HAL
open science

De l'image au terrain, et vice-versa : des méthodes de prospection archéologique fondamentalement complémentaires

Frédéric Trément

To cite this version:

Frédéric Trément. De l'image au terrain, et vice-versa : des méthodes de prospection archéologique fondamentalement complémentaires. Les voies de l'archéologie aérienne, Jean-Claude Claval, Sep 2021, Clermont-Ferrand, France. pp.89-103. hal-04243047

HAL Id: hal-04243047

https://hal.science/hal-04243047

Submitted on 30 Oct 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.

Archéologie aérienne

Actes de la table ronde « Les voies de l'archéologie aérienne »

Clermont-Ferrand, 10 septembre 2021

Bulletin du Centre d'Études et de Recherches d'Archéologie Aérienne

N° 10 - octobre 2021

PUY-DE-DÔME LE DÉPARTEMENT

PUY-DE-DÔME terre d'archéologie

C.E.R.A.A ARCHÉOLOGIE AÉRIENNE

La Région Auvergne-Rhône-Alpes

TABLE DES MATIÈRES

Jacques Dassié

Préface 9

Emmanuel Grélois

Introduction 13

Jean Archambault

Activités et perspectives de l'archéologie aérienne en Bourbonnais 15

Gilbert Boudriot

Activités et perspectives de la SAUVERA en Grande Limagne 25

Bernadette Dufaure et Jean-Claude Claval

Apport de la prospection aérienne sur l'histoire d'un territoire 37

Alain Magdelaine

Activités et perspectives de la prospection aérienne dans la Nièvre. Analyse des indices révélateurs et apport du numérique 45

Jean-François Parrot

Activités et perspectives des prospections aériennes dans la Loire 63

Jean-Pierre Tixier

Le drone 73

François Rigolé

Association pour la Valorisation et la Formation à l'archéologie aérienne (AVF2A) 81

Frédéric Trément

De l'image au terrain, et vice-versa : des méthodes de prospection archéologique fondamentalement complémentaires 89

Jean-Paul Brun

Le LiDAR : un outil pour l'observation de la terre 105

Jean-Paul Brun

Projet de construction d'un gisement. Partage de photographies aériennes en archéologie 115

Pierre Nouvel

De la prospection aérienne oblique au dépouillement des fonds orthophotographiques. 60 ans de recherches archéologiques aériennes dans le Centre-est de la France 121

Stéphane Laisné

Redressement des vues obliques. Limites d'application de la méthode polynomiale 143

De l'image au terrain, et vice-versa : des méthodes de prospection archéologique fondamentalement complémentaires

Frédéric Trément
Professeur d'Antiquités nationales - Histoire et archéologie de la Gaule celtique et romaine
Département d'histoire
Centre d'Histoire « Espaces et Cultures » (CHEC - EA 1001)
Université Clermont Auvergne

L'objectif de cette communication est de porter l'attention sur la complémentarité fondamentale des méthodes de prospection. Mon intérêt pour ce problème découle de mon parcours professionnel et scientifique, dans lequel les méthodes de prospection (pédestres surtout, mais aussi aériennes, géophysiques et géochimiques) ont occupé une place centrale. Dès le colloque que j'ai organisé à Pise en 1996 avec Marinella Pasquinucci sur le thème *Non-destructive techniques applied to landscape archaeology* (Pasquinucci et Trément 2000), j'avais insisté sur l'importance de combiner les différentes catégories de méthodes, ce que j'avais mis en pratique sur le site des Girardes à Lapalud, dans le Vaucluse, sur le tracé du TGV Méditerranée (Trément 2000). Je n'ai eu de cesse, par la suite, de combiner prospection au sol et prospection aérienne, mais aussi prospection géophysique, LiDAR et fouille (Trément dir. 2020a ; Trément 2021a).

En effet, chaque méthode d'investigation met en œuvre des principes et des moyens spécifiques, qui exploitent des propriétés physiques et chimiques particulières du sous-sol, et produisent par conséquent des images forcément différentes de la même réalité sous-jacente. Les méthodes de prospection, et je dirais même, plus largement, les méthodes d'exploration archéologique du sous-sol, en incluant la fouille, ne sont donc pas concurrentes mais complémentaires (Trément 2011). Aucune n'est meilleure qu'une autre dans l'absolu. Certes, dans un contexte donné, telle ou telle méthode sera plus efficace parce qu'elle est plus adaptée aux conditions taphonomiques locales (nature des vestiges et de l'encaissant sédimentaire, épaisseur du recouvrement, type de couvert végétal...). Mais aucune généralisation n'est possible. Chaque méthode est susceptible de donner une image particulière des structures enfouies dans le sous-sol. L'idéal est donc d'en croiser le maximum. Bien sûr, le bon sens et les contingences d'ordre économique tendent à nous faire utiliser les méthodes « qui marchent le mieux » dans un contexte donné. Il est évident, par exemple, que la plaine de la Limagne est très propice à la prospection aérienne et, plus encore, à la prospection pédestre (Trément *et al.* 2018). Dans les zones montagneuses ou boisées, on leur préférera aujourd'hui le LiDAR (Collectif 2021). Mais sur les hauts plateaux déboisés du Cézallier, ces trois méthodes de prospection ont été efficacement combinées (Calbris 2020).

Je développerai trois séries d'exemples pour illustrer mon propos. Le premier a trait à la complémentarité des méthodes de prospection aérienne et pédestre. Je prendrai le cas emblématique des *villae* de la plaine de la Limagne, qui sont particulièrement bien documentées par ces méthodes d'investigation.

