans le cadre du projet Movescape. Nous avons introduit le concept de track graph comme un outil analytique potentiel d'exploration et de comparaison des systèmes de parcours en relation avec diverses pratiques de mobilités, et ce, à de multiples échelles spatiales et temporelles. Le track graph est défini comme un ensemble de nœuds et d'arêtes représentant tous les éléments observés dans une région d'étude pouvant être liés au mouvement. Fondé sur la théorie des graphes, cet outil rend possible l'application d'approches analytiques bien établies telles que l'analyse de réseau et la modélisation multi-agents. En outre, comme il est fondé sur une description et une compréhension enrichie des éléments et/ou structures archéologiques observés liés au mouvement (ontologie), il permet conceptuellement d'intégrer deux types de systèmes : celui des voies formelles (réseaux) et celui des parcours informels s'appuyant sur l'idée de maillage.

CONCLUSION

A travers plusieurs exemples de structures topographiques visibles dans un MNT Lidar, nous avons cherché à montrer que la détection des réseaux de communication passés ne reposait pas sur une démarche scientifique simple d'identification, détection, interprétation de linéaires. En effet, dès lors que l'on porte attention aux modalités de déplacement selon différents objectifs (cueillette, pratiques agraires...), on s'aperçoit rapidement que le réseau de communication entre des lieux bien identifiés s'inscrit en réalité dans un système de circulation relativement complexe dont on retrouve les traces dans le MNT Lidar. Appréhender ce système de circulation implique de développer d'autres approches pour identifier des traces liées au déplacement, reconnaître et

31. Par exemple, le sentier tracé par un animal peut tout à fait être partiellement utilisé par un humain et servir en outre de passage à l'élément eau, chacun de ces actants renforçant la trace de l'autre contribuant d'une certaine manière à orienter le mouvement progressivement dans un système de circulation.

32. Au sens d'ontologie en informatique.

33. Pour une présentation détaillée, cf. (NUNINGER *et alii*, 2020 ; à paraître)

interpréter de nouvelles formes de voies possibles pour reconstruire des réseaux de circulation passés dans une perspective dynamique. Il s'agit ici d'enrichir nos approches plus classiques qui n'en demeurent pas moins efficaces et utiles pour comprendre les mutations paysagères dans la longue durée.

Cet enrichissement dans le processus de détection nous paraît fondamental également pour éviter une réduction de nos connaissances paradoxalement renforcée par une production de données sans précédent, voire massive, grâce à la détection automatique. Une telle production de donnée normalisée pourrait nous amener collectivement à construire (voire à renforcer) un récit des circulations dans le paysage qui s'appuie uniquement sur les infrastructures de déplacement contraignantes et s'auto-renforçant dans le temps, sans prendre en compte la capacité des sociétés à produire elles-mêmes leur espace de vie via des activités quotidiennes en prise avec leur territoire. De ce point de vue, le confinement de 2020 nous a offert une parenthèse pour prendre conscience de cet effet de l'infrastructure sur nos vies. Privés de nos déplacements habituels domicile - travail et contraints à se déplacer dans un rayon d'un kilomètre, nous avons rapidement pris conscience que nos activités sportives, d'observation de la nature, etc., nous permettaient de tracer ou de réactiver le tracé de voies de circulation oubliées ou nouvelles, ouvrant de nouvelles perspectives de circulation dans notre environnement. Ce point est particulièrement important, selon nous, car il contribue à penser autrement la question de la mobilité sur nos territoires, en particulier dans un contexte de développement des mobilités douces lié aux enjeux du réchauffement climatique. La réflexion sur la mobilité associée à la pratique d'une activité invite notamment à repenser le système de communication sous forme de circuit, de circulation et pas uniquement de déplacement d'un lieu à un autre, souvent dans un modèle centre-périphérie. En contribuant au récit des systèmes viaires locaux et régionaux dans la longue durée, l'archéologue a certainement un rôle à jouer dans cette réflexion en termes d'aménagement du territoire.

BIBLIOGRAPHIE

ARNAULD M.-C., MICHELET D., 2004, « Nature et dynamique des cités mayas », *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, 59, p. 73-108.

BERESFORD M. W., ST. JOSEPH J. K. S., 1979, *Medieval England: An Aerial Survey* [en ligne], Cambridge, Cambridge University Press URL : <https://books.google.fr/books?id=DmDSAAAAMAAJ>.

BERGIER N., 1622, *Histoire des grands chemins de l'empire romain*, Paris, C. Morel.

CAUJET B., TAMAS C. G., GUILLAUMET J.-P., PETIT C., MONNA F., 2006, « Les exploitations minières en pays éduen », *Dossiers de l'archéologie*, 316, p. 20-25.

CHASE A. F., CHASE D. Z., 2001, « Ancient Maya Causeways and Site Organization at Caracol, Belize », *Ancient Mesoamerica* [en ligne], 12, 2, p. 273-281, URL : <https://pdfs.semanticscholar.org/f0da/990ec9e435d2adbf2358336b0d1a5f4c48d1.pdf>.

CHASE A. F., CHASE D. Z., WEISHAMPEL J. F., DRAKE J. B., SHRESTHA R. L., SLATTON K. C., AWE J. J., CARTER W. E., 2011, « Airborne LiDAR, archaeology, and the ancient Maya landscape at Caracol, Belize », *JAS*, 38, 2, p. 387-39.

DETHIER D. P., OUIMET W. B., MURPHY S. F., KOTIKIAN M., WICHERSKI W., SAMUELS R. M., 2018, « Anthropocene landscape change and the legacy of nineteenth-and twentieth-century mining in the Fourmile Catchment, Colorado Front Range », *Annals of the American Association of Geographers*, 108, 4, p. 917-937.

