



**HAL**  
open science

# **Le système d'information géographique au coeur de l'exploitation des données spatiales en archéologie préventive – L'exemple des opérations archéologiques du canal Seine-Nord Europe**

Caroline Font, Aurélien Bolo, Sylvain Mazet, Sylvain Rassat

## **► To cite this version:**

Caroline Font, Aurélien Bolo, Sylvain Mazet, Sylvain Rassat. Le système d'information géographique au coeur de l'exploitation des données spatiales en archéologie préventive – L'exemple des opérations archéologiques du canal Seine-Nord Europe. SIG 2014-ESRI france, Oct 2014, Versailles, France. <halshs-01446438>

**HAL Id: halshs-01446438**

**<https://shs.hal.science/halshs-01446438v1>**

Submitted on 25 Jan 2017

**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.



HAL Authorization

# Le système d'information géographique au cœur de l'exploitation des données spatiales en archéologie préventive – L'exemple des opérations archéologiques du canal Seine-Nord Europe

C. Font<sup>1</sup>, A. Bolo<sup>2</sup>, S. Mazet<sup>3</sup>, S. Rassat<sup>4</sup>

1. Institut national de recherches archéologiques préventives, caroline.font@inrap.fr
2. Institut national de recherches archéologiques préventives, aurelien.bolo@inrap.fr
3. Institut national de recherches archéologiques préventives, sylvain.mazet@inrap.fr
4. Ministère de la Culture, Service régional d'archéologie de Picardie, sylvain.rassat@culture.gouv.fr

## Mots-clés

Système d'Information Géographique (SIG), archéologie préventive, Institut national de recherches archéologiques préventives (Inrap), canal Seine-Nord Europe, modèle conceptuel, plateau technique, topographe, diagnostic archéologique, fouille archéologique, fouille paléolithique, vestige de la Grande Guerre