Il faut commencer par rappeler pourquoi ces deux méthodes sont si efficaces dans ce contexte précis. La confrontation des données archéologiques et paléoenvironnementales acquises au cours des vingt dernières années en Limagne met en lumière deux facteurs favorables (Trément 2011 ; Trément *et al.* 2018) :

– le premier réside dans le faible enfouissement des sites archéologiques ; en effet, dans ce bassin d'effondrement d'âge tertiaire, les dimensions de la plaine sont très importantes proportionnellement au bassin versant, ce qui explique la faiblesse des recouvrements sédimentaires récents ; de fait, fouilles et prospections montrent que les sites archéologiques sont quasiment en surface ; leur destruction a surtout été le fait de leur utilisation comme carrières de matériaux durant l'époque médiévale et moderne, dans une plaine où la pierre est quasiment absente ;

– le second facteur favorable à la prospection tient au caractère récent et intensif de la mise en valeur agricole mécanisée, consécutive au Plan Limagne, vaste programme d'assèchement et de remembrement initié en 1962, mais mis en œuvre principalement dans les années 1970 et 1980. Le rabotage des niveaux archéologiques est donc un phénomène récent, dont on peut percevoir les effets négatifs d'année en année, du fait de l'utilisation de techniques de travail de la terre de plus en plus agressives, qui provoquent la désagrégation des artefacts. Ce processus aura des conséquences importantes dans un avenir proche, avec la dilution et l'effacement accélérés des gisements archéologiques, et donc de leur image de surface, bien perceptibles depuis plusieurs années. Il est par conséquent urgent de prospecter ce type de bassins sédimentaires, d'autant que ceux-ci concentrent la majeure partie des peuplements anciens. D'une certaine manière, ces méthodes relèvent déjà d'une archéologie préventive.

Pour en revenir aux *villae* de Limagne, je prendrai l'exemple des sites de rang A1 de notre typologie des établissements ruraux, catégorie qui regroupe les établissements les plus vastes (leur superficie excède 20 000 m^2) et les plus luxueux (ils livrent de la mosaïque, des fragments de marbre mouluré, d'enduits peints polychromes et d'hypocauste) (Dousteyssier, Segard et Trément 2004). Je limiterai ces exemples au secteur de Billom, qui fait l'objet de prospections systématiques depuis 2005 (Trément *et al.* 2018 ; Trément dir. 2019). J'insisterai sur le fait que, si les photographies aériennes renseignent avec beaucoup de détail la *pars urbana* de ces établissements, elles documentent a contrario beaucoup moins bien, voire pas du tout, leur *pars rustica*, qui est en revanche révélée par les prospections au sol.

Dans la partie ouest de la zone d'étude, la *villa* des Valots (Saint-Georges sur Allier) comprend une série de bâtiments qui s'étendent sur 180 m d'est en ouest et 150 m du nord au sud, soit environ 20 000 m^2**(Fig. 1)**. Les ramassages de surface réalisés en 2013 montrent que la *pars urbana*, parfaitement visible à l'ouest sur les clichés aériens du CERAA, concentre tesselles de mosaïque, fragments de marbre, d'enduits peints et d'hypocauste. À l'est, en revanche, plusieurs bâtiments à vocation agricole, invisibles sur les clichés aériens, pourraient s'organiser autour d'une vaste cour.

Dans la partie est de la zone d'étude, à cheval sur trois communes (Vassel/Chas/Espirat), la *villa* de Fiole est l'un des plus vastes établissements aristocratiques de ce secteur **(Fig. 2)**. Sa *pars urbana* est clairement localisée au nord, où ont été recueillis en abondance tesselles de mosaïque, fragments de marbre, d'enduits peints et d'hypocauste, ce que confirment des prospections aériennes et géophysiques récentes (Simon *et al.* 2019). Mais les prospections au sol réalisées entre 2007 et 2017 révèlent une importante extension en direction du sud,

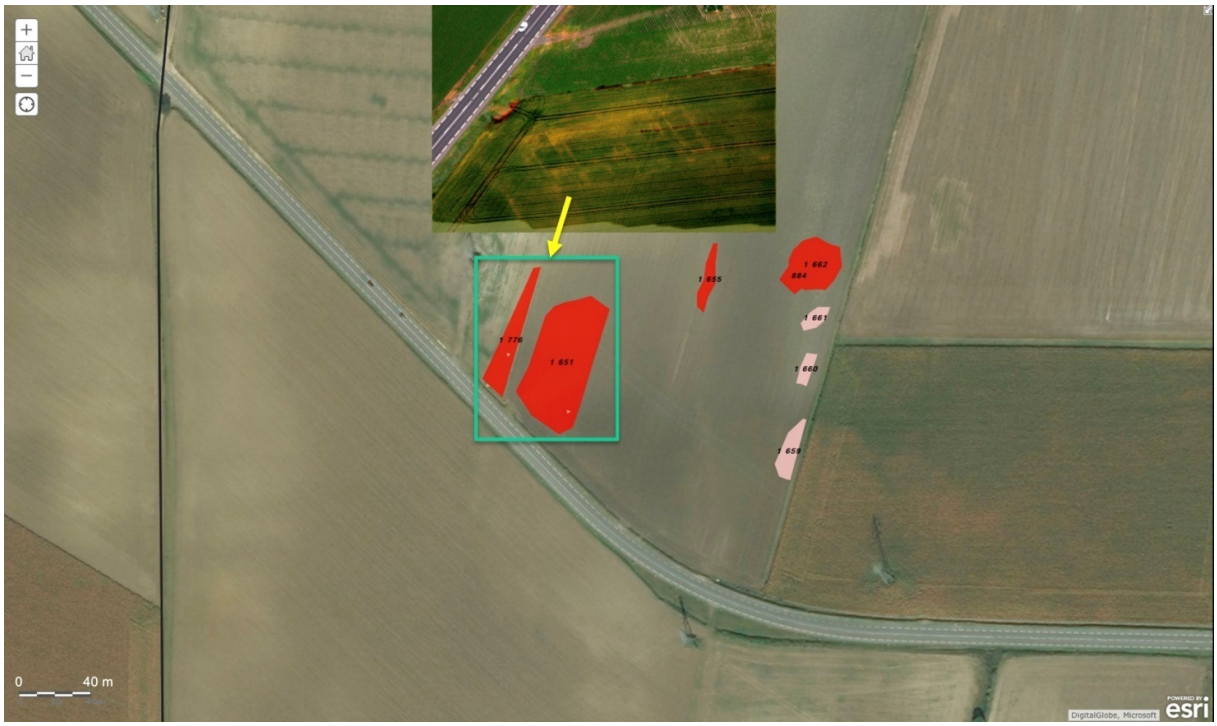

Figure 1. La *villa* des Valots (Saint-Georges-sur-Allier). Les ramassages de surface mettent en évidence la *pars urbana* à l'ouest (cadre vert), photographiée par G. Boudriot (CERAA), mais également de possibles bâtiments associés à la *pars rustica* à l'est. Prospection au sol F. Trément (2013). Cliché aérien CERAA. Image verticale ESRI. DAO F. Trément.

