

INTÉGRATION DE LA GÉOPHYSIQUE À UN PROJET ARCHÉOLOGIQUE D'ENVERGURE L'EXEMPLE DU PROJET CANAL SEINE-NORD EUROPE

Guillaume HULIN, Gilles PRILAUX & Marc TALON

INTRODUCTION

La réalisation de projets archéologiques préalables aux grands travaux est souvent le lieu d'évolutions méthodologiques et parfois d'innovations technologiques issues d'une dynamique propre à ces interventions. Ce fut le cas notamment pour certains grands tracés linéaires, comme sur les 450 km de la ligne TGV Nord et Interconnexion avec le développement d'équipes paléo-environnementales pour ne citer qu'un seul exemple (SAINT-BLANQUAT 1992, TALON 1999).

Pour ce qui concerne la géophysique, cette discipline a déjà eu l'occasion d'être intégrée à de grands projets archéologiques en France, même si la plupart des expériences nous vient de l'étranger où les politiques en matière d'archéologie préventive sont toutes autres (DAWSON & GAFFNEY 1995, CAMPANA & DABAS 2011). En France, on peut évoquer les travaux entrepris par G. DUCOMET sur le tracé de la LGV sud-est (DUCOMET & DRUELLE 1996) ou bien les travaux menés sur l'autoroute A77 (DABAS 1999), ainsi que les reconnaissances à large maille par susceptibilité magnétique sur des tracés linéaires (MARMET 2000).

Dans chacun de ces cas, l'objectif premier de la géophysique était d'apporter des éléments de réflexion au moment du diagnostic archéologique. La démarche adoptée sur le projet canal Seine-Nord Europe se veut différente en employant la géophysique lors de la phase de fouille et non pendant l'étape du diagnostic. En ce sens, cette démarche à une telle échelle s'avère inédite. L'objectif premier étant, non pas de systématiser l'emploi de la géophysique, mais de l'utiliser de manière raisonnée sur des sites présentant une problématique archéologique pertinente. Le second objectif était, en diversifiant les types d'interventions (nature, type de site, attribution chrono-culturelle...), de rendre cette démarche opérationnelle dans le cadre de la gestion d'un chantier d'archéologie préventive, tant en termes de délai que de coût induit.

Les approches abordées lors de ce projet d'envergure ont été multiples et se sont efforcées de répondre à des questions précises. Celles-ci peuvent être subdivisées en trois grands groupes avec, en premier lieu, l'aide à la reconnaissance de l'extension d'un site archéologique par la détection d'anomalies hors emprise. La géophysique a également permis d'aborder des problématiques géomorphologiques, offrant ainsi une vision globale du site dans son environnement et d'appréhender plus précisément les interactions homme/environnement. Enfin, la troisième approche s'est intéressée à caractériser les sols et structures archéologiques directement sur la zone de fouille. Cette approche originale, revêt un intérêt supplémentaire par la multiplication des cas étudiés, constituant ainsi un corpus de données particulièrement important permettant ainsi de préciser la méthodologie de travail. À travers différents cas d'étude, un bilan est proposé ici. Il vise à mettre en exergue les avantages, les perspectives ainsi que les limites d'une telle approche sur un projet d'envergure comme celui du canal Seine-Nord Europe.

DESCRIPTION DU PROJET ET MISE EN PLACE DE LA GÉOPHYSIQUE

Les opérations d'archéologie préventives liées au projet canal Seine-Nord Europe sont menées par l'Inrap depuis 2008. À terme, cet aménagement, sous la maîtrise d'ouvrage de Voies navigables de France (VNF), consiste en la construction d'un canal à grand gabarit reliant le bassin parisien au réseau du nord de l'Europe. Cette voie d'eau empruntera l'Oise sur 120 km entre Conflans-Sainte-Honorine et Compiègne, puis fera l'objet de la construction d'un nouveau tronçon de Compiègne (Oise) à Aubencheul-au-Bac (Nord) où elle rejoindra le canal de la Sensée et le réseau fluvial du nord de la France. Le nouveau tronçon mesure 106 km pour une surface totale de 2 500 hectares, comprenant l'emprise du canal ainsi que les aménagements qui lui sont associés tels que les écluses, les bassins réservoirs ou encore les plates-formes multimodales (PRILAUX & TALON 2012).

Ce projet archéologique a été l'opportunité de développer plusieurs démarches scientifiques telles que la systématisation des sondages profonds pour la recherche des sites paléolithiques, la mise en place d'un Système d'Information Géographique global (RASSAT *et al.* 2011) ou bien encore une coordination scientifique dédiée aux sciences de la terre. Le projet a également servi à tester de nouveaux outils mis en place par la direction scientifique et technique de l'Inrap, comme des tablettes PC durcies couplées à une base de données comme par exemple sur le site de la villa gallo-romaine de Noyon (BOLO *et al.* à paraître). L'intégration de la géophysique entre dans le cadre de ces différentes expériences visant à développer l'acquis scientifique sur ce projet hors normes.

La mise en place de la géophysique s'est faite de manière progressive afin de répondre à des problématiques définies par un dialogue entre les archéologues, les pédologues et le géophysicien. Devant la diversité des questions posées et des conditions environnementales, plusieurs méthodes géophysiques ont dû être employées.

Ainsi, l'emploi des méthodes électriques et magnétiques a permis de répondre à la première approche liée à la reconnaissance de vestiges hors emprises. Les problématiques associées au contexte géomorphologique ont pu, quant à elles, être abordées par la cartographie de la conductivité par méthode électromagnétique. Enfin, les démarches sur surface décapée ont été abordées par la mesure de paramètres magnétiques tels que le champ magnétique total, la susceptibilité magnétique (sur le terrain et sur échantillons) ou encore la viscosité magnétique par le biais de la dépendance fréquentielle (sur échantillons).

Le choix des appareils de mesure s'est porté sur des appareils standards du marché connus pour leur fiabilité avec, pour le cas des mesures magnétiques et électromagnétiques, une adaptation sur un chariot porteur et un couplage avec un GPS différentiel permettant de fournir une localisation précise des données géophysiques. Au total, 31 études géophysiques ont été réalisées sur le tracé du canal Seine-Nord Europe entre 2009 et 2013 (fig. 1).

PROBLÉMATIQUES

Appréhender l'extension d'un site

La détection des vestiges archéologiques par le biais d'anomalies géophysiques constitue l'approche la plus commune de cet outil. Elle a été employée sur un total de douze sites archéologiques où la connaissance de l'extension des vestiges en dehors de l'emprise de fouille jouait un rôle important dans la compréhension du site (fig.1). Dans la majorité des cas, la prospection a eu lieu

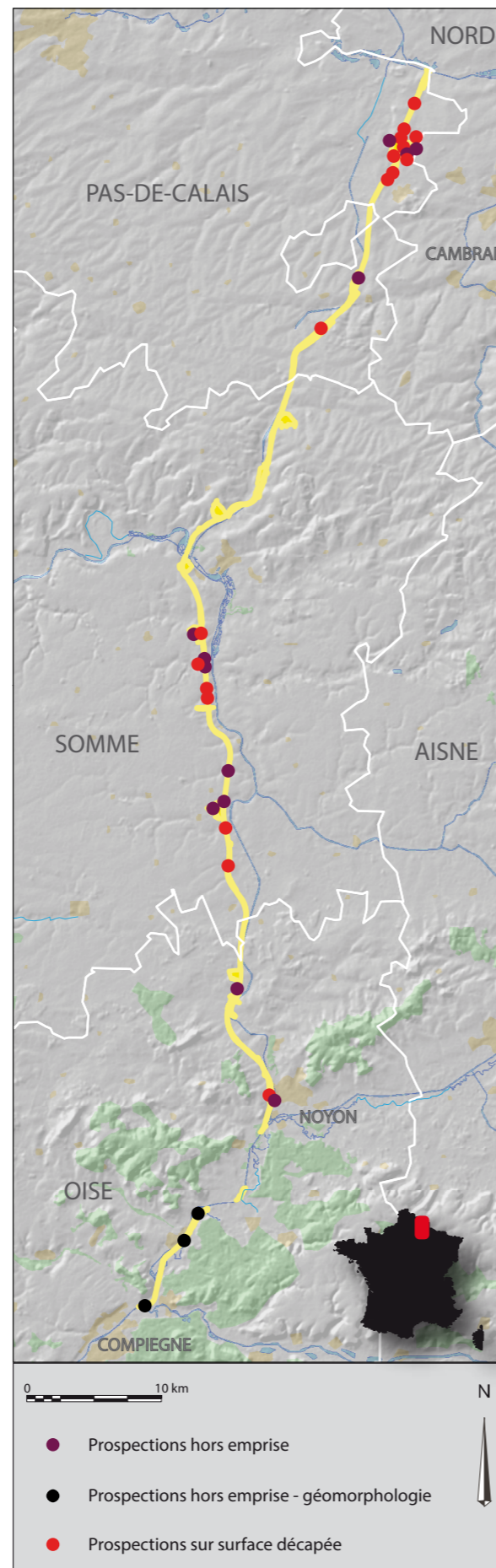


Fig. 1 - Carte du projet et localisation des études géophysiques.

au moment même de la fouille. La visualisation des faits archéologiques et du substrat permettait alors de définir la méthode géophysique la plus pertinente pour le type de contexte rencontré. Dans trois cas, la géophysique a été employée juste en amont de la fouille, afin d'apporter des éléments préalables au décapage.

Le cas de la fouille de Saint-Christ-Briost (Somme, responsable Claire BARBET) constitue un exemple particulièrement pertinent pour illustrer cette approche. L'intervention géophysique avait pour objectif de compléter la vision des occupations protohistoriques et gallo-romaines qui n'étaient que partiellement appréhendées par la fouille. La méthode électrique a été employée sur une surface d'environ 1,5 ha de part et d'autre de l'emprise. Le positionnement de la prospection s'est fait au fur et à mesure de l'avancement de la phase terrain en concertation avec l'archéologue permettant ainsi d'optimiser l'étude.

La carte obtenue (fig. 2) permet de prolonger la plupart des fossés en dehors de l'emprise par l'intermédiaire d'anomalies linéaires résistantes. La présence des retours de fossés constitue une information de première importance puisqu'ils permettent de connaître les limites et les formes des différents systèmes d'enclos. La caractérisation des faits archéologiques par la fouille aide alors à

restituer les grandes phases d'occupation (fig. 2). La pertinence des résultats obtenus ici réduit de manière considérable le champ des possibles en termes d'interprétation et permet de tendre vers une vision objective de l'occupation humaine sur ce site.

Une approche similaire a été adoptée sur l'une des deux villae gallo-romaines (secteur 21) fouillées sur la plate-forme multimodale de Marquion/Sauchy-Lestrée (Pas-de-Calais, responsable Claire BARBET) (fig. 3). La continuité des structures linéaires en dehors de l'emprise constitue dans ce cas également une information essentielle à la compréhension du site.