## Logiciels ESRI™ utilisés

ArcMap™, ArcCatalog™, Spatial Analyst™, 3D Analyst™, Geostatistical Analyst™

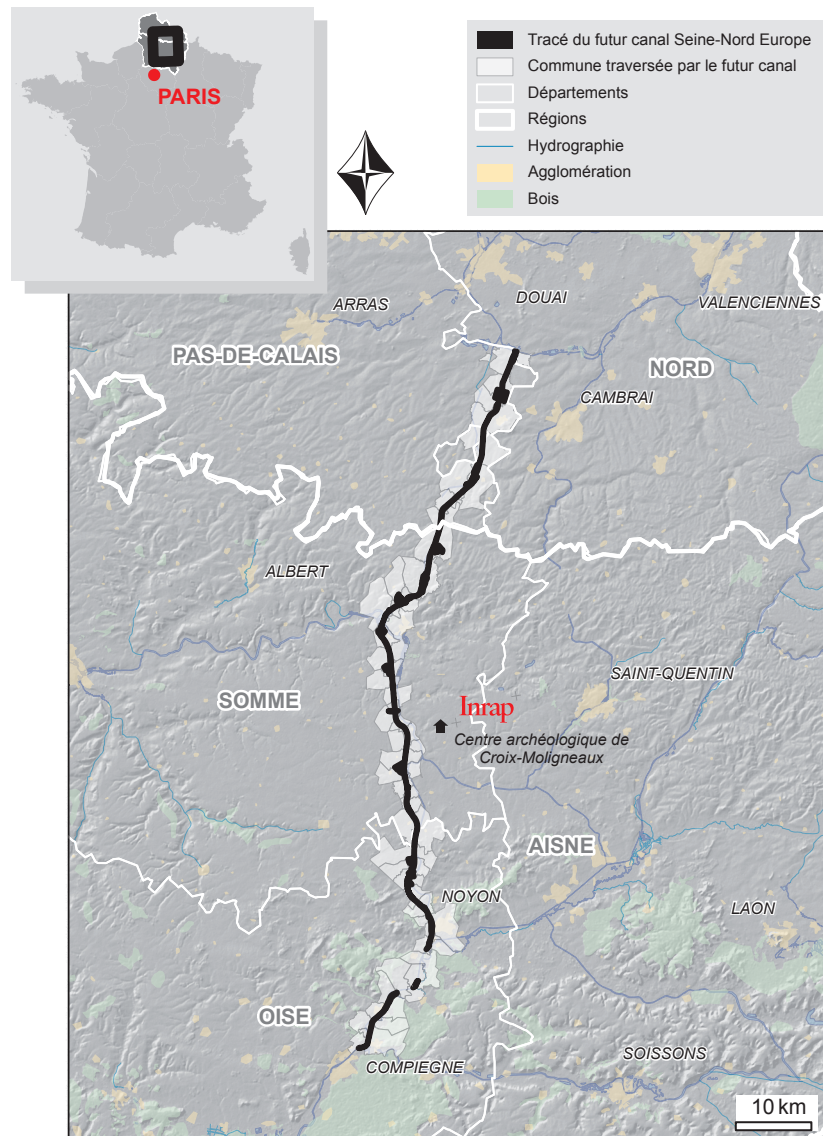
## Résumé

Depuis 2008, l'Institut national de recherches en archéologie préventive (Inrap) premier acteur de l'archéologie en France, mène les opérations d'explorations archéologiques en préalable à la construction du canal Seine-Nord Europe. Ce sont ainsi près de 2 500 ha qui, à terme, seront parcourus par les chercheurs de l'institut. L'ampleur de l'aire d'investigation archéologique prévue pour le projet d'aménagement du canal Seine-Nord Europe induit une accumulation très importante de données scientifiques. Afin d'optimiser l'utilisation de ces données, la décision de mettre en place un système d'information géographique (SIG) est vite apparue comme une évidence. Cette décision était d'autant plus applicable que les opérations archéologiques du futur canal bénéficiaient de la mise en place d'un plateau technique. Il constitue une véritable plate-forme qui relie les archéologues à la production des rapports scientifiques, et permet une harmonisation des méthodes d'acquisition et de l'exploitation des données ainsi qu'un archivage centralisé. Celui-ci intègre des topographes, des infographistes et des personnes fortement sensibilisées à l'utilisation des SIG et des bases de données relationnelles. Cette équipe a, dès le début des opérations, proposé une réflexion sur les processus scientifiques et techniques d'acquisition et d'exploitation des données. La chaîne opératoire ainsi mise en place permet d'optimiser l'intégration des données archéologiques dans le SIG, de valoriser les compétences de chaque acteur du projet et d'assurer une véritable collaboration entre les archéologues et le plateau technique. Celui-ci, répond aux demandes techniques de l'archéologue pour lui permettre une exploitation de ses données en accord avec sa problématique scientifique. Ce système permet de garantir la cohérence et l'intégrité des données et de fournir la documentation cartographique à la demande. Des études spécifiques à certaines problématiques scientifiques ont pu également être menées en s'appuyant sur ce socle organisationnel. Dans cette communication nous vous présenterons notre réflexion sur l'intégration du SIG en archéologie préventive à travers une grande opération d'aménagement. Nous aborderons les différentes étapes de notre réflexion, les avantages et les inconvénients qui ressortent de ces cinq années d'expérimentation. Nous vous proposerons également d'aborder quelques exemples d'exploitation scientifique selon différentes problématiques scientifiques (cartographie générale, cas particulier d'exploitation spatiale des sites du paléolithique – statistique spatiale, géostatistique – et des vestiges de la Première Guerre mondiale).

## Introduction

En 2008, la construction planifiée du futur canal à grand gabarit destiné à relier le bassin Parisien au nord de l'Europe, a motivé l'installation d'un nouveau centre archéologique par l'Institut national de recherches archéologiques préventives (Inrap) au plein coeur de la Picardie (**fig.1**). L'institut, premier acteur de l'archéologie préventive en France, est en effet chargé de mener les opérations d'archéologie préventive connexes.

**Fig.1** Emprise du futur canal Seine-Nord Europe dans le nord de la France et localisation du centre archéologique de Croix-Moligneaux  
FONT, Inrap



Le terrain d'investigation archéologique est d'une ampleur sans précédent en Europe : 106 km de long, 2500 hectares d'emprise, deux régions traversées, une soixantaine de communes. S'ajoutant aux portions linéaires du canal déjà larges (130 m en moyenne, soit cinq à six largeurs d'autoroutes juxtaposées), de nombreux ouvrages d'art (écluses, pont-canal) et constructions satellites (bassins de rétentions, dépôts de terre, plate-formes multimodales) permettent une exploration archéologique sur des aires de grandes importances.

Promesses de découvertes archéologiques marquantes, l'équipe de direction de ce nouveau centre archéologique devait poser une stratégie d'exploitation scientifique à la mesure du projet. Outre l'installation d'un pôle de gestion administrative ad-hoc, la direction a souhaité proposer aux archéologues impliqués dans le projet un pôle technique chargé de produire, de gérer et de centraliser l'ensemble des documents issus du terrain d'investigation. L'objectif affiché est de plusieurs ordres : décharger le chercheur des tâches techniques induites par une opération archéologique afin de lui offrir d'avantage de temps pour la réflexion scientifique et homogénéiser, centraliser et pérenniser la documentation produite notamment à caractère spatial.

Ce dernier point est en effet essentiel en archéologie puisque cette science, qui étudie l'empreinte des cultures passées, s'appuie principalement sur le contexte, la comparaison, et donc sur les connaissances accumulées par les chercheurs au fil des découvertes et de l'espace.

Les rapports que produisent les archéologues à l'issue de chaque opération, constituent l'aboutissement contractuel de toute exploration en archéologie préventive. Il est donc essentiel d'établir des méthodes, des processus, des protocoles techniques afin de respecter les engagements de délais tout en garantissant la qualité des rapports.

Telle a été la réflexion engagée par l'équipe du pôle technique du canal Seine-Nord Europe et que nous vous proposons de décrire dans le présent propos.

## 1. Qu'est-ce que l'archéologie préventive ?

Autrefois appelée "archéologie de sauvetage" et alors souvent pratiquée par des passionnés ou des bénévoles, l'archéologie préventive est une discipline jeune et nouvellement professionnalisée.

Depuis 2001, l'Institut national de recherches archéologiques préventives (Inrap), structure d'Etat, est le principal opérateur habilité à mener les opérations d'archéologie préventive.