Figure 2. La *villa* de Fiole (Vassel). Les ramassages de surface mettent en évidence la *pars urbana* au nord (cadre vert) et une possible *pars rustica* au sud. Prospection au sol F. Trément (2007-2017). Image verticale ESRI. DAO F. Trément.

où l'absence d'éléments décoratifs suggère la présence de la *pars rustica*. La *villa* s'étendrait ainsi sur 500 m du nord au sud et près de 300 m d'est en ouest, soit une emprise d'environ 10 ha.

Sur la *villa* d'Espezin (Moissat), données aériennes et pédestres se superposent bien, mais l'interprétation des espaces reste à mener dans le détail **(Fig. 3)**. Les ramassages de surface réalisés en 2009 révèlent que l'établissement s'étendait sur 300 m d'est en ouest et 200 m du nord au sud, soit une superficie d'environ 53 000 m². L'étude du mobilier permet de dater l'occupation du Haut-Empire, de l'Antiquité tardive et du haut Moyen Âge, mais le mobilier tardif, particulièrement riche, est prépondérant. La distribution des matériaux de construction suggère que la *pars urbana* devait se localiser dans la partie ouest du site (marbre, enduits peints, hypocauste, *terrazzo*), tandis que la *pars rustica* devait s'étendre à l'est (scories, meules, *dolium*, tessons de sigillée surcuits, conduits de cheminée). Les clichés aériens du CERAA corroborent cette proposition d'organisation, montrant un possible bâtiment thermal au sud-ouest et un corps de bâtiment composé de pièces carrées au sud-est. Une image verticale de l'IGN datée de 2016 confirme qu'il s'agit là de l'aile sud de la *pars rustica*, qui s'organisait autour d'une cour plus ou moins carrée fermée par un mur à l'est et bordée au nord comme au sud par deux ailes symétriques **(Fig. 4)**.

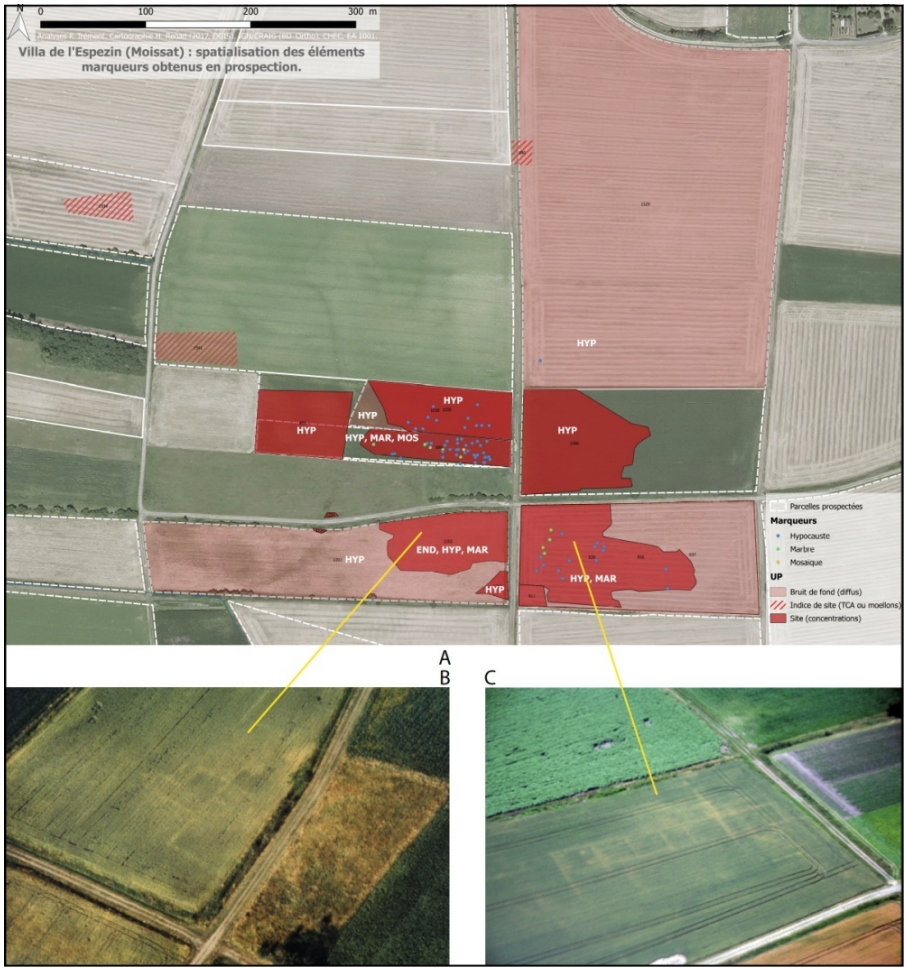

Figure 3. La *villa* d'Espezin (Moissat). Prospection au sol F. Trément (2009). Clichés aériens CERAA. Image verticale ESRI. DAO F. Trément.

Figure 4. Vue d'ensemble de la *pars rustica* de la *villa* d'Espezin (Moissat) sur l'image IGN Géoportail datée de 2016.

Enfin, le cas de la *villa* de Pré Gilbert (Moissat) est particulièrement suggestif **(Fig. 5)**. Plusieurs bâtiments étaient nettement visibles au sol lors de la prospection pédestre réalisée en 2011, mais aucun élément « luxueux » n'avait permis de conclure à une *villa*. L'observation de la couverture Google Earth 2015 a pourtant révélé a posteriori la présence d'une *pars urbana* à l'ouest de la route, confirmant au passage la grande précision de nos relevés de surface. La compilation des données met ainsi en lumière la complémentarité des deux méthodes. L'absence de marbre, d'enduit peint ou même d'hypocauste à l'emplacement de la *pars urbana* pourrait s'expliquer par l'enfouissement plus important de ces structures. Mais on peut aussi envisager une récupération méthodique de ces matériaux durant l'Antiquité tardive ou le Moyen Âge. Il apparaît en effet que, si l'occupation du secteur de la *pars urbana* est limitée au Haut-Empire, celle du secteur interprété comme la *pars rustica* se prolonge durablement jusque dans le Haut Moyen Âge (Trément *et al.* 2018). Pour le Haut-Empire, on peut restituer une vaste *villa* longue de 330 m et large de 220 m, couvrant environ 5 ha.