Les deux exemples précédents illustrent le type de résultat qu'il est possible d'obtenir par la méthode électrique sur ce type de sol. Le cas de l'enceinte néolithique de Villers-Carbonnel (Somme, responsable Françoise BOSTYN) montre une application de la prospection magnétique (HULIN à paraître). Après un test par la méthode électrique, le choix s'est porté sur la mesure du champ magnétique total, bien que les perturbations liées à la Première Guerre mondiale puissent se révéler importantes. En effet, la surface qui a pu être prospectée montre un ensemble d'anomalies particulièrement fortes liées à des objets ferreux attribuables à la Grande Guerre. En revanche, le prolongement des fossés

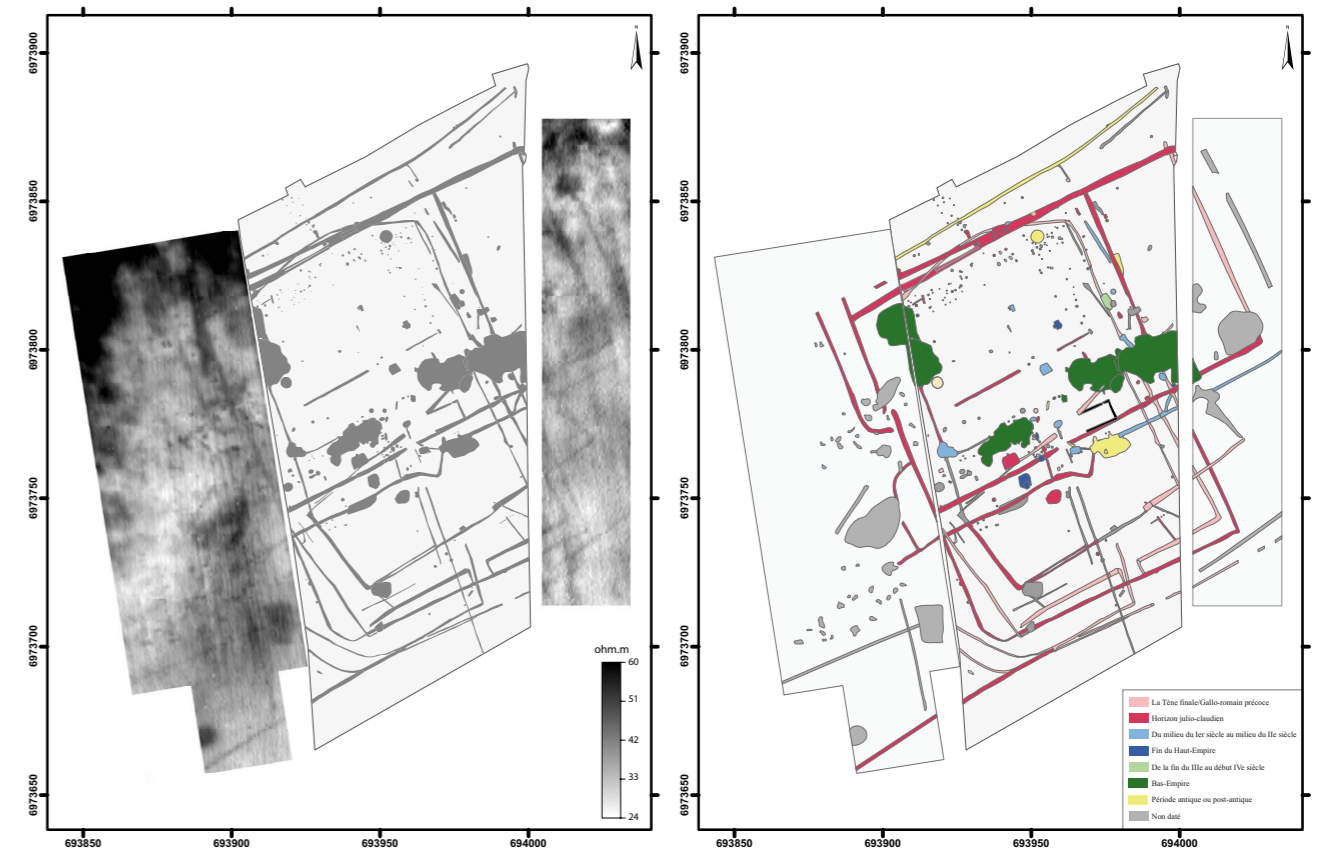


Fig. 2 - Carte de résistivité électrique sur le site de Saint-Christ-Briost (Somme, responsable d'opération) et plan général phasé.

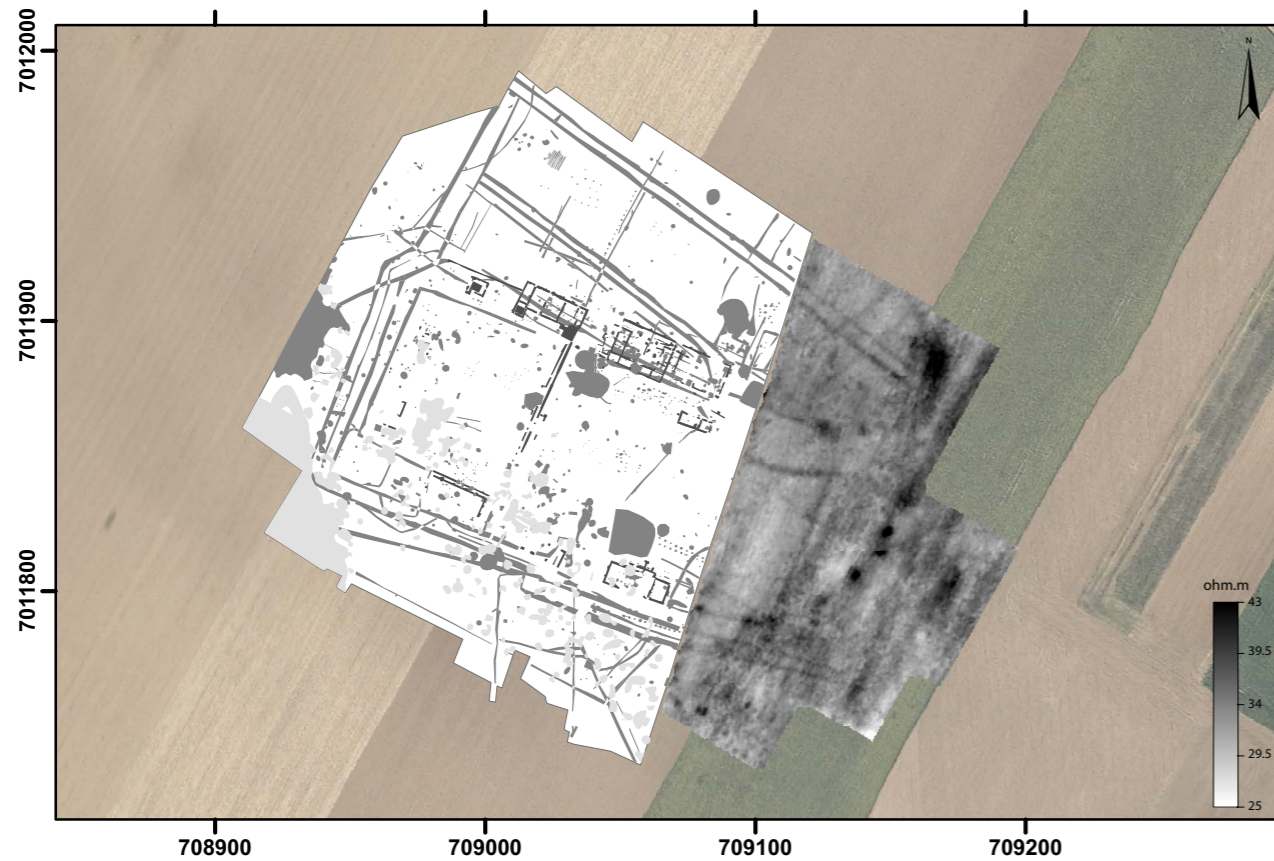


Fig. 3 - Carte de résistivité électrique sur le site de Marquion/Sauchy-Lestrée, secteur 21 (Pas-de-Calais, responsable d'opération : C. BARBET).

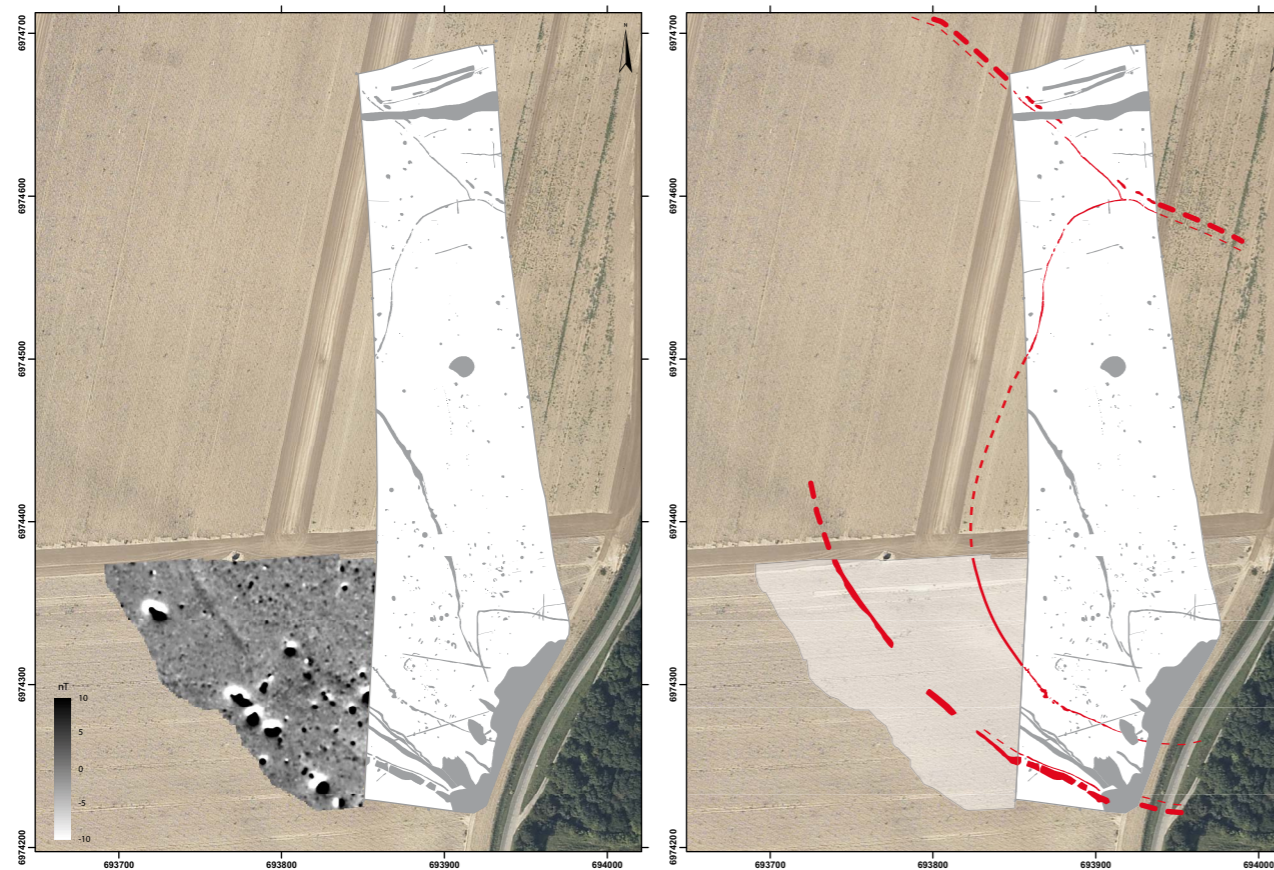


Fig. 4 - Carte d'anomalies magnétiques et proposition de restitution des enceintes néolithiques de Villers-Carbonnel (Somme, responsable d'opération : F. BOSTYN).

d'enceinte se dessine tout de même clairement et permet ainsi de mieux définir la courbure des deux enceintes (fig. 4). L'outil géophysique offre, dans ce cadre précis, un apport scientifique complémentaire à l'intervention archéologique.