Ces opérations, qui précèdent des projets d'aménagement susceptibles de détruire le patrimoine archéologique, se déroulent en deux étapes. Une première étape, dite de diagnostic, vise à estimer, par le biais de sondages ponctuels et/ou linéaires, la densité de vestiges des époques antérieures et à les caractériser (nature du vestige, époque) (**fig.2**). La seconde étape, dite de fouille, est motivée par un résultat positif du diagnostic jugé suffisant par les Services Régionaux d'Archéologie (SRA), organe décisionnel de l'Etat (**fig.3**). La fouille archéologique propose une approche scientifique exhaustive de l'exploration d'une surface circonscrite.

Depuis 2003, cette dernière étape est soumise aux lois de la concurrence et c'est l'aménageur, maître d'ouvrage des fouilles archéologiques, qui choisit l'opérateur archéologique.

L'archéologie préventive est donc liée à l'aménagement du territoire et cette connexion induit un certain nombre de contraintes contractuelles.

Chronologiquement, les opérations archéologiques interviennent en amont des travaux d'aménagement. Il est donc essentiel de respecter les délais fixés.

L'exploration est ensuite contrainte dans l'espace. L'emprise de l'aménagement constitue également la frontière de toute opération d'archéologie préventive menée.



Survol aérien de la zone de diagnostic appelée ZP6b



Survol aérien de la zone de diagnostic appelée ZD6

**Fig.2** Cliché aérien de diagnostics entrepris lors des opérations archéologiques liées au projet de construction du canal Seine-Nord Europe  
FRUTIER, Altimage

**Fig.3** Cliché aérien de la fouille 32 entreprise sur la commune de Sauchy-Lestrée (62)  
FRUTIER, Altimage



Enfin, une contrainte financière encadre et limite les activités archéologiques sur chaque opération. Bien évidemment, cette dernière contrainte a des répercussions directes sur les deux précédentes.

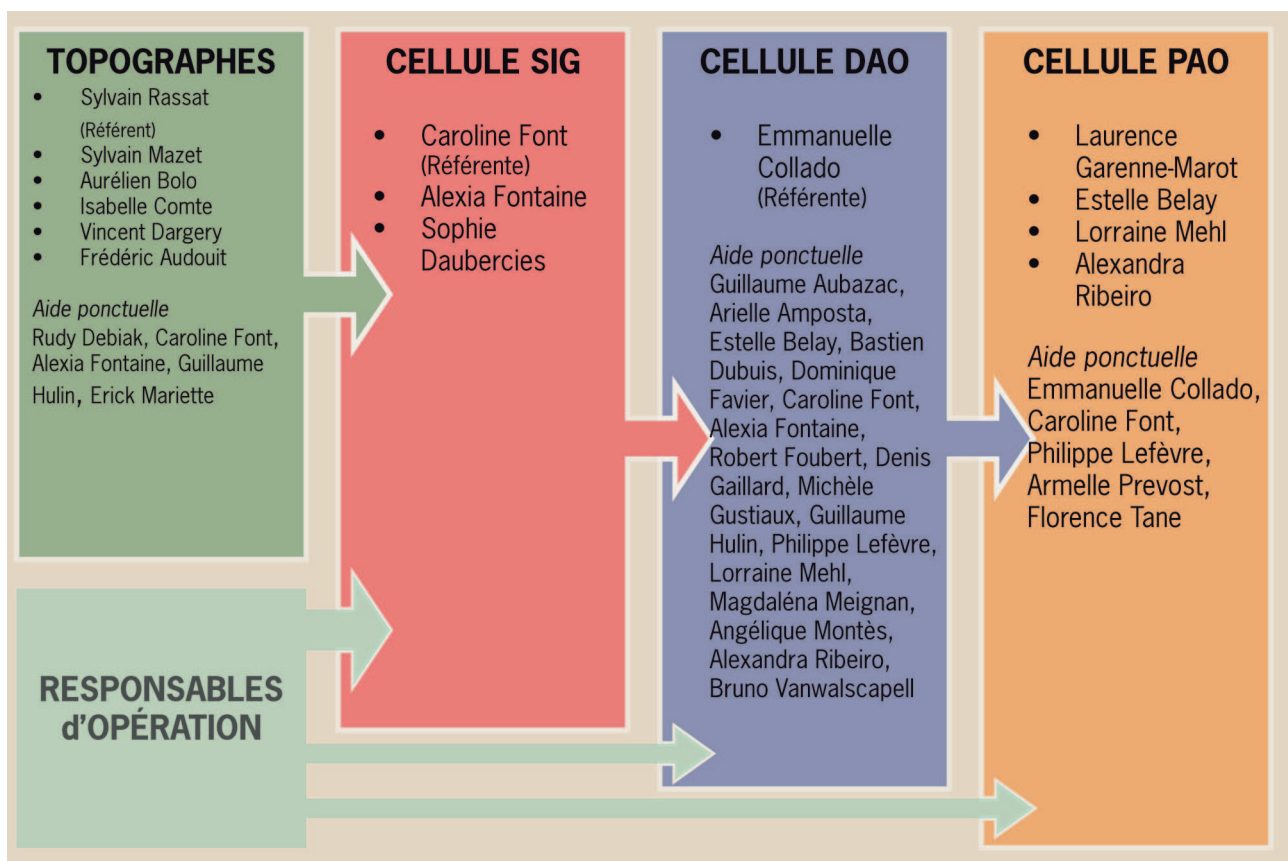
Fort de la connaissance de toutes ces contraintes, la nécessité d'optimiser le travail des archéologues est d'autant plus criante.