Ces différents exemples confortent l'hypothèse selon laquelle les *partes urbanae* des *villae* considérées, plus massives et plus profondément fondées, ont mieux résisté aux effets du rabotage causé par les labours que les *partes rusticae*, probablement construites de manière plus légère, sur des fondations moins profondes. D'où une destruction différentielle plus favorable à la prospection au sol qu'à la prospection aérienne.

En second lieu, je voudrais insister sur l'intérêt de confronter systématiquement les photographies aériennes obliques aux aérophotographies verticales disponibles dans la fonction « Remonter le temps » du site Géoportail de l'IGN. Le dépouillement méthodique de ces derniers clichés offre en effet la possibilité d'une approche régressive du paysage sur un laps de temps (quasiment 80 ans) correspondant à des mutations radicales, engendrées notamment par les remembrements. Outre le fait qu'il est parfois possible d'obtenir des images supplémentaires des sites étudiés, comme on vient de le voir pour la *villa* d'Espezin à Moissat, cette

Figure 5. La *villa* de Pré Gilbert (Moissat). Restitution de la *pars urbana* à partir de l'image Google Earth 2015 et spatialisation des données archéologiques issues des ramassages de surface réalisés en 2011. Prospection au sol F. Trément (2011). SIG F. Baret. Image Google Earth (2015).

démarche permet surtout de faire le tri dans le réseau complexe des formes du paysage et d'éliminer le « bruit de fond » lié aux parcellaires modernes et contemporains.

Je prendrai deux exemples significatifs de structures fossoyées susceptibles d'être interprétées comme des enclos protohistoriques, mais qui en réalité sont des rémanences du parcellaire récent. Le premier cas concerne une structure fossoyée de grandes dimensions que j'ai repérée et photographiée en 2019 au lieu-dit Fontaine de Paulhat **(Fig. 6)**, sur la commune de Vertaizon (Trément dir. 2020b). Cette structure spectaculaire par sa forme et ses dimensions (230/250 m x 150/160 m, soit 5 ha) laisse penser à un enclos protohistorique. L'examen méthodique des clichés IGN depuis 1946 révèle qu'il n'en est rien, puisqu'il s'agit d'une forme parcellaire encore active dans le paysage jusqu'aux années 1970 (elle apparaît sur les clichés de 1946, 1960, 1968 et 1974) **(Fig. 7)**. Suite aux remembrements, cette forme parcellaire commence à être démembrée dans le courant des années 1980 (cliché infrarouge de 1985). Sur le cliché de 1989, c'est déjà une forme fossile, qui présente le même aspect qu'aujourd'hui.

Un second cas typique de « faux enclos protohistorique » est fourni par le site de La Prade à Billom. Ce site a fait l'objet d'un ramassage de surface exhaustif en 2016 et d'une analyse spatiale de la distribution du mobilier, qui ont révélé une succession d'occupations au Néolithique, à l'âge du Bronze, à l'âge du Fer, au Haut-Empire, dans l'Antiquité tardive et durant le haut Moyen Âge (Trément *et al.* 2018). Sur la base d'un de ses clichés aériens, Gilbert Boudriot (2018 : 27 ; 29 fig. 30) propose d'y voir un camp militaire romain installé le long

Figure 6. Vue aérienne d'un vaste « enclos » fossoyé au lieu-dit Fontaine de Paulhat (Vertaizon). Cliché F. Trément (24/06/2019).

Figure 7. Cliché IGN de 1946 révélant une « anomalie » parcellaire à l'origine de l'enclos supposé au lieu-dit Fontaine de Paulhat (Vertaizon).

de la voie d'Agrippa **(Fig. 8)**. Cette enceinte hypothétique se serait étendue sur environ 230 m du nord au sud et 150 m d'est en ouest, délimitant une superficie d'au moins 3 ha. L'examen des clichés IGN disponibles sur

Géoportail montre que cette anomalie correspond en réalité à une limite parcellaire antérieure au remembrement. Le fossé est encore fonctionnel sur le cliché infrarouge de 1974 **(Fig. 9)**, alors qu'il a été comblé sur le cliché de 1978, qui révèle toutefois nettement son tracé. Celui-ci est ensuite plus ou moins net selon les années.

Figure 8. Vue aérienne du site fossoyé supposé de La Prade Nord (Billom). Cliché G. Boudriot (2018).

Figure 9. Le secteur de La Prade Nord (Billom) avant le remembrement. Cliché IGN infrarouge daté de 1974.

Ces deux exemples prouvent tout l'intérêt de confronter systématiquement photographies aériennes obliques et aérophotographies verticales, à travers une approche qui s'apparente finalement à celle de l'archéomorphologie, soulevant, au passage, les mêmes interrogations que cette dernière : car si les anomalies observées renvoient non pas à des structures archéologiques fossoyées mais à des formes du parcellaire moderne, il n'est pas totalement exclu que ces dernières résultent de la présence de structures plus anciennes, leur morphologie s'inscrivant déjà, dans les deux cas étudiés, en discordance dans le paysage d'avant remembrement.

Le dernier problème que je souhaite aborder est posé par la montée en puissance du LiDAR au cours des toutes dernières années. Un siècle exactement après la naissance de l'archéologie aérienne, cette innovation technologique majeure est en train d'introduire un nouveau bouleversement dans notre connaissance des systèmes de peuplement anciens (Collectif 2021). Cette technologie apparue au début des années 2000, qui tend à se banaliser depuis les années 2010 du fait de la « démocratisation » des coûts (permise notamment par le recours aux drones), présente pour l'investigation des massifs forestiers, qui couvrent un tiers du territoire métropolitain, un intérêt comparable à celui de la prospection aérienne pour les plaines agricoles. Le principe de « révélation » des vestiges est certes très différent. Si la prospection aérienne peut tirer profit des anomalies topographiques ou microtopographiques dans des zones non boisées mais épargnées par l'agriculture intensive, elle tire surtout parti, dans les zones agricoles, des indices phytographiques, hydrographiques et pédographiques (croissance et couleur différentielle des plantes cultivées, tâches d'humidité, fonte différentielle de la neige, couleur du sol). Quoi qu'il en soit, la forêt est le pire ennemi du prospecteur aérien. Or elle constitue un milieu privilégié pour la conservation des vestiges en élévation, sous la forme d'anomalies topographiques. Ce sont précisément ces anomalies de relief que restituent très fidèlement les Modèles Numériques de Terrain (MNT) générés par les couvertures LiDAR réalisées sur de vastes superficies par avion ou plus localement par drone.