EARLE T., 2009, « Routes through the landscape. A Comparative Approach », in SNEAD J. E., ERICKSON C. L., DARLING A. J. éd., *Landscapes of movement. Trails, Paths, and Roads in Anthropological Perspective*, Philadelphia, University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology, p. 253-270.

FRUCHART C., 2014, *Analyse spatiale et temporelle des paysages de la forêt de Chailluz (Besançon, Doubs) de l'Antiquité à nos jours*, Thèse de Doctorat, Université de Franche-Comté, 345+103+214+60 p.

FRUCHART C., 2016, « Utilisation de plans forestiers XVIIIe-XIXe siècles pour une étude archéologique des paysages passés de la forêt de Chailluz (Besançon) : l'exemple d'un réseau viaire », *Bulletin du centre d'études médiévales d'Auxerre | BUCEMA*, Hors-série n° 9.

GIVEN M., ALDRED O., GRANT K., MCNIVEN P., POLLER T., 2019, « Interdisciplinary approaches to a connected landscape », in *Proceedings of the Society of Antiquaries of Scotland*, vol. 148, s.l., s.n., p. 83-111.

HALL D., 2014, *The open fields of England*, Oxford, OUP.

HYSLOP J., 1991, « Observations about research on prehistoric roads in South America », in TROMBOLD C. D. éd., *Ancient road networks and settlement hierarchies in the New World*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 28-33, (*New Directions in Archaeology*).

INGOLD T., 2011, *Being alive: Essays on movement, knowledge and description*, s.l., Routledge.

JUILLARD É., 1953, « Formes de structure parcellaire dans la plaine d'Alsace », *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 30, 232, p. 72-77.

KIRCHNER A., HERRMANN N., STADTMANN R., LAHMER T., HILL L.-M., STEINBRECHER T., SAUERWEIN M., 2020, « Spatial analysis of hollow ways in the Hildesheimer Wald Mountains (Lower Saxony, Germany) as a model for mountainous regions of Central Europe », *Erdkunde*, 74, 1, p. 1-14.

LACHIVER M., 1997, *Dictionnaire du monde rural. Les mots du passé*, Paris, Fayard, 1766 p.

LANDAUER J., VERSCHOOF-VAN DER VAART W., 2022, « Find 'em all: Large-scale automation to detect complex archaeological objects with Deep Learning - a case study on English Hillforts », in *Preprint [en ligne]*, CAA 2021 Digital Crossroads, Limassol, Cyprus, s.n., URL : https://www.researchgate.net/publication/358736419_CAA_2021_Digital_Crossroads_Find_%27em_all_Large-scale_automation_to_detect_complex_archaeological_objects_with_Deep_Learning_-_a_case_study_on_English_Hillforts [lien valide au 4 mai 2022].

LEFEBVRE H., 2000, *La production de l'espace.*, Paris, Éditions Anthropos, 485 p. (*Ethno-sociologie*).

LEROI-GOURHAN A., 1998, *Le geste et la parole. Tome II : la mémoire et les rythmes*, Paris, Albin Michel, 288 p., 2).

LETURCQ S., 2008, « Fonction et devenir d'un réseau invisible : les crêtes de labours dans les terroirs beaucerons (XIVe-XXe siècles). », in COMPATANGELO-SOUSSIGNAN R., BERTRAND J.-R., CHAPMAN J., LAFFONT P.-Y. éd., *Marqueurs des paysages et systèmes socio-économiques*, Marqueurs des paysages et systèmes socioéconomiques. Proceedings of Le Mans COST Conference., Rennes, Presses universitaires de Rennes, p. 163-174.

MCOMISH D., 2011, « Introductions to Heritage Assets: Field Systems », *English Heritage*, p. 1-5.

MLEKUŽ D., 2013, « Time geography, GIS and archaeology », in CONTRERAS F., FARJAS M., MELERO F. J. éd., *Fusion of Cultures. Proceedings of the 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Granada, Spain, April 2010* [en ligne], Oxford, Archaeopress, p. 359-369, (*BAR International Series*, 2494), URL : https://publikationen.uni-tuebingen.de/xmlui/bitstream/handle/10900/60804/57_Mlekuz_CAA_2010.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

NUNINGER L., LIBOUREL T., RODIER X., OPITZ R., VERHAGEN P., FRUCHART C., LAPLAIGE C., LETURCQ S., LEVOGUER N., à paraître, « Explorer les processus de mobilité passée. Raisonement ontologique fondé sur la connaissance des pratiques socio-culturelles et des vestiges archéologiques », *RIG*.

NUNINGER L., VERHAGEN P., LIBOUREL T., OPITZ R., RODIER X., LAPLAIGE C., FRUCHART C., LETURCQ S., LEVOGUER N., 2020, « Linking Theories, Past Practices, and Archaeological Remains of Movement through Ontological Reasoning », *Information* [en ligne], 11, 6, p. 338, URL : <https://www.mdpi.com/2078-2489/11/6/338> [lien valide au 23 octobre 2020].

OGDEN C. K., RICHARDS I. A., 1923, *The Meaning of Meaning: A Study of the Influence of Language upon Thought and of the Science of Symbolism*, London, Routledge & Kegan Paul Ltd.

ROBERT S., POIRIER B., 2014, « La chaussée Jules-César, résilience d'une grande voie antique dans le Vexin français (Val-d'Oise) », in ROBERT S., VERDIER N., *Dynamique et résilience des réseaux routiers : archéogéographes et archéologues en Île-de-France*, Tours, FERACF, p. 151-167.

ROBERT S., VERDIER N., 2014, *Dynamique et résilience des réseaux routiers : archéogéographes et archéologues en Île-de-France*, Tours, FERACF.