## 2. Réflexion sur les méthodes d'exploitation des données archéologiques

Le pôle technique, ou plateau technique, dédié au centre archéologique du canal Seine-Nord Europe rassemble plusieurs opérateurs possédant chacun leurs spécialités techniques (fig.4).

Principalement constitué de topographes et d'infographistes, mais aussi d'un géophysicien, le mot d'ordre du pôle technique s'est toujours inscrit dans l'optimisation du travail en équipe. Chaque acteur qui intervient dans une opération archéologique doit pouvoir bénéficier du fruit du travail de ses collaborateurs et ce dans les meilleures conditions.

**Fig.4** Structure du plateau technique du canal Seine-Nord Europe  
FONT, Inrap



Cet objectif ne pouvait être atteint sans une réflexion poussée sur les méthodes d'acquisition des données et leur traitement. Fortement sensibilisé aux Systèmes d'Information Géographique (SIG) et soutenu par la direction, notre réflexion nous a tout naturellement invité à mettre le SIG au centre de l'ensemble de processus qui s'articulent autour de la gestion de la donnée archéologique.

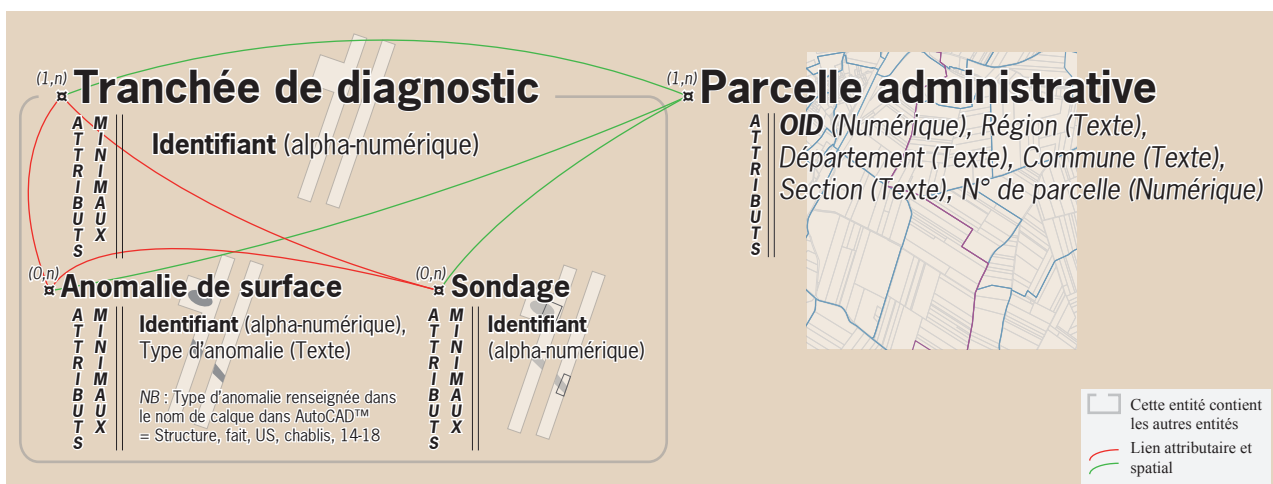
## 2.1 La production de supports cartographiques

Sans plateau technique, l'archéologue, responsable de l'opération, prend en charge, à partir de son retour du terrain, l'ensemble des tâches techniques afin de concevoir son rapport de fouille. Le plan issu des levés topographiques, placé dans un référentiel géographique global, doit être modifiable et façonnable selon les problématiques du responsable d'opération. Le problème majeur réside dans le fait que les archéologues, habitués à travailler leurs illustrations à l'aide de logiciels de Dessins Assistés par Ordinateur (DAO), font basculer les données dans un environnement déconnecté de tout référentiel géographique. Dans la mesure où l'objectif principal en archéologie est de constituer un ensemble de données au potentiel comparatif, cette extraction de la sphère géographique constituait un frein sérieux aux futures générations d'archéologues. (Rodier 2011)

Pour remédier à ce problème, nous avons souhaité que la production de plans passe par un SIG articulé autour du logiciel ArcGIS™. Il était également primordial de proposer au responsable d'opération un service adapté à la problématique de son site tout en gardant les repères forgés par des années d'expériences.

Afin de faciliter le travail de tous les acteurs de l'aménagement, du maître d'ouvrage (Voie Navigable de France) à l'Inrap en passant par les Services Régionaux d'Archéologie, l'emprise du futur canal a été scindée en portions qui sont autant d'opérations de diagnostics planifiées. Chaque portion devait être suivie par un archéologue désigné. Les méthodes de travail des chercheurs dépendent de leurs habitudes respectives, mais sont aussi adaptées aux découvertes faites. Notre premier travail a été de modéliser un socle commun à toutes les opérations de diagnostics qui puisse être ensuite adapté, sans obstacle, aux problématiques de l'archéologue (fig.5).