Le LiDAR offre la possibilité de prospecter ces vastes étendues boisées, auxquelles les méthodes de prospection aériennes et pédestres sont très mal adaptées (Trément 2021b). Une journée de vol, quelques centaines d'heures de traitement des données numériques, des semaines de prospection... sur l'écran de l'ordinateur. C'est là une expérience radicalement nouvelle pour l'archéologue. Certes, celui-ci est familier depuis longtemps des couvertures aérophotographiques verticales, voire des images satellitaires, sur lesquelles il traque les anomalies d'origine archéologique. La fonction « Remonter le temps » du Géoportail de l'IGN est désormais un outil de travail quasi quotidien, comme on l'a vu plus haut. Mais ces sources documentaires présentent des limites similaires à la prospection aérienne : d'une part, elles sont efficaces pour les plaines agricoles mais pas pour les massifs forestiers ; d'autre part, le résultat est tributaire du moment de la prise de vue, qui ne coïncide pas forcément avec la période la plus propice du calendrier agricole. Mais surtout, les possibilités offertes par le LiDAR en termes d'exhaustivité et de résolution des couvertures ouvrent des horizons radicalement nouveaux.

Le LiDAR ne permet pas seulement de « voir à travers la forêt », il fournit aussi une représentation continue, homogène et à très haute résolution (d'ordre décimétrique) de la surface du sol. Certes, tout ce qui est visible sur le MNT l'est au sol, sur le terrain. Mais il est infiniment plus rapide de prospecter sur un écran que dans la forêt des dizaines, voire des centaines de kilomètres carrés ! L'autre avantage du LiDAR est de fournir une vision d'ensemble des structures et de leur contexte, avec une souplesse totale dans le choix de l'échelle d'observation. Cette méthode est particulièrement propice à la détection de vestiges d'activités produisant des

reliefs marqués dans le paysage (habitats fortifiés ou fossoyés, mines, carrières, routes, parcellaires, aménagements hydrauliques…). À la différence de la prospection aérienne, qui ne peut jamais prétendre à l'exhaustivité, même au prix d'années et d'années de missions, le LiDAR offre la possibilité de dresser des inventaires complets et pour ainsi dire définitifs de ces catégories de vestiges. Il ouvre aux archéologues du XXIe siècle l'horizon d'une « nouvelle frontière ».

Je présenterai brièvement deux exemples d'applications dans le cadre de programmes de recherche en cours. Le premier est le programme MINEDOR, qui vise à inventorier, à cartographier et à caractériser les mines d'or gauloises présentes en grand nombre à l'ouest du territoire arverne (Trément dir. 2016). Ce programme, qui a débuté en 2010, a connu courant 2021 une accélération exponentielle avec la réalisation d'une couverture LiDAR sur une superficie de 250 km², soit 37 communes de Combrailles en tout ou partie (Trément dir. 2020a ; Trément 2021a).

L'examen préliminaire de cette première couverture révèle une quantité et une diversité insoupçonnées de structures minières **(Fig. 10)**. D'ores et déjà, il apparaît que les aurières déjà connues s'inscrivent dans des ensembles plus vastes, comprenant différents types de travaux d'excavation liés à des aménagements hydrauliques (bassins, canaux, laveries) destinés au lavage du minerai, préalable indispensable à l'extraction du précieux métal **(Fig. 11)**.

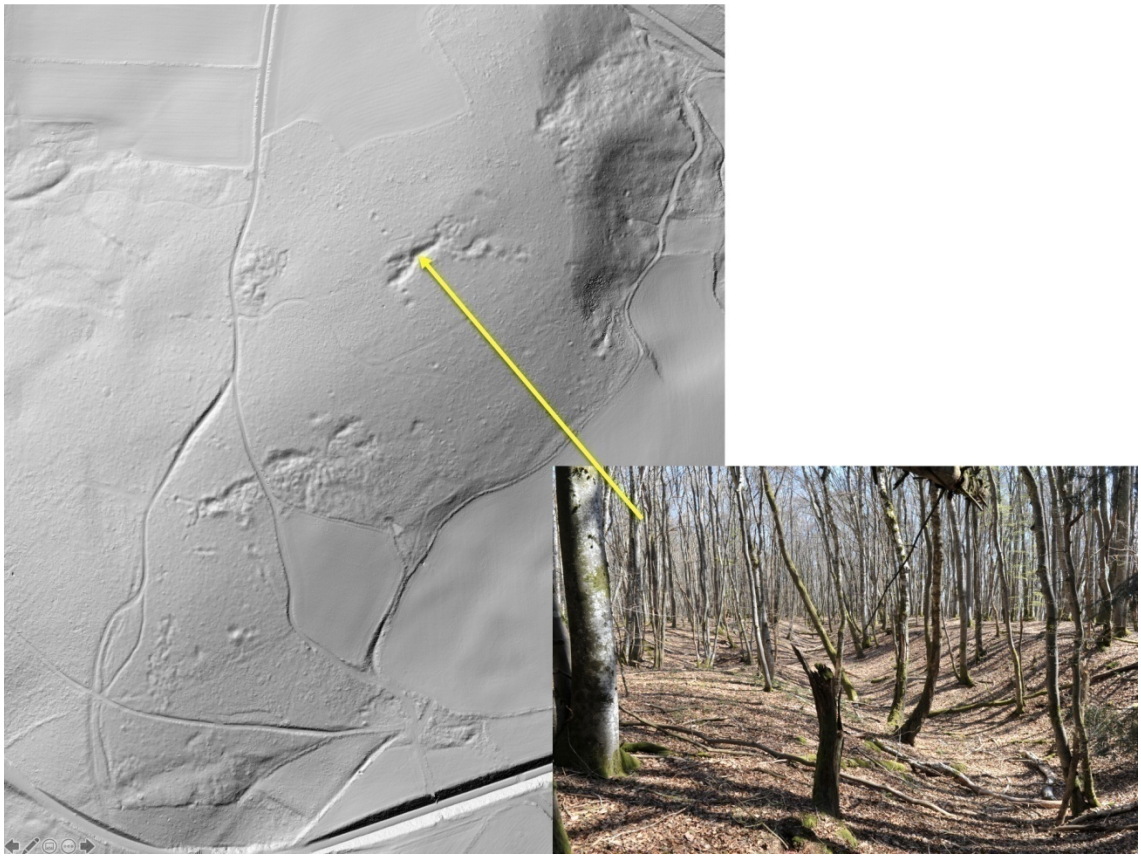

Figure 100. Le complexe aurifère de La Vernède (Gouttières) : de l'image LiDAR au terrain. Les excavations suivent l'axe NE-SO du Grand sillon houiller du Plateau central français sur plus de 700 m. Cliché F. Trément (23/04/2021). LiDAR Minedor-Chec-Craig-Inairtech.