Discussion

Les résultats les plus probants ont porté sur des ensembles archéologiques bien structurés et sur lesquels il est possible d'associer avec certitude les éventuelles anomalies géophysiques aux structures identifiées et caractérisées en fouille. C'est le cas notamment sur les trois sites précédemment décrits mais également sur quatre autres ensembles : Noyon (Oise, responsable Marjolaine DE MUYLDER), Eterpigny (Somme, responsable Didier LAMOTTE), Béthencourt-sur-Somme (Somme, responsable Virginie BAK) et Havrincourt (Pas-de-Calais, responsable Émilie GOVAL), portant à sept le nombre de prospections pertinentes. Cinq prospections ont apporté peu ou pas de résultats. Cette indigence peut tout aussi bien être liée à l'absence effective de vestiges qu'aux limites de détection inhérentes aux méthodes géophysiques, sans qu'il soit toujours possible de distinguer l'une ou l'autre possibilité.

Les différents cas étudiés ont montré que les résultats pouvaient varier très largement, non seulement d'un site à l'autre, mais également d'une méthode à une autre. Ainsi, la méthode magnétique semble globalement peu adaptée aux sites rencontrés sur le tracé du canal Seine-Nord Europe. Cette relative inefficacité s'explique par deux raisons principales. La première réside dans le fait que la majorité des sols présents dans les secteurs d'étude sont constitués de limons décarbonatés développés sur des dépôts loessiques et qu'un très faible contraste existe entre ces horizons pédologiques et les structures archéologiques. Les anomalies magnétiques associées aux vestiges ont donc des signatures particulièrement faibles et par conséquent sont difficiles à détecter. À cela s'ajoute une pollution magnétique relativement importante des sols concernés ; cette pollution, en grande partie due aux artefacts de la Première Guerre mondiale tend à créer un niveau de bruit masquant la plupart des anomalies d'origine archéologique.

A contrario, la méthode électrique a fourni d'excellents résultats y compris sur les structures en creux souvent difficiles à déceler avec cette technique. Le contraste électrique entre remplissage et encaissant a permis une très bonne reconnaissance des vestiges archéologiques, ce qui en fait la méthode à privilégier pour ce type de contexte pédologique.

Le complément des données de fouilles par la carte géophysique permet alors d'obtenir une vision d'ensemble pertinente du site archéologique associée à une bonne caractérisation des vestiges.

Sans cette caractérisation archéologique (nature, datation, stratigraphie, état de conservation), une carte géophysique ne possède qu'un intérêt scientifique limité et permet rarement de contribuer à la compréhension d'un site.

Intégrer un site dans son environnement

L'intégration d'un site archéologique dans son environnement est une démarche essentielle pour déterminer et comprendre les conditions d'installation humaine. Cette démarche est d'autant plus importante dans les contextes de fond de vallée où les contraintes liées à l'eau sont particulièrement évidentes. Il s'avère que dans ce type de contexte géomorphologique, la géophysique propose des outils particulièrement pertinents en termes d'informations morpho-sédimentaires. Plus précisément, la mesure de la conductivité électrique va nous renseigner sur les variations relatives du sol en argile. Ce paramètre géophysique, qui traduit la facilité d'un courant à traverser un matériau, est, dans ce type de contexte, principalement relié à la teneur en argile des sols. Les propriétés physiques particulières de ce matériau en font un matériau très conducteur (dus à la conductivité surfacique notamment) qui permet une bonne discrimination des différents ensembles géomorphologiques.

Cette approche se base sur des techniques connues et reconnues de longue date. De nombreuses études de ce type ont déjà été réalisées pour caractériser les fonds de vallée (CASTANET *et al.* 2007, DE SMEDT *et al.* 2011, SIMON 2012, HULIN *et al.* 2013) et ont montré l'intérêt et la robustesse de ce type d'approche couplé à l'étude géomorphologique conventionnelle. L'intérêt principal dans le cadre du projet canal Seine-Nord Europe est d'avoir pu l'intégrer dans un cadre préventif et sur une surface particulièrement conséquente. Cette démarche, bien qu'extensive, est particulièrement rapide puisque le choix d'un maillage adapté aux entités recherchées (profil tous les 5 à 10 mètres) permet de couvrir des surfaces allant de 5 à 10 ha par jour.

Sur le projet canal Seine-Nord Europe, cette approche a été employée sur le tronçon de la vallée de l'Oise. Plusieurs implantations humaines allant du Mésolithique à l'âge du Fer ont été diagnostiquées (responsables Frédéric JOSEPH, François MALRAIN et Karine RAYNAUD) puis fouillées (responsables Gaël BARRACAND, Karine RAYNAUD et Caroline RICHE). La cartographie de conductivité a été mise en œuvre en parallèle des fouilles afin de définir les grandes unités géomorphologiques sur de vastes étendues autour des sites. Ce sont donc trois secteurs proches qui ont fait l'objet d'une telle étude sur les communes de Montmacq, Thourotte ainsi que Choisy-au-Bac à la confluence entre l'Aisne et l'Oise (fig. 1). Au total, 103 ha ont été étudiés par méthode électromagnétique.

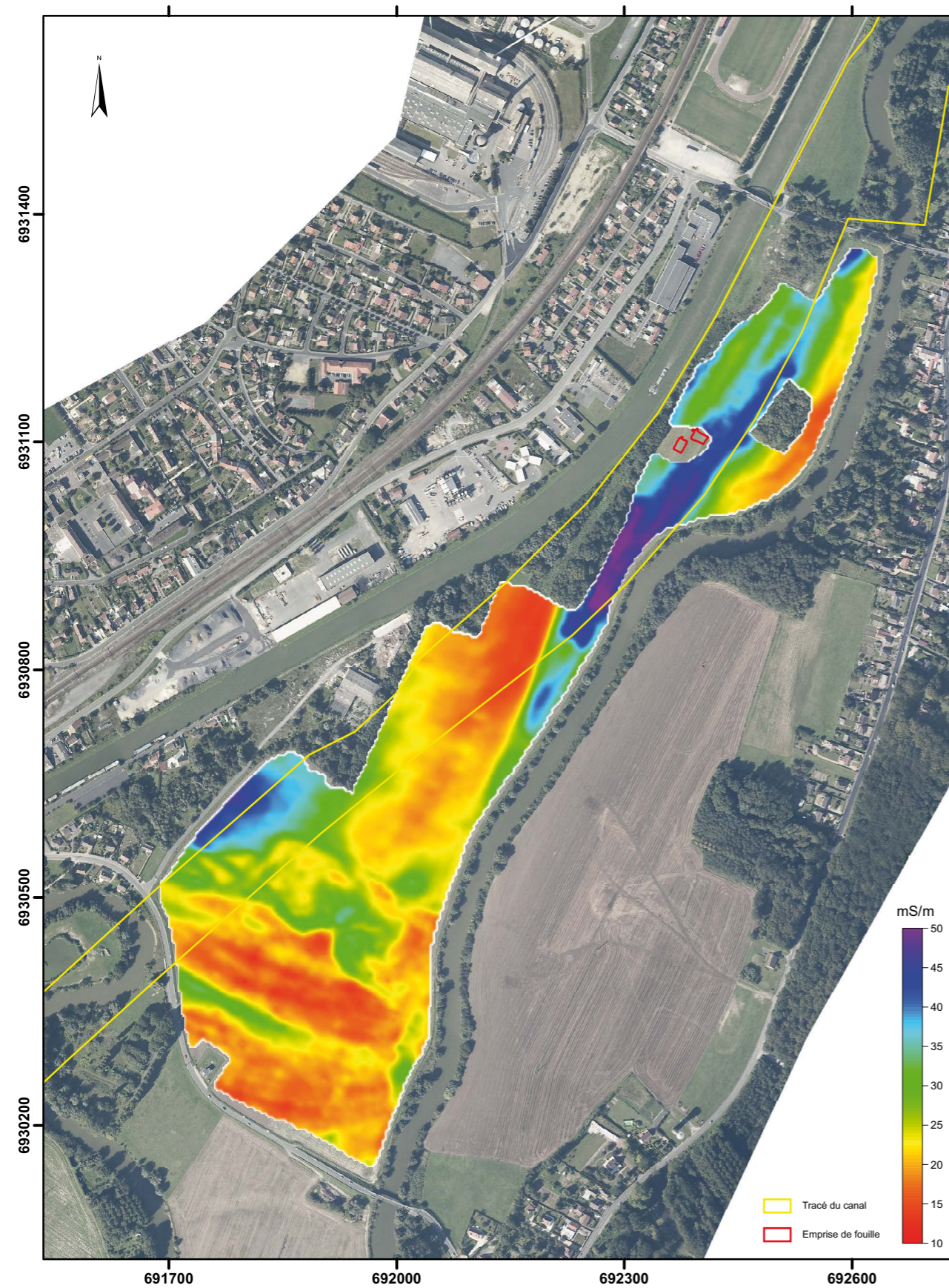


Fig. 5 - Carte de conductivité électrique sur le site de Thourotte (Oise, responsable d'opération : G. BARRACAND) ; EM31 - HCP (5 à 6 m de profondeur).

Il a ainsi été possible de mettre en avant différents ensembles géomorphologiques avec notamment des paléochenaux présentant des comblements argileux ou bien encore des barres de méandre qui se traduisent ici par des dépôts plus sableux qui nous renseignent sur la dynamique fluviale (fig. 5). Ce travail, réalisé en collaboration avec la géomorphologue (Céline COUSSOT) permet ainsi de reconstruire les processus morpho-sédimentaires et de proposer un modèle le plus réaliste possible. D'un point de vue archéologique, la connaissance du contexte géomorphologique a ainsi permis de mieux cerner les choix d'implantation des occupations mésolithiques.

Discussion

Cet exemple, tout comme ceux liés à l'approche précédente, montre l'intérêt d'étendre l'étude au-delà du projet d'aménagement. Dans de nombreux cas, cette approche globalisante permet d'appréhender de manière plus précise le site concerné par l'aménagement. L'investissement engagé pour la compréhension de l'environnement du site archéologique trouve alors tout son sens dans la démarche préventive en répondant à des questions que la fouille seule laisserait inévitablement en suspens.