**Fig.5** Modélisation du socle commun pour les opérations de diagnostics archéologiques  
FONT, Inrap

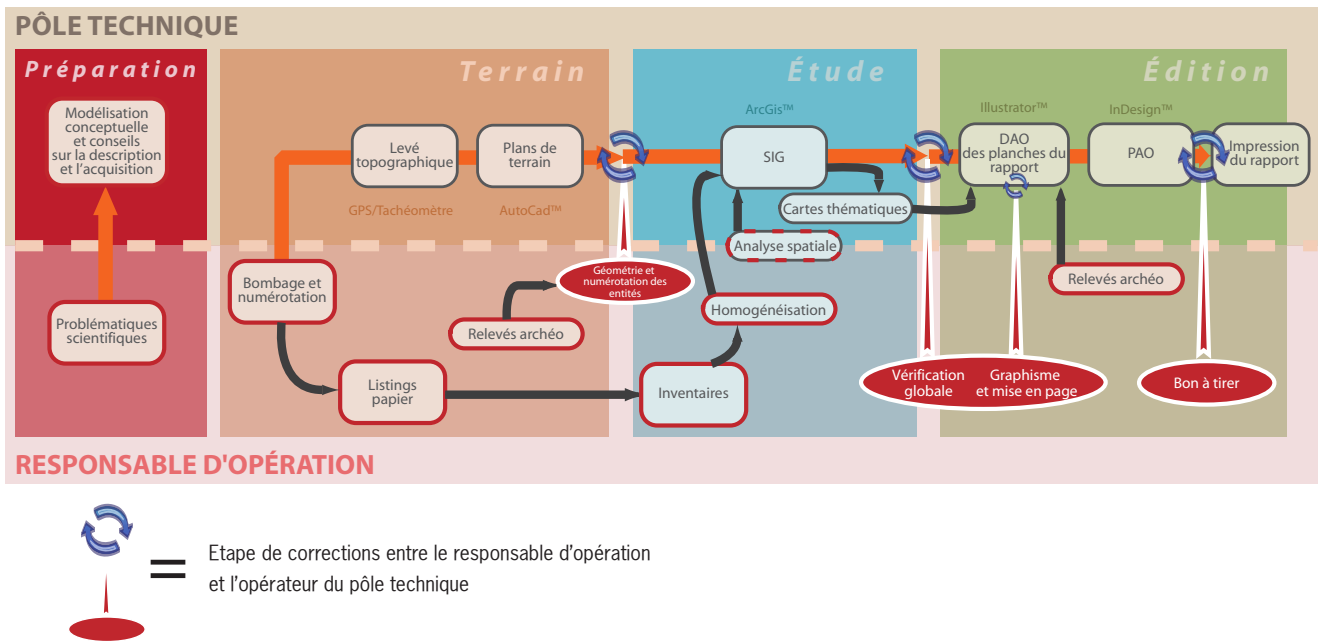


Les entités primaires rencontrées ont été définies ainsi que les éléments descriptifs attributaires obligatoires (un identifiant unique a minima). A ce stade de la réflexion, il était très important de revenir sur ces notions d'entités auprès des responsables d'opérations. A ce titre, nous n'avons pas hésité à organiser plusieurs réunions d'explications et de préparations avec les équipes de terrain.

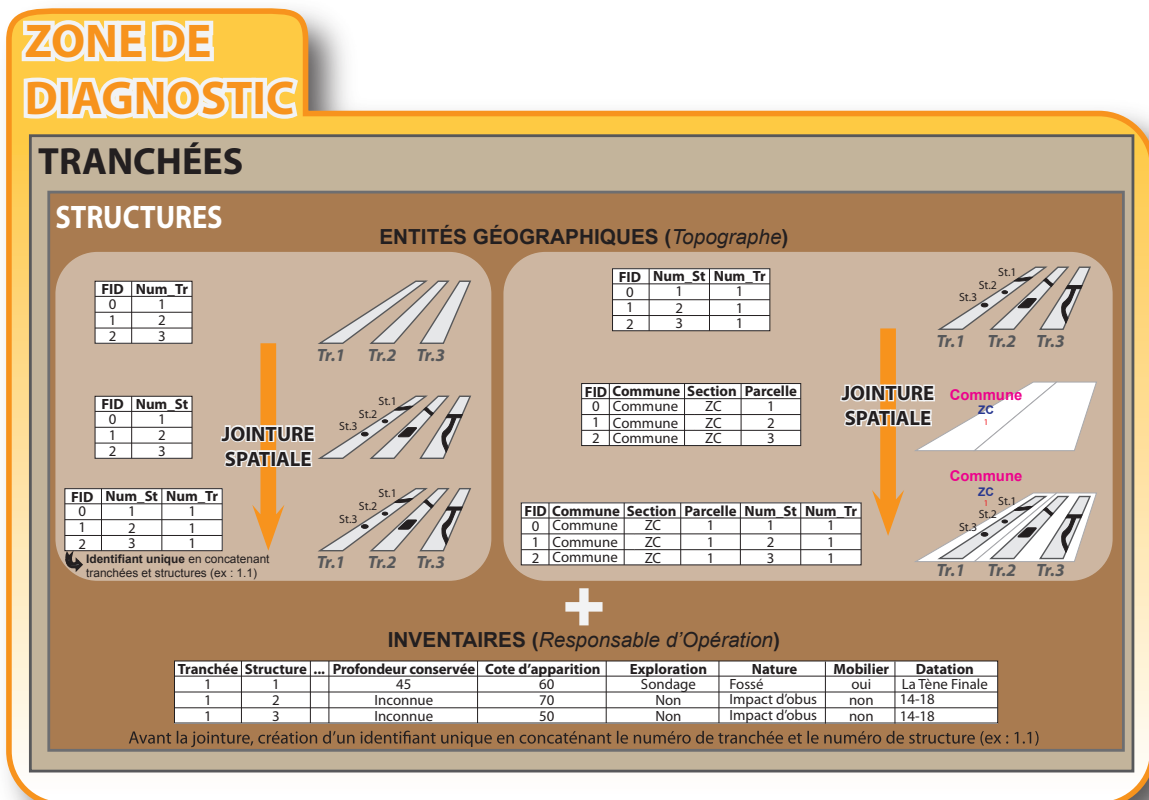
L'aspect humain a été fondamental pour la mise en place de cette méthodologie. L'adaptation des archéologues d'horizons très divers à de nouvelles pratiques, en les déchargeant d'une partie de leurs activités habituelles, n'a pas été une évidence. La réussite de cette entreprise tient pour bonne part à la bonne volonté des différents intervenants et au fait qu'il ait été pensé dès le départ du projet, sur un socle méthodologique neuf.