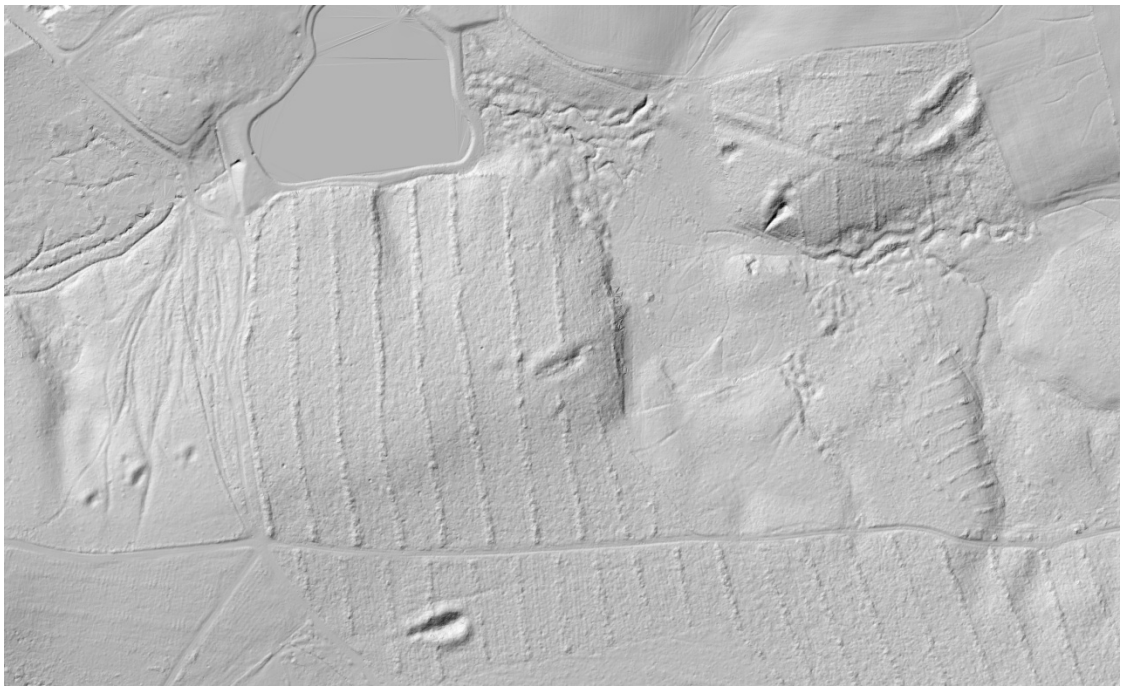

Figure 111. Zone d'extraction aurifère d'époque gauloise repérée sur la commune de Villosanges. L'image LiDAR révèle que l'aurière du « Parc d'Or » (en haut à droite) fait partie d'un ensemble beaucoup plus vaste, s'étirant sur 1,5 km le long d'un filon quartzeux aurifère, dont l'orientation NE-SO suit celle du filon aurifère. LiDAR Minedor-Chec-Craig-Inairtech.

Le second exemple concerne le col de Ceyssat, où les fouilles que j'ai dirigées entre 1999 et 2003 ont mis en lumière un complexe routier et cultuel lié au temple de Mercure implanté au sommet du puy de Dôme et à la voie d'Agrippa reliant Lyon et Saintes par Clermont/*Augustonemetum* (Trément 2013). Ces fouilles ont montré notamment que la topographie de ce secteur a été façonnée en grande partie par les travaux de terrassement réalisés au début du Ier siècle de notre ère pour aménager un complexe cultuel sur le sommet et les versants du puy Redon, qui domine le col. Les deux couvertures LiDAR réalisées par avion en 2011 et par drone en 2020 livrent une image fidèle de la nature et de l'ampleur de ces travaux antiques (Trément dir. 2020c ; 2021).

Parmi ces travaux figurent également ceux qui sont liés au franchissement du col par la voie d'Agrippa, aménagée à la fin du Ier s. av. J.-C. à l'initiative de l'empereur Auguste. Lors des fouilles conduites au début des années 2000, j'avais repéré une impressionnante cavée à profil en S dans laquelle j'ai proposé de voir le tracé de la voie (Trément dir. 2003) **(Fig. 12)**. Les images LiDAR ont révélé un aménagement analogue sur le versant opposé du col **(Fig. 13)**. Le MNT réalisé par drone en 2020 a démontré que l'objectif de cet aménagement était d'assurer une pente constante à la voie, de l'ordre de 10% **(Fig. 14)**. Les profils transversaux obtenus donnent une idée plus précise de l'ampleur des travaux de creusement. Les fouilles réalisées durant l'été 2021 ont confirmé le passage de la voie romaine au fond de la cavée, et montré que les flancs de cette dernière étaient soutenus par de puissants murs de terrassement **(Fig. 15)**.

L'intérêt de combiner prospection au sol, couverture LiDAR et fouilles est ici évident, sachant que nous avons également eu recours à des prospections géoradar. Si, dans ce cas précis, la fouille permet d'expliquer l'origine et la nature de cette impressionnante excavation, l'imagerie LiDAR en fournit une modélisation très fine, en trois dimensions, ce qui constitue un apport essentiel à sa caractérisation archéologique.

Figure 12. Vue de la cavée à profil en S permettant le franchissement du versant occidental du col de Ceyssat par la voie d'Agrippa. Cliché F. Trément (26/04/2021).