Il s'agit alors de reconsidérer, au moins partiellement, le projet scientifique construit autour du site et d'inscrire son environnement immédiat comme un élément à part entière qui ne peut être dissocié du site ou de la partie du site qui sera détruit par l'aménagement. Dans ce travail, le rôle du Service Régional de l'Archéologie s'avère primordial. Sur le projet canal Seine-Nord Europe, il est à souligner que cette démarche a été particulièrement bien suivie par les services prescripteurs.

Reconnaître et caractériser des phénomènes anthropiques sur surface décapée

Enfin, à une toute autre échelle, la géophysique peut également être mise en œuvre directement sur surface décapée au moment de la fouille. L'objectif est ici différent puisqu'il porte sur la caractérisation des niveaux de sols et des structures archéologiques. Cette démarche représente la majorité des missions réalisées sur le projet avec un total de seize études (fig. 1).

Dans l'ensemble des cas, cette caractérisation a été faite par le biais de paramètres magnétiques. Certaines activités humaines sont connues pour modifier la teneur et la composition des oxydes de fer dans les sols et par conséquent leurs propriétés magnétiques (LE BORGNE 1955-1960-1965 ; AITKEN *et al.* 1958 ; TITE & MULLINS 1971). La chauffe, par exemple un foyer ou l'incendie d'un bâtiment,

compte parmi les activités ayant une grande incidence sur les propriétés magnétiques des sols. La présence de matière organique joue également un rôle sur les conditions de formation de ces oxydes de fer. Bien que son action soit moins marquée que la chauffe, l'omniprésence de la matière organique sur les sites archéologiques lui confère une place particulière. Enfin, les activités liées à la métallurgie du fer, par la production directe de déchets, ont également des conséquences notables sur le magnétisme des sols. Ainsi, la mesure de paramètres magnétiques livre de précieux indices sur ces différentes activités d'origine humaine. Cette caractérisation magnétique vient alors s'ajouter aux observations faites par l'archéologue sur le terrain permettant ainsi de mieux appréhender tout ou partie du site.

Plusieurs paramètres magnétiques présentent un intérêt pour l'archéologue. Le plus commun, et l'un des plus simples à mesurer, est la susceptibilité magnétique qui traduit la capacité d'un corps à s'aimanter sous l'action d'un champ magnétique. On peut également mesurer les variations du champ magnétique local ou encore la viscosité magnétique. La caractéristique première de ce type d'étude est que les mesures sont réalisées sur surface décapée. Le retrait des horizons de sol superficiels offre deux avantages majeurs. Il permet d'une part de se rapprocher des niveaux archéologiques et d'obtenir ainsi un signal géophysique plus fort. D'autre part, il permet d'éliminer une source importante de bruit magnétique généré par des objets ferreux ainsi que les variations micro-topographiques de la surface. Ainsi, l'étude sur surface décapée permet d'obtenir des mesures moins bruitées avec une dynamique plus importante du signal d'origine archéologique. Il devient alors possible d'observer des variations plus fines et en particulier des phénomènes n'ayant laissé aucune trace visible sur le terrain. On parle alors de fantômes magnétiques (FRÖHLICH *et al.* 2005).

La pluralité des causes modifiant les propriétés magnétiques des sols entraîne un champ d'applications relativement large dont quelques unes sont décrites ci-dessous.

Étudier les bâtiments

La première étude mise en œuvre sur le projet canal Seine-Nord Europe visait à déterminer si la géophysique et en particulier la mesure du champ magnétique local, permettait d'apporter des éléments pertinents pour la compréhension des bâtiments sur poteaux très couramment rencontrés en archéologie (HULIN *et al.* 2012 ; MARTIAL *et al.* à paraître). Les premières mesures réalisées lors du diagnostic sur un bâtiment daté du Néolithique final (plate-forme de Sauchy-Lestrée/Marquion, Pas-de-Calais, responsable Denis GAILLARD) ont mis en évidence ce bâtiment non pas par une

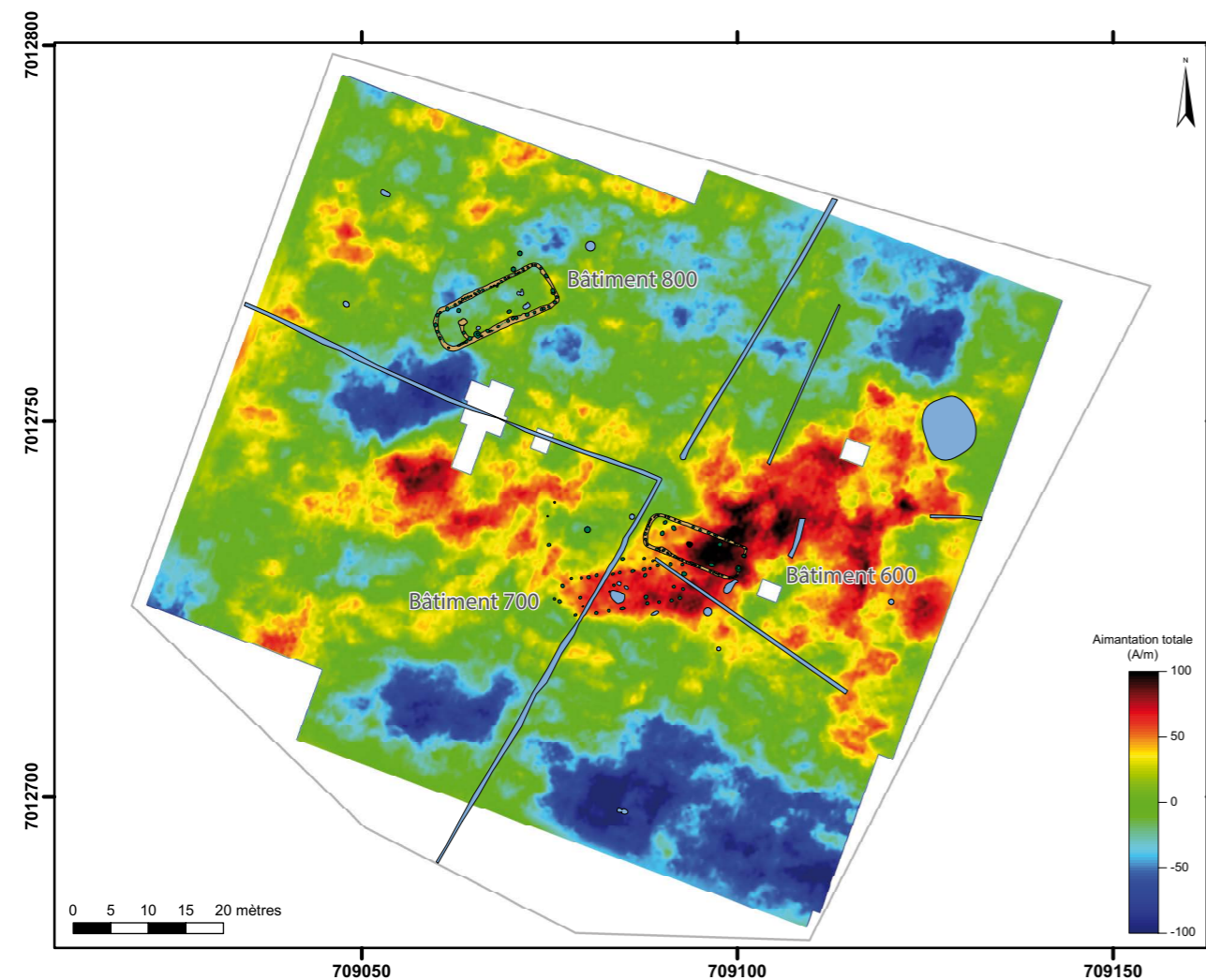


Fig. 6 - Carte d'aimantation totale sur les bâtiments néolithiques de Marquion/Sauchy-Lestée (Pas-de-Calais, responsable d'opération : A. AMPOSTA).

succession d'anomalies géophysiques engendrées par ses éléments constitutifs, mais par une zone de plus forte aimantation totale à l'intérieur de celui-ci. L'étude a été étendue lors de la phase de fouille (responsable Arielle AMPOSTA) et une carte d'aimantation totale a pu être obtenue (fig. 6). Par la cohérence évidente avec le plan archéologique, la signature magnétique de l'intérieur du bâtiment 700 possède probablement une origine archéologique associée à des phénomènes de chauffe et/ou à une plus forte concentration en matière organique.

Ce type de cartographie offre donc une autre perception du site archéologique au travers de paramètres physiques difficilement appréhendables autrement sur le terrain. Le cas du bâtiment néolithique constitue le point de départ de la démarche mise en œuvre sur le projet canal Seine-Nord Europe en mettant en avant que la mesure de paramètres magnétiques peut apporter des informations intéressantes sur surface décapée.

Une réponse similaire a été obtenue sur un autre bâtiment daté quant à lui de l'âge du Fer (Sauchy-

Lestée, Pas-de-Calais, responsable Jean-David DESFORGES) (HULIN *et al.* 2012). La mesure directe de la susceptibilité magnétique montre ici une zone avec des valeurs plus élevées à l'intérieur du bâtiment et qui possède des limites communes au plan archéologique (fig. 7).

Afin de préciser l'interprétation, une cartographie de la teneur en phosphore a été mise en œuvre sur le bâtiment protohistorique. La présence de ce composé peut refléter une plus forte concentration en déchets organiques, en ossements ou en cendres. Ces deux approches, mesures de paramètres magnétiques et teneur en phosphore, sont parfaitement complémentaires et leur utilisation combinée est souvent riche d'informations (SMITH *et al.* 2001, JONES *et al.* 2010, FECHNER *et al.* 2011).

Les mesures réalisées par Frédéric BROES et Kai FECHNER ont fait apparaître des zones de plus fortes teneurs en phosphore localisées aux mêmes endroits que les maxima de susceptibilité magnétique. De plus, celles-ci coïncident également

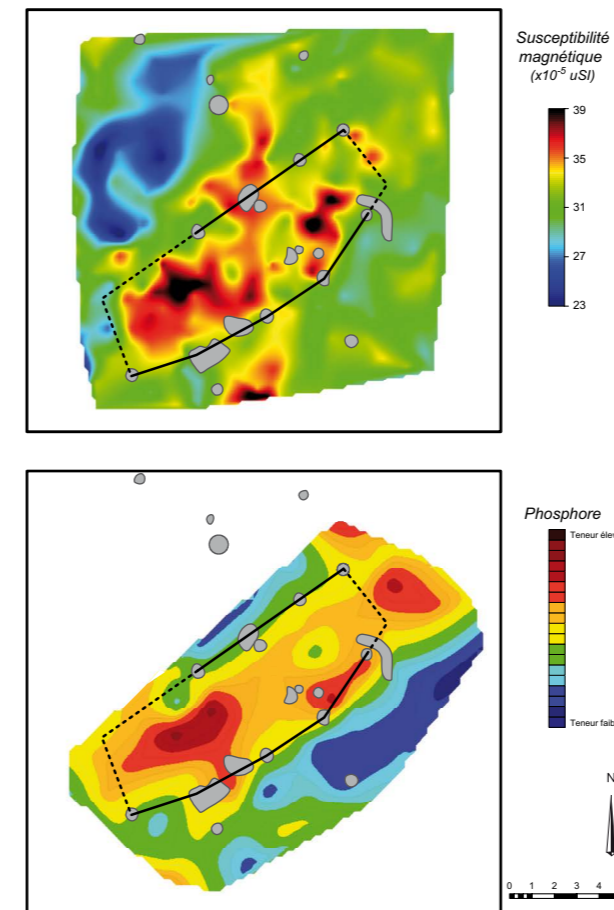


Fig. 7 - Cartes de susceptibilité magnétique et de taux de phosphore (F. BROES et K. FECHNER) avec une proposition de restitution du bâtiment issue de l'approche interdisciplinaire sur le site de Sauchy-Lestée (Pas-de-Calais, responsable d'opération : J.-D. DESFORGES).

avec les alignements de trous de poteau observés en fouille. La combinaison des différents résultats se révèle donc particulièrement positive sur plusieurs aspects. Pour l'archéologue, elle permet de confirmer l'orientation du bâtiment repéré en fouille et même de le prolonger vers le sud-ouest ce qui n'apparaissait pas évident à la seule lecture du plan de fouille. De plus, des hypothèses sur la fonction de ce bâtiment peuvent également être proposées puisqu'il est possible d'affirmer que de la matière organique était présente dans ce bâtiment en grande quantité.