**Fig.6** Diagramme explicatif et synthétique de l'ensemble des processus techniques mis en oeuvre par le plateau technique pour les opérations du canal et des échanges avec les archéologues  
BOLO, FONT, Inrap

Une chaîne opératoire claire a été établie, de l'identification des vestiges sur le terrain jusqu'à l'impression du rapport d'opération, permettant de préciser les étapes du traitement et le rôle de chaque intervenant (**fig.6**).



## INTÉGRATION DES DONNÉES ISSUES DES DIAGNOSTICS DANS LE SIG



Le premier maillon, crucial, de la production cartographique est le levé topographique. C'est donc à ce niveau que la définition des entités intervient.

Pour exister dans un SIG, chaque entité doit être définie dans l'espace (limites spatiales fixées) et identifiée (attribution d'un numéro unique) (fig.7). A partir de ce socle fondateur, toutes les exploitations sont possibles. C'est au responsable de l'opération archéologique de décrire les objets mis au jour afin de répondre aux questionnements posés par le site.

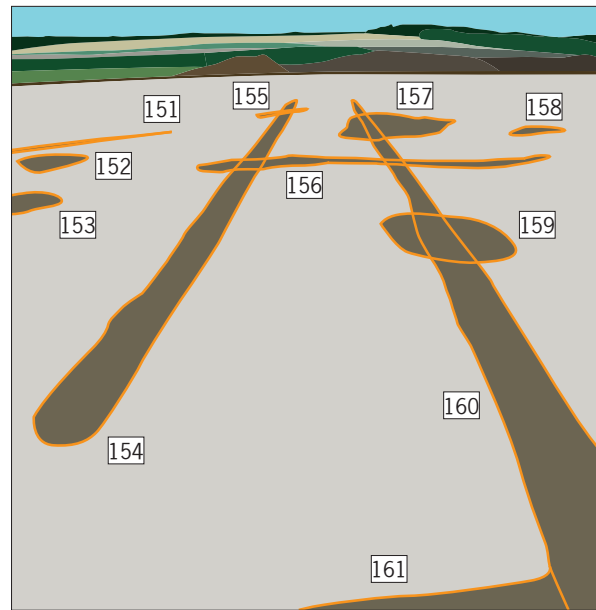
Dans le cas de diagnostics, les questionnements sont presque toujours les mêmes : a-t-on une entité qui résulte d'une activité anthropique ? De quand date cette entité ? Est-elle isolée et si non, quelle est l'étendue du site ainsi défini ? Quel est son état de conservation ? Les réponses sont apportées et illustrées afin que les Services Régionaux d'Archéologie décident si oui, ou non, ces découvertes méritent d'être fouillées entièrement dans l'intérêt de la science.

**Fig.7** Individualisation et identification des anomalies mises au jour avant le levé topographique

FONT, Inrap



Aspect d'une surface en cours de fouille après un décapage de surface pour atteindre les vestiges archéologiques. Les anomalies se distinguent de l'encaissant naturel par des différences de couleurs, textures, composition, granulométrie, inclusions entre autres indices.



L'archéologue doit alors individualiser chaque anomalie et les identifier. Le plus souvent, un bombage du contour de l'anomalie permet de garder visible une frontière qui pourrait s'atténuer à mesure que le sédiment subi les aléas climatiques. Les limites des anomalies sont définies par les observations en surface mais également par la fouille de l'anomalie qui doit notamment établir une chronologie relative entre deux anomalies et leurs limites. Ce sont ces premiers contours qui sont levés par le topographe qui attribue également l'identifiant associé et éventuellement la nature de l'anomalie (fait archéologique, chablis ou vestige de la Grande Guerre par exemple). Ces contours sont parfois corrigés en phase d'étude selon les résultats des observations après le passage du topographe et la fouille des vestiges.