Figure 13. Le tracé sinueux de la voie d'Agrippa de part et d'autre du col de Ceyssat nettement visible sur le modèle numérique de terrain issu de la levée LiDARverne réalisée en 2011 par le CRAIG.

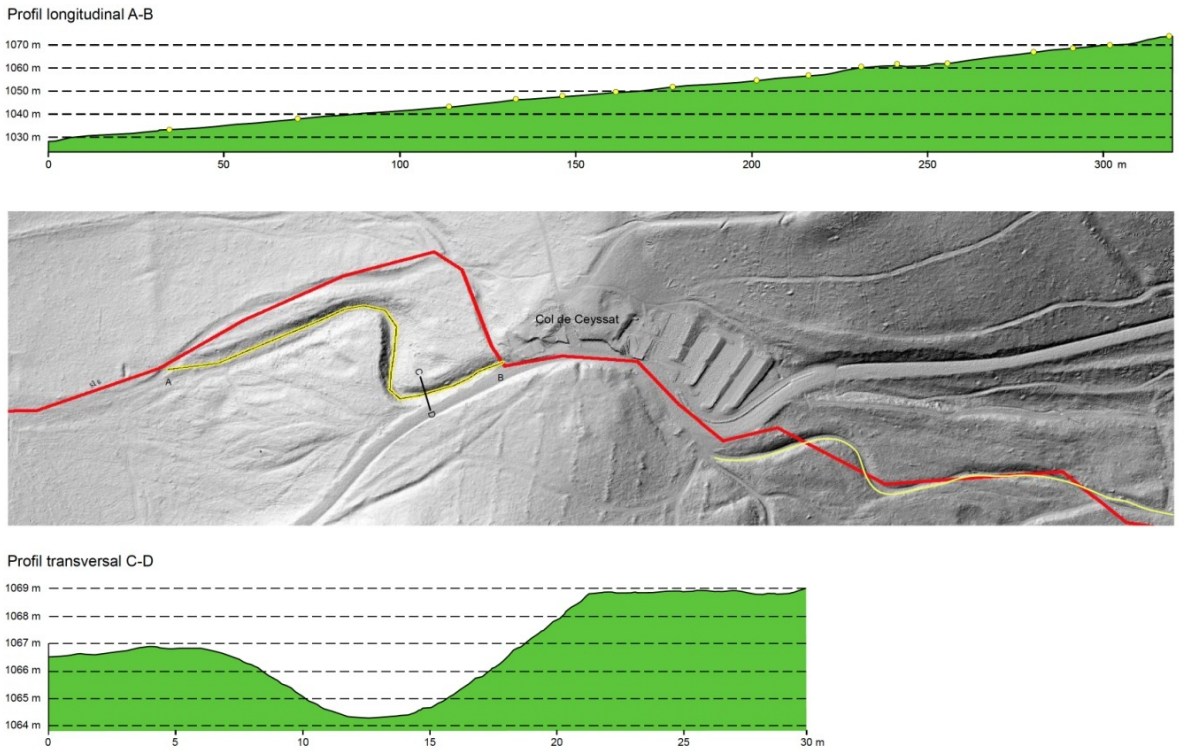

Figure 14. Le tracé en cavée à profil en S de la voie d'Agrippa sur le versant occidental du col de Ceyssat d'après la levée LiDAR réalisée par Inairtech en 2020. En haut : profil de la pente de la voie romaine dans la cavée. Au centre : tracé de la voie romaine (en jaune) et de la route moderne (en rouge). En bas : profil topographique transversal de la cavée. Données Inairtech 2020.

Figure 15. Sondage ouvert dans la cavée durant l'été 2021 montrant la chaussée romaine très érodée et un mur de soutènement latéral. Cliché F. Trément (18/06/2021).

Bibliographie

- **Boudriot 2018 :** Boudriot G. (2018) Chapitre I. Archéologie aérienne. *Bulletin archéologique et minéralogique de la SAUVERA*, 2018 : 5-31.
- **Calbris 2020 :** Calbris M. (2020) L'évolution du lieu de culte de l'agglomération antique de Mathonière à Allanche (Cantal) : apports des prospections pédestres, aériennes et géophysique. *Siècles*, 48, 2020. Mis en ligne le 24 février 2020. URL : http://journals.openedition.org/siecles/6279.
- **Collectif 2021 :** Collectif (2021) L'archéologie aérienne. *Dossiers d'archéologie*, 406, 2021.
- **Dousteyssier, Segard et Trément 2004 :** Dousteyssier B., Segard M. et Trément F. (2004) Les *villae* gallo-romaines dans le territoire proche d'*Augustonemetum* (Clermont-Ferrand). Approche critique de la documentation archéologique. *Revue archéologique du Centre de la France*, 43, 2004 : 115-147. Mis en ligne le 1er mai 2006. URL : https://journals.openedition.org/racf/143.
- **Pasquinucci et Trément 2000 :** Pasquinucci M. et Trément F. (2000) *Non-destructive techniques applied to landscape archaeology.*Oxford, Oxbow Books, 2000 : 276 p. (The archaeology of Mediterranean landscape 4).
Simon *et al.* 2019 : Simon F.-X., Guillemoteau J., Allroggen N., Dorgerloh F., Hulin G., Dousteyssier B. et Dacko M. (2019) *ArchEM. Potentialités des appareils électromagnétiques pour la caractérisation et l'étude d'un établissement rural antique dans la plaine de la Limagne (II)*. Rapport de prospection thématique. INRAP, MSH de Clermont-Ferrand, Université de Potsdam, 2019 : 43 p.
- **Trément 2000 :**Trément F., en coll. avec Clogg P., Druelle P., Ducomet G., Mariat J.-P., Taylor J. (2000) Expérience de croisement de méthodes de prospection sur le site des Girardes à Lapalud (Vaucluse, France). Dans Pasquinucci M. et Trément F. (dir.) *Non-destructive techniques applied to landscape archaeology.* Oxford, Oxbow Books, 2000 : 256-271 (The archaeology of Mediterranean landscape 4).
- **Trément dir. 2003 :** Trément F. dir. en coll. avec Humbert L., Dousteyssier B. et Trescarte J. (2003) *L'agglomération antique du col de Ceyssat (Ceyssat, Orcines, Saint-Genès-Champanelle). Contribution à l'étude du contexte archéologique du temple de Mercure (Puy-de-Dôme)*. Rapport de prospection thématique avec sondages n°2001-62. Clermont-Ferrand, Service régional de l'archéologie, DRAC Auvergne, 2003, 5 vol. : 1444 p. I : Synthèse : 244 p., 83 fig. II : Données archéologiques : 360 p., 82 fig., 52 fiches de sites. III : Études de mobilier, analyses, topographie : 233 p., 30 fig., 27 pl., 6 annexes. IV : Bases de données mobilier (1) : 301 p. V : Bases de données mobilier (2) : 306 p.
- **Trément 2011 :** Trément F. (2011) Chapitre 3. La prospection au sol systématique. Dans Trément F. dir. (2011-2013) *Les Arvernes et leurs voisins du Massif Central à l'époque romaine. Une archéologie du développement des territoires*. Revue d'Auvergne. Tome 1 : t.124-125, n°600-601, 2011 : 51-96.
- **Trément 2013 :** Trément F. (2013) Dossier. Une agglomération routière et cultuelle au col de Ceyssat (Puy-de-Dôme). Dans Trément F. dir. (2011-2013) *Les Arvernes et leurs voisins du Massif Central à l'époque romaine. Une archéologie du développement des territoires*. Revue d'Auvergne. Tome 2 : t.127, n°606-607, 2013 : 71-89.
- **Trément dir. 2016 :** Trément F. dir., Argant J., Deng-Amiot Y., Cubizolle H., Laisné S., Tripeau V., Massounie G., Brémont É., Rigaud P. et Véron A. (2016) Le programme MINEDOR. À la recherche de l'or des Arvernes. Dans Luis J.-P. et Rieutort L. (dir.) *La Maison des Sciences de l'Homme de Clermont : une décennie au service des SHS et de l'interdisciplinarité*. Revue d'Auvergne, t.130, n°618, 2016 : 127-148.