Reconnaître les zones de forge

Parmi les types de vestiges pouvant être étudiés efficacement par la géophysique, ceux associés au travail du fer possèdent généralement des signatures magnétiques extrêmement bien marquées qui en font un cas à part entière. La systématisation des mesures de susceptibilité sur le terrain permet d'avoir une vision très rapide des zones anormalement fortes. Avec une observation visuelle approfondie et un test à l'aimant, il est possible de déceler rapidement si ces zones de plus forte aimantation sont liées à la présence de micro-

déchets de forge et en particulier de battitures. Particulièrement difficiles à distinguer à l'œil nu, les battitures possèdent en revanche une réponse magnétique forte qui les rend aisément détectables par les moyens géophysiques.

Ainsi, plusieurs zones riches en micro-déchets de forge ont été repérées sur différents sites du projet canal Seine-Nord Europe : Noyon (Oise, responsable Marjolaine DE MUYLDER), Eterpigny (Somme, responsable Didier LAMOTTE) et Marquion/Sauchy-Lestée secteur 10 (Pas-de-Calais, responsable Philippe LEFÈVRE) et secteur 21 (responsable, Claire BARBET), indiquant, à chaque fois, la présence d'une forge.

Pour le cas de la villa gallo-romaine de Noyon, une zone de forte susceptibilité magnétique aux contours bien structurés a pu être identifiée (fig. 8). L'observation visuelle a permis de relier ces fortes valeurs à la présence de battitures et un protocole de prélèvement pour l'étude paléo-métallurgique (réalisée par Benjamin JAGOU) a été mis en place. Au final, c'est donc un sol de forge en place en lien direct avec le plan d'un bâtiment qui a pu être mis en évidence.

Sur le secteur 10 de la plate-forme multi-modale de Marquion/Sauchy-Lestée, une zone a également montré des variations de susceptibilité dans un secteur ayant livré des scories dans le remplissage de quelques structures. La cartographie de la surface décapée autour de ces structures montre des valeurs de susceptibilité magnétique anormales pour ce type de limon qui possède des valeurs généralement comprises ici entre 27 et 31×10^{-5} uSI (unité du Système International) (fig. 9). Cette zone de plus forte susceptibilité se caractérise par des valeurs variant de 34 à 75×10^{-5} uSI avec une concentration de fortes valeurs à l'ouest. Des limites franches sont clairement présentes et peuvent être interprétées comme des effets de paroi. Cette hypothèse est renforcée lorsque l'on prend en compte le plan archéologique où plusieurs trous de poteau s'inscrivent particulièrement bien dans le zonage défini par la susceptibilité magnétique (fig. 9).

Contrairement au cas de la villa de Noyon où les valeurs fortes étaient associées à un sol archéologique en place, les mesures effectuées dans ce cas ont été réalisées directement sur le terrain dit « naturel » donc théoriquement exempt de traces archéologiques. Par conséquent, les fortes susceptibilités magnétiques sont ici le résultat d'une migration en profondeur d'éléments magnétiques issus d'une structure ou d'un sol archéologique ayant contenu de tels micro-déchets et aujourd'hui partiellement voire totalement érodé.

Par ailleurs, au sein de la zone de plus forte aimantation, deux anomalies de plus faible

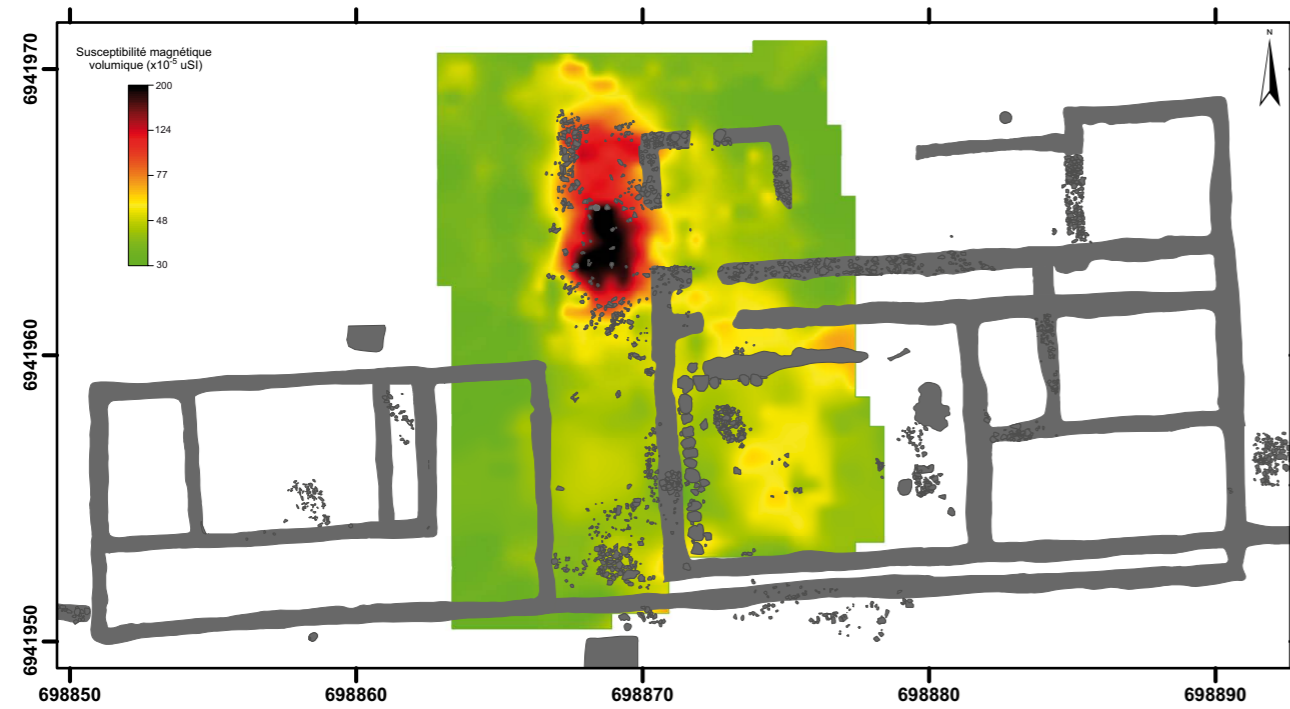


Fig. 8 - Carte de susceptibilité magnétique sur la villa gallo-romaine de Noyon (Oise, responsable d'opération : M. DE MUYLDER)

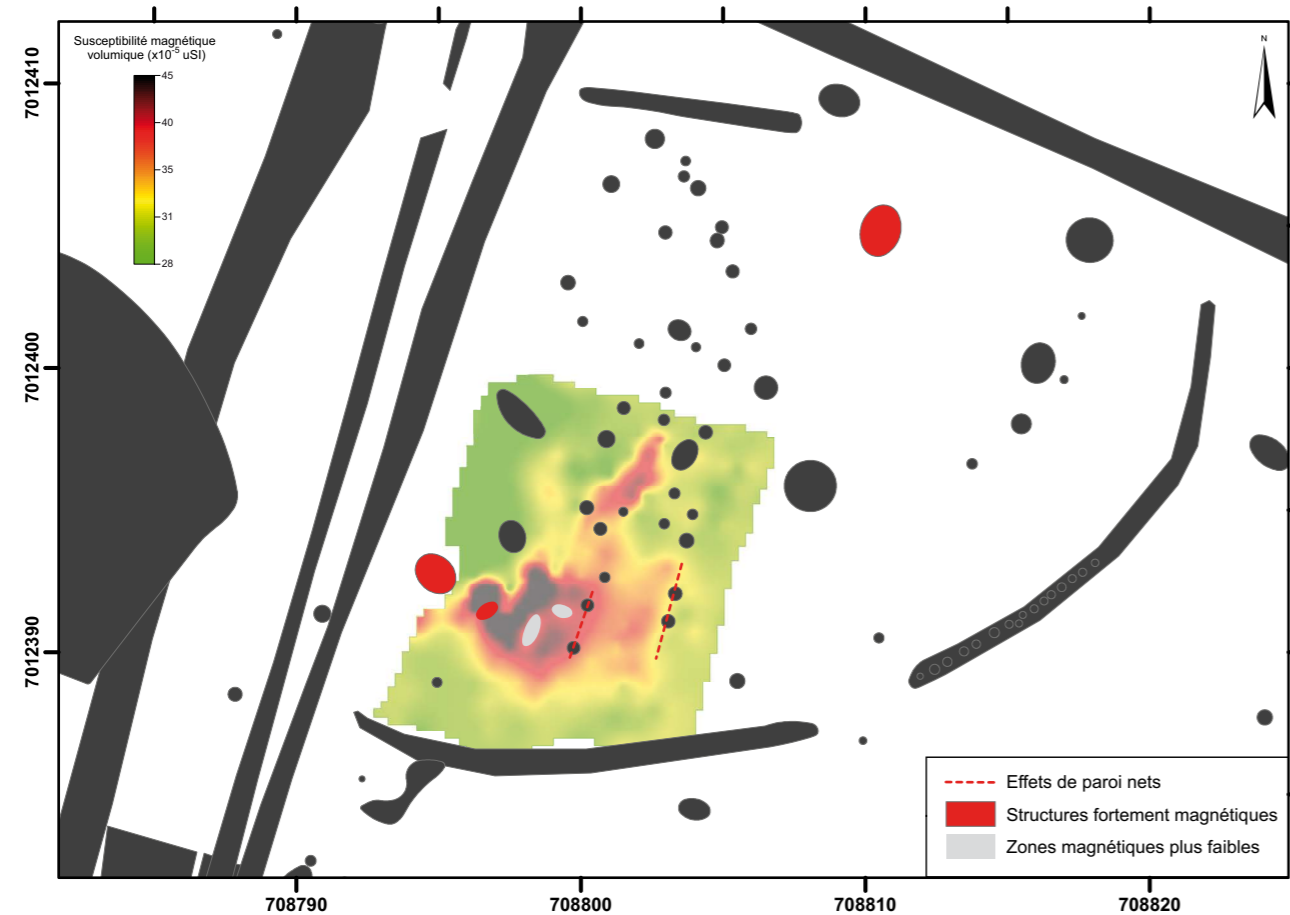


Fig. 9 - Carte de susceptibilité magnétique sur l'occupation protohistorique de Marquion/Sauchy-Lestrée, secteur 9 (Pas-de-Calais, responsable d'opération : P. LEFÈVRE).

susceptibilité ont été observées et peuvent être la traduction d'obstacles présents sur le sol de l'atelier de forge. Dans un tel contexte, la présence d'une enclume et/ou d'une zone de chauffe est donc tout à fait envisageable.