En phase d'étude, après l'exploration archéologique sur le terrain, l'ensemble des éléments descriptifs établis dans ce but par le responsable d'opération doit pouvoir apparaître sur des illustrations cartographiques. Le dénominateur commun entre le plan issu des levés topographiques et les éléments descriptifs étant, évidemment, l'identifiant unique.

Le topographe, aidé par l'archéologue, a donc la charge d'établir un plan qui correspond à l'abstraction des découvertes effectuées par l'équipe de terrain tout en garantissant une identification des entités. Ce plan, après corrections et vérifications de l'archéologue est intégré dans un projet ArcGIS™ dédié à l'opération archéologique décrite. Selon la volonté du chercheur, et afin d'illustrer son argumentaire, il peut-être complété par des éléments descriptifs (fig.6).

## 2.2 Les fouilles archéologiques

Nous avons souhaité appliquer ce modèle d'acquisition des données spatiales pour les fouilles archéologiques. Bien plus complexes que les diagnostics et beaucoup moins systématiques, elles présentent tout de même l'avantage de pouvoir mener une réflexion en amont de l'opération, puisque les découvertes sont, en théorie, déjà cernées par le diagnostic qui a précédé.

Le travail de réflexion doit définir les entités susceptibles d'être rencontrées, les liens possibles entre elles et la manière dont l'archéologue veut exploiter ses découvertes. A ce titre, le plateau technique a pu apporter des conseils et des méthodes sur l'acquisition des données pour que le but recherché par l'archéologue puisse être atteint (fig.8).

Nous proposerons d'autres exemples de modélisations et d'exploitations cartographiques dans la troisième partie de cet article.

## Compte-rendu d'observations de terrain de la journée du 2 juin 2010

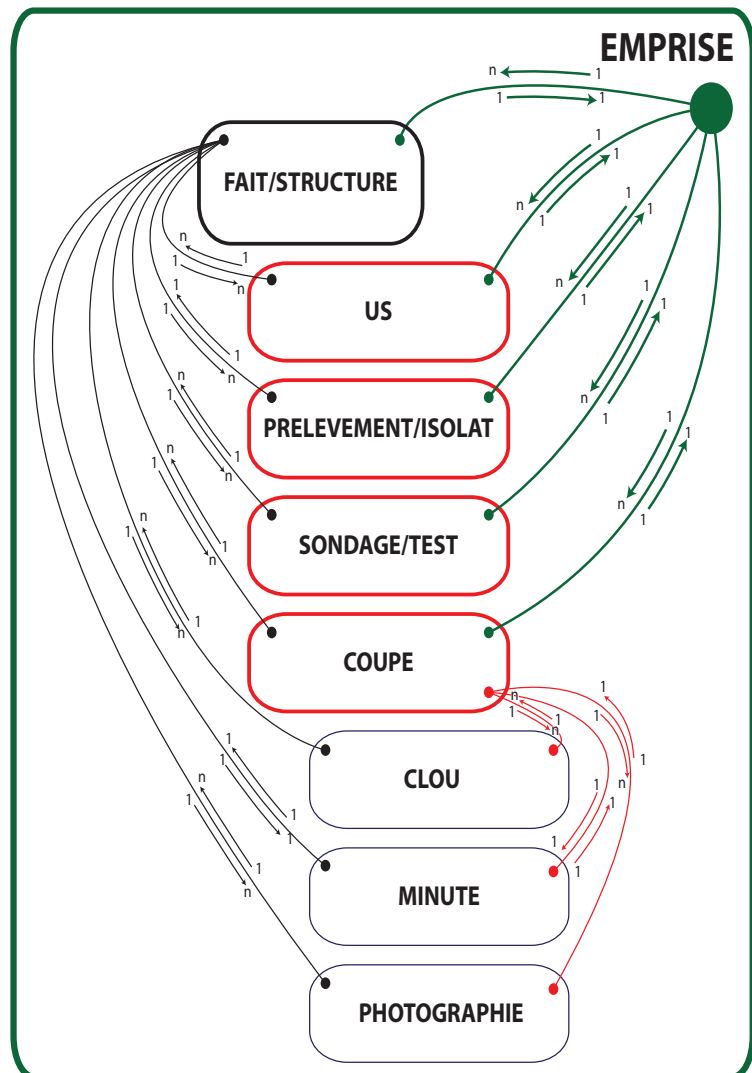
Ce rapport fait suite à ma visite sur les chantiers de fouille archéologiques de Thierry Marcy (Fouille 3 – Nécropole à incinération) et de Claire Barbet (Fouille 9 – Etablissement rural). Le but de cette visite était d'observer les techniques de fouille, d'enregistrement des données, leur hiérarchisation et leurs utilités scientifiques.

Les premières observations m'ont permis de constater qu'il n'y avait pas de différences fondamentales entre les deux méthodologies et que les problématiques scientifiques se rejoignaient. Neuf entités d'enregistrements différentes ont été observées et peuvent-être chacune associée à un ou plusieurs procédés d'enregistrement. Les procédés d'enregistrement peuvent-être de plusieurs ordres : l'enregistrement planimétrique (levé topographique, relevé de structures), l'enregistrement des informations relatives aux observations de terrain (fiches d'enregistrement, inventaires, minutes et photographies). Enfin, il est nécessaire d'aborder ces deux types d'enregistrement pour une exploitation dans le SIG.