- **Trément *et al.* 2018 :** Trément F., Baret F., Calbris M. et Regad H. (2018) The Grande Limagne plain (Auvergne, France) : a laboratory for systematic fieldwalking. The case of the largest Gallo-Roman villas. Dans Wohlfarth C., Keller C. (dir.) *Funde in der Landschaft. Neue Perspektiven une Ergebnisse archäologischer Prospektion*. Tagung in der Fritz Thyssen Stiftung (Cologne, 12-13 juin 2017). LVR - Amtes für Bodendenkmalpflege im Rheinland, 2018 : 193-215 (Materialen zur Bodendenkmalpflege im Rheinland 26).

- **Trément dir. 2019 :** Trément F. dir. (2019) *Dynamiques du peuplement dans la Limagne des Buttes (Puy-de-Dôme). Rapport de prospection systématique (2005-2019). Opérations archéologiques n°5610, 5793, 8596. Communes de Billom, Bouzel, Chas, Chauriat, Égliseneuve-près-Billom, Espirat, Glaine-Montaigut, Moissat, Montmorin, Pérignat-sur-Allier, Reignat, Saint-Bonnet-lès-Allier, Saint-Georges-sur-Allier, Saint-Julien-de-Coppel, Vassel, Vertaizon*. Service régional de l'archéologie, DRAC Auvergne-Rhône-Alpes. Clermont-Ferrand, Centre d'Histoire « Espaces et Cultures » (CHEC-EA 1001), Université Clermont Auvergne, 2019, 3 vol. I : Synthèse et cartes : 241 p., 32 fig., 82 cartes. II : Fichier des unités de prospection (UP) : 427 p., 2043 fiches. III : Inventaire du mobilier : 441 p.

- **Trément dir. 2020a :** Trément F. dir., Argant J., Brémon É., Brun J.-P., Corgiat D., Cubizolle H., Deng-Amiot Y., De Winter J., Laisné S., Massounie G., Rigaud P., Tripeau V. et Véron A. (2020) À la recherche de l'or des Arvernes. *Dossiers d'archéologie*, 399, 2020 : 28-35 (Dossier : L'Or des Celtes).

- **Trément dir. 2020b :** Trément F. dir. (2020) *Dynamiques du peuplement dans la Limagne des Buttes (Puy-de-Dôme). Rapport de prospection systématique (2019-2020). Opérations archéologiques n°03-8596/8768. Communes de Billom, Bouzel, Chas, Chauriat, Égliseneuve-près-Billom, Espirat, Glaine-Montaigut, Moissat, Montmorin, Pérignat-sur-Allier, Reignat, Saint-Bonnet-lès-Allier, Saint-Georges-sur-Allier, Saint-Julien-de-Coppel, Vassel, Vertaizon*. Service régional de l'archéologie, DRAC Auvergne-Rhône-Alpes. Clermont-Ferrand, Centre d'Histoire « Espaces et Cultures » (CHEC-EA 1001), Université Clermont Auvergne, 2020 : 308 p.

- **Trément dir. 2020c :** Trément F. dir. (2020) *L'agglomération antique du Col de Ceyssat (Puy-de-Dôme). Relevé topographique à haute résolution (Topographie, LiDAR, géophysique, SIG) & Études de matériaux et de mobiliers. Rapport de Prospection Thématique. Opération archéologique n°03-8788. Communes de Ceyssat, Orcines et Saint-Genès-Champanelle*. Service régional de l'archéologie, DRAC Auvergne-Rhône-Alpes. Clermont-Ferrand, Centre d'Histoire « Espaces et Cultures » (CHEC-EA 1001), Université Clermont Auvergne, 2020 : 286 p.

- **Trément 2021a :** Trément F. (2021) L'or des Arvernes retrouvé grâce au lidar. *Dossiers d'archéologie*, 406, 2021 : 7-9 (Dossier : L'archéologie aérienne).

- **Trément 2021b :** Trément F. (2021) Avec la prospection aérienne, les révolutions de l'archéologie. *Dossiers d'archéologie*, 406, 2021 : 72-75 (Dossier : L'archéologie aérienne).

- **Trément dir. 2021 :** Trément F. dir., Brun J.-P., Corgiat D., Laisné S. et Tripeau V. (2021) Au-dessous du volcan. Les *hospitalia* du temple de Mercure passés au scanner du lidar. *Dossiers d'archéologie*, 406, 2021 : 6-11 (Dossier : L'archéologie aérienne).