En résumé, cette méthode de recherche mise en œuvre sur plusieurs sites du projet canal Seine-Nord Europe présente des avantages évidents. Elle permet une reconnaissance rapide des zones liées au travail du fer et ainsi d'adapter la méthodologie de fouille en étudiant ces entités archéologiques de manière plus fine ; elle permet également d'engager un protocole de prélèvements pertinent pour la réalisation d'une étude paléo-métallurgique. Cette approche offre ainsi la possibilité de reconsidérer l'organisation même du lieu dédié au travail du fer en mettant en avant des zones n'ayant laissé aucune trace visible mais qui, au vu des caractéristiques physiques (forte susceptibilité magnétique due à des micro-déchets de forge) et de l'organisation spatiale (présence d'effets de parois), ne peuvent être ignorées dans l'interprétation finale du site archéologique (HULIN 2013).

Étudier les structures atypiques

Les applications discutées précédemment se focalisent sur l'étude des sols aussi bien naturels, c'est-à-dire sans altération anthropique évidente,

que sur des sols archéologiques en tant que tels. La caractérisation magnétique peut également être mise en œuvre pour l'étude des structures archéologiques, notamment sur certaines structures aux fonctions encore mal connues, comme les grandes fosses couramment rencontrées sur les occupations gallo-romaines (HULIN *et al.* 2012).

Le cas de la fouille de Saint-Christ-Briost (Somme, responsable Claire BARBET) illustre bien cette démarche. Sur ce site, quatre grandes fosses ont fait l'objet de mesures de susceptibilité magnétique (fig. 10). Trois d'entre elles présentent un remplissage assez homogène d'un point de vue magnétique avec des valeurs oscillant autour de 50×10^{-5} uSI. En revanche, l'une d'entre elles sort totalement de ce lot en présentant des zones internes avec des valeurs comprises entre 100 et 200×10^{-5} uSI.

Les différentes analyses tendent à montrer que cette réponse résulte d'un phénomène de chauffe qui aurait pu être amplifié par la présence de matière organique (LE BORGNE 1960, MULLINS 1974, MARMET 2000). Excepté la présence de graines carbonisées, il est important de signaler que les observations de terrain n'ont pas permis de détecter de traces de chauffe que ce soit en surface ou en coupe. Cependant, la cohérence et surtout les très fortes valeurs mesurées permettent d'affirmer qu'il

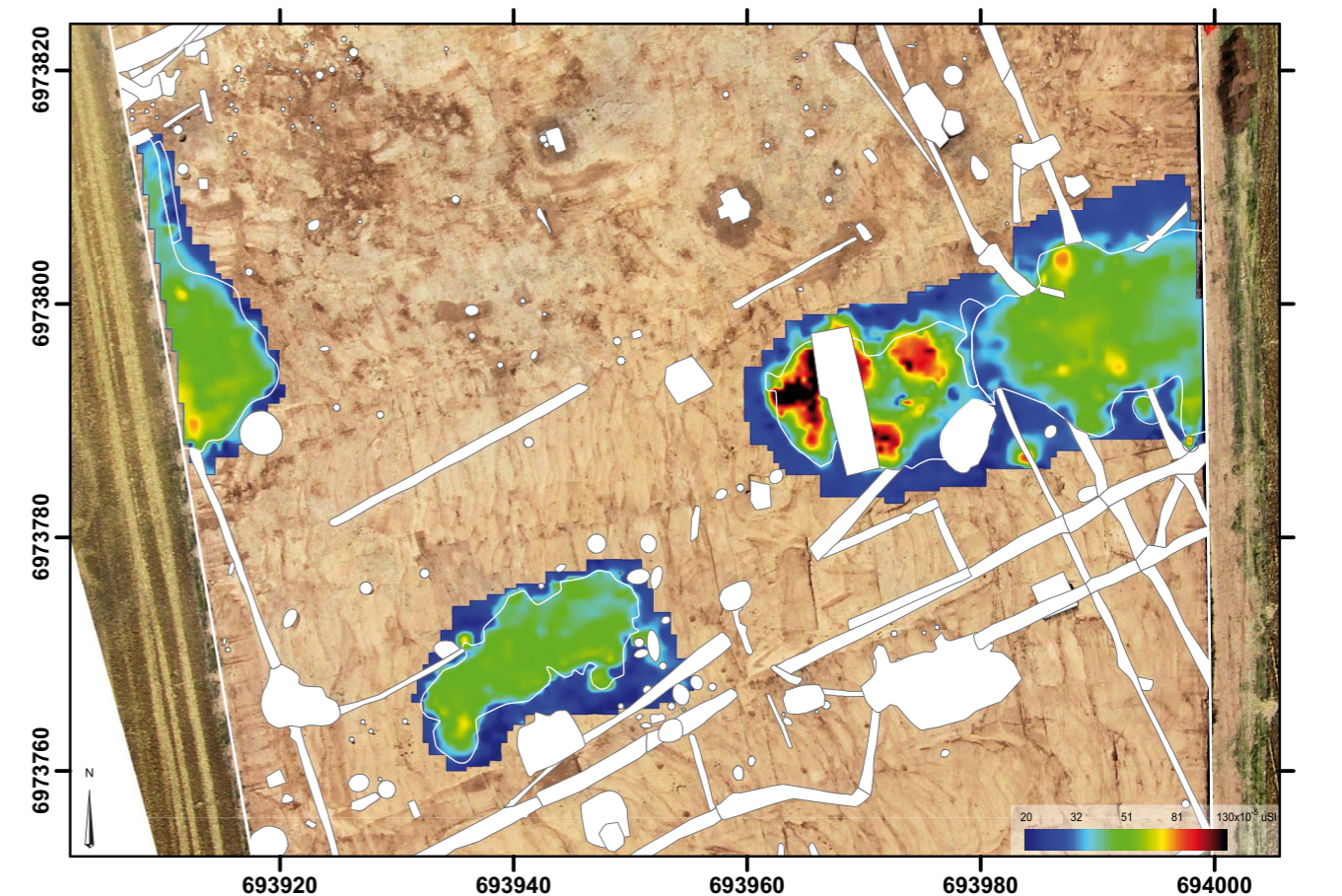


Fig. 10 - Carte de susceptibilité magnétique sur les grandes fosses gallo-romaines du site de Saint-Christ-Briost (Somme, responsable d'opération : C. BARBET).

s'agit bien de la signature d'un acte anthropique. La multiplication de ces études géophysiques, couplées aux observations archéologiques et pédologiques, pourra peut-être, à terme, contribuer à préciser la ou les fonctions de ces grandes fosses gallo-romaines (HULIN *et al.* 2012).

Une caractérisation verticale : la magnétostratigraphie

Lorsque l'occupation humaine est dense et que l'état de conservation du site est bon, on peut retrouver, même en contexte rural, des séquences stratigraphiques relativement développées. Ces différentes couches archéologiques sont décrites et analysées par l'archéologue selon les techniques de la stratigraphie afin de comprendre les différents événements qui ont eu lieu. Toutefois, la vision en coupe est, par définition, une vision limitée. L'idée principale ici est donc, de la même manière que pour les surfaces horizontales, d'apporter une caractérisation supplémentaire par l'intermédiaire des propriétés magnétiques.

Le cas du bâtiment 9 de la villa gallo-romaine de Noyon (Oise) est un exemple de ce qu'il est possible d'obtenir grâce à une caractérisation verticale. La figure 11 montre les valeurs moyennes de susceptibilité magnétique pour chacune des

unités stratigraphiques observées par l'archéologue sur deux coupes orthogonales du bâtiment. De manière globale, on constate que la partie ouest du bâtiment est plus magnétique que la partie est et ce quelles que soient les unités stratigraphiques, donc les phases d'occupation, observées. La tendance plus magnétique sur la coupe nord/sud s'explique ici simplement par la présence de fours à deux époques distinctes qui, par la chauffe, ont modifié les propriétés magnétiques des sols environnants.

Une autre observation plus discrète concerne une unité stratigraphique très fine (quelques centimètres d'épaisseur) sur la coupe nord/sud. Cette couche a la particularité de posséder une susceptibilité magnétique anormalement forte (de l'ordre de 200×10^{-5} uSI), soit quasiment le double de la valeur des autres couches déjà très magnétiques. Cette observation est d'autant plus intéressante qu'une autre unité stratigraphique, sur la coupe est/ouest, présente des propriétés magnétiques comparables. Il est alors possible de fournir à l'archéologue une caractérisation objective de ces unités et d'apporter un argument supplémentaire pour établir un lien d'équivalence entre ces deux couches. Par ailleurs, des analyses complémentaires ont permis d'affirmer que la réponse magnétique forte était due à des phénomènes de chauffe bien qu'aucun indice ne soit visible à l'œil nu.

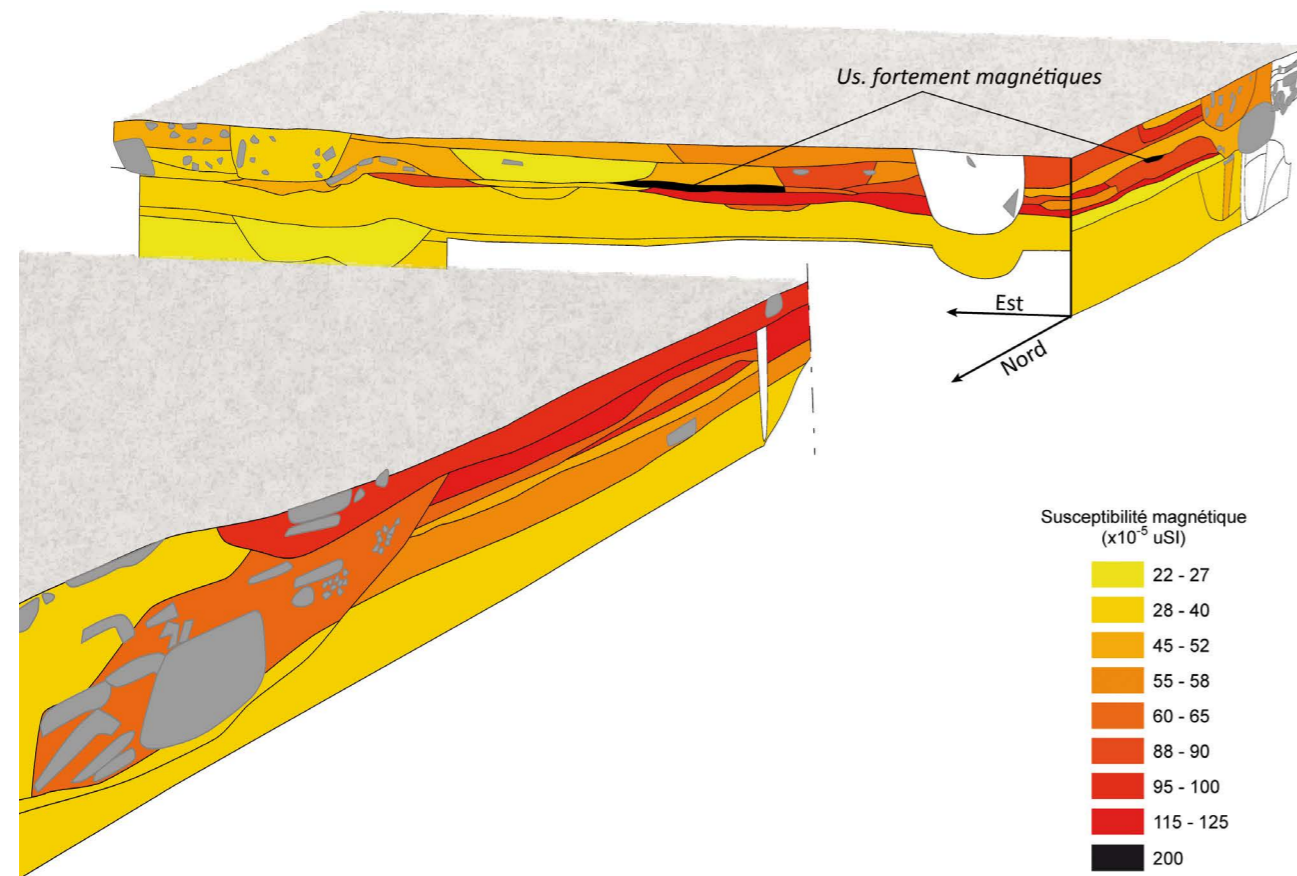


Fig. 11 - Relevé de susceptibilité magnétique sur les coupes du bâtiment 9 de la villa gallo-romaine de Noyon (vue en perspective) (Oise, responsable d'opération : M. de MUYLDER).

La mesure de paramètres magnétiques sur coupe a également permis de préciser certaines transitions difficiles à identifier, voire totalement invisibles *a priori*. L'idée de base est commune à celle de la micromorphologie : l'absence de stratification perceptible n'est pas obligatoirement synonyme d'une couche homogène. Ainsi, des différences magnétiques invisibles à l'œil nu constituent une source d'informations qu'il est intéressant de prendre en compte. On parle alors d'unités stratigraphiques magnétiques (HULIN 2013).

Discussion

Comme dans toute démarche scientifique, un certain nombre de limites est à signaler. Ainsi, sur le projet canal Seine-Nord Europe, sur les seize études réalisées, la moitié a apporté des résultats pertinents d'un point de vue archéologique. Dans de nombreux cas, l'interprétation s'est trouvée limitée par la difficulté à faire la part entre variabilité naturelle et variabilité anthropique dans le signal magnétique mesuré. L'interprétation des données géophysiques est en effet rendue délicate par la complexité des phénomènes qui entrent en jeu dans le cycle d'oxydo-réduction des grains d'oxydes de fer.

Pour interpréter une variation magnétique comme étant d'origine archéologique, il est nécessaire que celle-ci réponde au moins à l'une des deux conditions suivantes (HULIN *et al.* 2012) : une corrélation spatiale des mesures magnétiques avec des structures archéologiques (effets de paroi) ; des valeurs anormalement élevées ne pouvant être dues qu'à des phénomènes anthropiques (chauffe, micro-déchets de forge).

La nature du sol constitue un des éléments les plus importants à prendre en compte pour ce type d'étude. Pour les prospections réalisées sur sol naturel, il est essentiel que le substrat soit le plus homogène possible. Des variations pédologiques ou une érosion différentielle entraîneront inéluctablement des variations dans les mesures qui compliqueront l'interprétation des données. Cela implique de réaliser une étude pédologique en parallèle à l'étude géophysique et par conséquent une bonne collaboration entre archéologue, pédologue et géophysicien (HULIN 2013).

Afin d'affiner cette démarche, plusieurs axes sont à développer. En premier lieu, la mesure d'autres paramètres magnétiques et notamment la viscosité magnétique ou bien encore les paramètres du cycle d'hystérésis pour lever certaines incertitudes et ainsi mieux contraindre les interprétations archéologiques, en donnant des indications sur la taille et le type de grains magnétiques présents. En second lieu, la mise en parallèle des données magnétiques avec les analyses des phosphates s'avère, à la lumière des études déjà réalisées, déterminante pour la bonne compréhension

des phénomènes en cause. La pertinence de ces deux approches comme marqueurs de l'activité anthropique est prouvée depuis longtemps mais ces deux méthodes, souvent utilisées séparément sont d'un plus grand bénéfice lorsqu'elles sont combinées.

Tout en gardant un regard critique, l'étude sur surface décapée offre un potentiel important encore très largement sous exploité en archéologie (HULIN & SIMON 2012). L'analyse magnétique de la stratigraphie constitue une application particulièrement prometteuse. L'utilisation de cette technique, en contexte urbain notamment, devrait apporter des éléments essentiels à la compréhension des unités stratigraphiques et plus particulièrement des niveaux peu différenciés comme les terres noires (BORDERIE 2011, HULIN 2013). La systématisation d'études de susceptibilité, dès lors que des indices de métallurgie du fer sont présents, est une voie qu'il semble particulièrement intéressante à suivre. De par la signature géophysique forte de cette activité, il devient alors possible de déceler des traces difficilement visibles à l'œil nu. Les résultats obtenus sur le projet du canal Seine-Nord Europe montrent clairement l'intérêt de cette approche et la nouvelle perception de ce type d'activité qui en découle.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les différentes études menées sur le projet canal Seine-Nord Europe dont la synthèse est faite ici, illustrent bien la diversité des problématiques pouvant faire intervenir la géophysique. Celles-ci sont nombreuses et montrent clairement que ces applications ne se limitent pas à la seule détection de structures archéologiques. Elle offre une vision multi-scalaire allant de l'intégration du site dans son environnement à l'échelle de l'unité stratigraphique par la reconnaissance et la caractérisation de phénomènes anthropiques difficilement appréhendables par la simple observation visuelle.

L'intégration de l'outil géophysique au sein d'un projet d'archéologie préventive tel que le projet canal Seine-Nord Europe s'est ainsi révélée particulièrement profitable en termes scientifiques. Le choix volontaire d'utiliser la géophysique non pas comme un outil de diagnostic archéologique mais comme un outil de complément à la fouille constitue certainement l'une des clefs de réussite de la démarche initiée sur ce projet. Ce changement de contexte implique des différences importantes quant au rôle et à la place que peut prendre la géophysique dans le processus archéologique. De plus, l'intégration d'un géophysicien, au sein même de l'équipe archéologique a permis une forte interactivité entre les différents acteurs et, par la même, une réelle appropriation de l'outil géophysique par les archéologues qui perçoivent alors cette discipline comme un véritable complément à leur travail.

BIBLIOGRAPHIE

AITKEN Martin J., WEBSTER Graham. & REEDS A. (1958) - « Magnetic prospecting », *Antiquity*, vol. 32, p. 270-271.

BOLO Aurélien, DE MUYLDER Marjolaine, FONT Caroline & GUILLEMARD Thomas (à paraître) - « De la tablette PC à la cartographie de terrain : exemple de méthodologie sur le chantier d'archéologie préventive de Noyon (Oise) », Actes du colloque des JIAP 2012.

BORDERIE Quentin (2011) - *L'espace urbain entre Antiquité et Moyen Âge. Analyse géoarchéologique des terres noires, études de cas*, thèse de doctorat, Université de Paris 1-Panthéon-Sorbonne, 413 p.

CASTANET Cyril, CAMERLYNCK Christian, VELLA Marc-Antoine, GARCIN Manuel & BURNOUF Joëlle (2007) - « Approche géophysique, sédimentologique et géomorphologique intégrée pour la caractérisation des dynamiques fluviales de la Loire survenues durant les derniers 25000 ans (Val d'Orléans, Loiret) », Actes du 6ème colloque GEOFCAN, 25-26 septembre 2007, Bondy, p. 99-102.

CAMPANA Stefano & DABAS Michel (2011) - « Archaeological Impact Assessment: The BREBEMI Project (Italy) », *Archaeological Prospection*, vol. 18, n° 2, p. 139-148.

DABAS Michel (1999) - « Contribution de la géophysique à large maille et de la géostatistique à l'étude de tracés autoroutiers - Application aux ferriers de la Bussière sur l'A77 », *Revue d'archéométrie*, vol. 23, p. 17-32.

DAWSON Mike & GAFFNEY Chris (1995) - « The application of geophysical techniques within a planning application at norse road, Bedfordshire (England) », *Archaeological Prospection*, vol. 2, n° 2, p. 103-115.

DE SMEDT Philippe, VAN MERVEINNE Marc, MEERSCHMAN Eef, SAEY Timothy, BATS Machteld, COURT-PICON Mona, DE RÉU Jeroen, ZWERTVAEGHER Ann, ANTROP Marc, BOURGEOIS Jean, DE MAEYER Philippe, FINKE Peter A., VERNIERS Jacques & CROMBE Philippe (2011) - « Reconstructing palaeochannel morphology with a mobile multicoil electromagnetic induction sensor », *Geomorphology*, vol. 130, p. 136-141.

DUCOMET Georges & DRUELLE Pascal (1996) - « Géophysique et archéologie préventive : L'expérience du TGV sud-est », *AFAN Infos*, p. 4-9.

FECHNER Kai, DE LIL Agnès, CLAVEL Viviane, HUS Jozef, TEHEUX E. (2011) - « Méthodes et résultats de la cartographie du phosphore dans des bâtiments allongés du Néolithique dans le nord de la France et en Wallonie » dans BOSTYN Françoise, MARTIAL Emmanuelle, & PRAUD Ivan (dir.) - *Le Néolithique du nord de la France dans son contexte européen : habitat et économie aux 4e et 3e millénaires avant J.C.*, Actes du 29^e Colloque interrégional sur le Néolithique, Villeneuve d'Ascq, 2-3 octobre 2009, Revue Archéologique de Picardie, n° 28, p. 275-298.

FROHLICH Nico, POSSELT Martin, SCHLEIFER Norbert (2005) - « Fouilles à l'aveugle : « Les fantômes magnétiques » un phénomène nouveau qui témoigne de l'importance des prospections géophysiques en archéologie », La prospection géophysique, *Les dossiers d'archéologie*, Dijon, vol. 308, p. 44-50.

HULIN Guillaume (à paraître) - « Évolution des méthodes géophysiques pour l'étude des sites du Néolithique », Actes du colloque Internéo/RMPR « *Méthodologie des recherches de terrain sur la Préhistoire récente en France. Nouveau acquis, nouveaux outils (1987-2012)* », 23-25 mai 2012, Marseille.

HULIN Guillaume, VIRMOUX Clément, CHAUSSE Christine & MARCIGNY Cyril (2013) - « Approche croisée par l'analyse géophysique et géomorphologique d'un gisement archéologique multistratifié ; l'exemple du site d'Alizay (Eure) », pré-actes du colloque d'archéométrie du GMPCA, Caen, 22-26 avril 2013, p. 150.

HULIN Guillaume (2013) - « Caractérisation des sols et des structures archéologiques par la mesure de paramètres magnétiques ». Dans THIEBAULT Stéphanie & DEPAEPE Pascal - *L'archéologie au laboratoire*, Editions de La Découverte, p. 221-232.

HULIN Guillaume & SIMON François-Xavier (2012) - « Geophysics and preventive archaeology in France: new interdisciplinary issues ». *First Break*, vol. 30, p. 67-71.

HULIN Guillaume, BROES Frédéric & FECHNER Kai (2012) - « Caractérisation de phénomènes anthropiques par la mesure de paramètres magnétiques sur surface décapée. Premiers résultats sur le projet canal Seine-Nord Europe », *Archéosciences revue d'archéométrie*, vol. 36, p. 61-70.

JONES Richard, CHALLANDS Adrian, FRENCH Charles, CARD Nick, DOWNES Jane & RICHARDS Colin (2010) - « Exploring the location and function of a Late Neolithic house at Crossiecrown, Orkney by geophysical, geochemical and soil micromorphological methods », *Archaeological Prospection*, vol. 17, n° 1, p. 29-47.

LE BORGNE Eugène (1955) - « Susceptibilité magnétique anormale du sol superficiel », *Annales de Géophysique*, vol. 11, p. 399-419.

LE BORGNE Eugène (1960) - « Influence du feu sur les propriétés magnétiques du sol et sur celles du schiste et du granite », *Annales de Géophysique*, vol. 16, p. 159-195.

LE BORGNE Eugène (1965) - « Les propriétés magnétiques du sol. Application à la prospection des sites archéologiques », *Archaeo-physika*, vol. 1, p. 1-21.

MARMET Éric. (2000) - *Cartographie à large maille de la susceptibilité magnétique du sol pour une évaluation archéologique sur les grands tracés*, thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6, 236 p.

MARTIAL Emmanuelle, AMPOSTA Arielle, BROES Frédéric, FECHNER Kai, HULIN Guillaume, PRAUD Ivan & SALAVERT Aurélie (à paraître) - « Approche pluridisciplinaire appliquée aux sites d'habitat du Néolithique Final dans le nord de la France : Exemple à Sauchy-Lestrée (Pas-de-Calais) », Actes du colloque Internéo/RMPR « *Méthodologie des recherches de terrain sur la Préhistoire récente en France. Nouveau acquis, nouveaux outils (1987-2012)* », 23-25 mai 2012, Marseille.

MULLINS Christopher (1974) - « The magnetic properties of the soil and their application to archaeological prospecting », *Archaeo-physika*, vol. 5, p. 143-347.

PRILAUD Gilles & TALON Marc (2012) - « Le programme archéologique du canal Seine-Nord Europe : une opportunité hors normes pour l'étude de la Préhistoire dans le nord de la France ». *Notae Praehistoricae*, vol. 32, p. 99-114.

RASSAT Sylvain, FONT Caroline, BOLO Aurélien, FONTAINE Alexia, HULIN Guillaume & MAZET Sylvain (2011) - « Le diagnostic archéologique du canal Seine-Nord Europe : méthodologie pour la mise en place d'un SIA », pré-actes du 18^e colloque d'archéométrie du GMPCA, 11-15 avril 2011, Liège, Belgique, p. 328-329.

SAINT-BLANQUAT Henri (1992) - *Archéo-TGV, 450 km d'histoire. Les archives du temps*, Éd. Casterman, 255 p.

SIMON François-Xavier (2012) - *L'apport de l'outil géophysique pour la reconnaissance et la caractérisation des sites en archéologie préventive, méthodes et perspectives : exemples en Alsace*, thèse de l'université Pierre et Marie Curie, 312 p.

Les auteurs

Guillaume HULIN
UMR 7619 Metis
Inrap, Centre archéologique
16 rue du Général Leclerc
80400 - Croix-Moligneaux

Gilles PRILAUD
UMR 8164 Halma-Ipel
Inrap, Centre archéologique
16 rue du Général Leclerc
80400 - Croix-Moligneaux

Marc TALON
UMR 8164 Halma-Ipel
Inrap, Centre archéologique
16 rue du Général Leclerc
80400 - Croix-Moligneaux

Résumé

Les opérations d'archéologie préventive liées aux grands travaux sont souvent un lieu de mise en place de nouvelles méthodes de travail. Le projet canal Seine-Nord Europe mené par l'Inrap depuis 2008 a permis de développer plusieurs démarches scientifiques et notamment l'utilisation de la géophysique pour répondre à certaines problématiques archéologiques. La principale particularité de ce projet de 2500 ha est d'avoir intégré la géophysique lors de la phase de fouille et non lors de la phase de diagnostic comme cela a pu être le cas sur d'autres projets. Les apports scientifiques ont été particulièrement importants puisque la géophysique a été employée de manière raisonnée uniquement lorsque les problématiques archéologiques étaient clairement posées. Au final, ce sont 31 études réparties entre 2009 et 2013 qui ont pu être réalisées.

Trois grandes approches peuvent être distinguées. La première concerne la prospection des sites hors emprise afin de déterminer l'extension des vestiges archéologiques. Le complément des données de fouilles par la cartographie géophysique permet alors d'obtenir une vision d'ensemble pertinente du site archéologique associée à une bonne caractérisation des structures. La seconde approche est plus orientée vers l'intégration d'un site archéologique dans son contexte géomorphologique. Cette démarche nécessite d'étendre l'étude à des surfaces beaucoup plus grandes. Elle a notamment été utilisée sur la vallée de l'Oise pour la détermination des systèmes morfo-sédimentaires liés aux occupations pré- et protohistoriques. Enfin, la troisième et dernière approche se veut plus originale puisqu'il était question d'apporter des éléments de réflexion après décapage des horizons superficiels. Elle permet de mettre en avant des phénomènes anthropiques souvent difficiles, voire impossibles à distinguer à l'œil nu.

Pour chacune de ces approches, les apports et leurs conditions de mise en place au sein du projet canal Seine-Nord Europe seront discutés. Cette synthèse montre la diversité des applications que peut offrir la géophysique lorsque des problématiques archéologiques sont clairement définies et que le cadre archéologique et pédologique est connu préalablement. La géophysique trouve alors toute sa place dans la palette d'outils à disposition de l'archéologue.

Mots-clefs : Prospection géophysique, archéologie préventive, géomorphologie, surface décapée.

Abstract

Preventive archaeological excavations in the context of large-scale engineering works are often an opportunity to implement new working practices. Since 2008, the Europe-Seine-Nord Canal Project undertaken by the INRAP entailed the development of a number of scientific procedures, and notably the use of a geophysical approach to certain archaeological problems. The main specificity of this project, covering 2500 hectares, is to have included the geophysics at the excavation stage, and not merely at the evaluation stage as was previously the case on other projects. The scientific results were specially important as the geophysics was used on a rational basis and only when the archaeological problems had been clearly posed. Thus over the period 2009 to 2013, 31 surveys were successfully carried out. Three main approaches can be distinguished. The first one concerns the prospection of those parts of the site beyond the line of the projected route, in order to delimit the extension of the archaeological remains. The supplementary information contributed by geophysical cartography together with the excavation data provides a pertinent overall view of the site, and a clear characterization of its structures. The second approach aims mainly to situate the archaeological site in its geomorphological context. This approach requires a survey covering much wider areas. It has been notably used in the Oise valley in order to determine the morpho-sedimentary systems linked with the pre- and proto-historic settlements. Finally, the third and last approach is meant to be more original in that it aims to bring fresh thinking after the stripping and observation of the surface levels. Thus, certain man-made phenomena, often difficult, if not impossible, to recognize with the naked eye, may be distinguished. For each of these approaches, we shall discuss the benefits and the conditions of implementation in the Seine-Nord-Europe Canal Project. This summary shows how many different applications geophysics can offer when the archaeological questions have been clearly defined and when the archaeological and pedological context is already known. In this way, geophysics takes its rightful place in the range of tools at the archaeologist's disposal.

Keywords : geophysical prospection, preventive archaeology, geomorphology, stripped surface levels.

Traduction : Margaret & Jean-louis CADOUX

Zusammenfassung

Die durch große Infrastrukturprojekte bedingten Präventivgrabungen sind oft ein Ort, an dem neue Arbeitsmethoden eingesetzt werden. Bei dem vom INRAP seit 2008 durchgeführten Projekt Seine-Nord Europe wurden mehrere wissenschaftliche Methoden, insbesondere die Geophysik, angewandt, um bestimmte archäologische Fragestellungen zu beantworten. Die Haupteigenschaft dieses 2500 ha umfassenden Projektes besteht darin, die Geophysik in der Ausgrabungsphase und nicht in der Diagnosephase mit einzubeziehen wie dies bei anderen Projekten der Fall war. Die Ergebnisse waren besonders bedeutend, da die Geophysik nur in Fällen von klar definierten archäologischen Fragestellungen angewandt wurde. Im Endeffekt wurden zwischen 2009 und 2013 einunddreißig Studien durchgeführt.

Drei Ansätze sind zu unterscheiden: Der erste betrifft die Prospektion der Fundstellen außerhalb des Ausgrabungsareals, um die Ausdehnung der archäologischen Reste zu bestimmen. Die Ergänzung der Grabungsdaten durch die geophysikalische Kartographie liefert einen Überblick der archäologischen Stätte und ermöglicht eine einwandfreie Bestimmung der Strukturen. Der zweite Ansatz betrifft die Integration einer archäologischen Stätte in ihren geomorphologischen Kontext und erfordert die Ausweitung der Untersuchung auf wesentlich größere Flächen. Er wurde insbesondere im Tal der Oise für die Charakterisierung der Ablagerungsmorphologie im Zusammenhang mit den vor- und frühgeschichtlichen Siedlungen angewandt. Der dritte und letzte Ansatz ist neuartiger, da es darum ging, neue Denkanstöße für die Phase nach dem Abtragen der oberen Fundhorizonte einzubringen. So konnten anthropogene Phänomene herausgestellt werden, die mit dem bloßen Auge oft schwer oder gar unmöglich zu erkennen sind.

Für jeden dieser Ansätze werden die Beiträge und deren Durchsetzungsbedingungen im Rahmen des Projektes Seine-Nord Europe diskutiert. Diese Synthese zeigt die Vielfalt der möglichen Anwendungen der Geophysik bei klar definierten archäologischen Fragestellungen und in einem bekannten archäologischen und pedologischen Umfeld. Die Geophysik hat in diesem Fall ihren Platz in der Palette der Hilfsmittel des Archäologen.

Schlagwörter : Geophysikalische Prospektion, Präventivarchäologie, Geomorphologie, abgetragene Oberfläche

Traduction : Isa ODENHARDT-DONVEZ (donvezservit@wanadoo.fr).