On peut synthétiser ces observations par le tableau suivant :

ENREGISTREMENT					
ENTITÉ	DÉFINITION	Aspect graphique et/ou cartographique	Données attributaires	Aspect dans un SIG	Observations
Emprise	L'emprise correspond aux surfaces prescrites et réellement décapées qui délimitent l'intervention archéologique.	Topographié	Données fournies en amont de la fouille	Sous forme de polygones	Prévoir deux types d'emprises : l'emprise prescrite et l'emprise réelle ainsi que les mises à jour et leur date, les surfaces.
Fait/Structure	C'est l'unité d'enregistrement de référence pour les RO de Nord-Picardie.	Topographié et dessiné	Données renseignées par l'équipe de fouille en cours d'opération de terrain	Sous forme de polygones	Prévoir des notions de recoupement et de relativité. Eventuellement regroupement.
Unité Stratigraphique (US)	Unité stratigraphique	Peut-être topographié selon le contexte	Données renseignées par l'équipe de fouille en cours d'opération de terrain (minutes)	Selon les problématiques	Prévoir les relations stratigraphiques, inclusions...
Prélèvement/Isolat	Correspond à tous les éléments recueillis sur le terrain (ex : prélèvement pour analyse, artefact en contexte ou horscontexte...)	Pas systématique	Données renseignées par l'équipe de fouille en cours d'opération de terrain	Pas systématique, dépend de la problématique du RO (points ou polygones)	Prévoir tous les types et natures des prélèvements, la possibilité d'associer des croquis et données de localisation.
Sondage/Test	Correspond aux actions de fouille et d'observation des vestiges archéologiques	Topographié et dessiné	Données renseignées par l'équipe de fouille en cours d'opération de terrain (minutes)	Sous forme de polygones	But : calcul de densité de vestiges, proportions de fouille. Toutes les observations de caractérisations sont reportées dans la table des faits/structures.
Coupe/Axe	Correspond à la visualisation en élévation d'une observation de terrain	Topographié et dessiné	Données renseignées par l'équipe de fouille en cours d'opération de terrain	Sous forme de polygones ou de points	But : rassemble les informations de profondeur et de constituant au sein d'un fait/structure. Dans le SIG, sert de support pour une observation morphologique du fait/structure (pente par exemple).
Clou	Repère ponctuel pour le géoréférencement (minutes et/ou photographies)	Topographié et dessiné	Identifiant et fonction	Sous forme de points	But : géoréférencement
Minute de terrain	Document graphique, dessin techniques des observations archéologiques	Dessiné	Données renseignées par l'équipe de fouille en cours d'opération de terrain (minutes)	Minutes géoréférencées si utile	Prévoir le lien vers le fichier image ou vectoriel dans la BDD.
Photographie	Document iconographique	Prise de points en topographie pour les photographies redressées seulement	Données renseignées en post-fouille	Photographies géoréférencées si utile	Prévoir le lien vers le fichier image dans la BDD.

Les relations entre les différentes entités sont par contre relativement complexes. Il y a, en effet, deux niveaux de lecture (sous-ensembles) : au niveau de l'emprise de fouille et au niveau du fait/ structure. Ces relations peuvent-être modélisées par le schéma suivant :



**Fig.8** Exemple de modélisation conceptuelle après discussion avec un responsable d'opération sur une fouille antique

FONT, Inrap

## 2.3 Bilan des réflexions

Notre expérience sur environ 40 diagnostics et autant de fouilles, nous a permis d'établir un protocole précis afin d'examiner chaque problématique rencontrée. Il ne s'agit pas seulement de mettre en place un SIG qui produira les illustrations nécessaires aux rapports remis à l'Etat, mais également d'être en mesure de conseiller sur les modes d'acquisition et de descriptions, de modéliser et de proposer une abstraction du réel qui correspond aux problématiques scientifiques de l'archéologue.

Cette première étape de modélisation est essentielle et ne peut-être systématisée car chaque opération est unique. Même si dans le cas des diagnostics archéologiques, le socle commun est parfois suffisant pour obtenir les résultats souhaités, il est important de ne jamais écarter ou rendre impossible d'autres exploitations des données.

Notre volonté était d'introduire, de manière diplomatique et non traumatisante, un nouvel élément dans le processus de traitement des données dit "classique", nous n'avons, ainsi, imposé que très peu de directives de travail : l'identification et la définition spatiale des entités présentes. Les éléments de descriptions laissés aux mains de l'archéologue lui permettent une liberté d'exploitation scientifique de ces données selon ses habitudes de travail et ses problématiques.

Nous avons pu exercer un rôle de conseil et d'expertise dans l'acquisition, la description et l'exploitation des données enregistrées sur le terrain tout en maintenant un partenariat productif avec les archéologues. L'accompagnement vers ce nouvel outil s'est fait en douceur prouvant ainsi qu'il était possible d'introduire de nouvelles méthodes de travail sans pour autant brider ou faire obstacle à la volonté d'exploitation scientifique des chercheurs.

Même si pour les premières opérations, le scepticisme ou la méfiance se sont parfois manifestés au sujet des SIG, nous avons le sentiment qu'ils sont désormais parfaitement intégrés et considérés comme utile, et même décisif pour mener une réflexion scientifique efficace et complète dans le contexte d'opérations d'archéologie préventive.

Cette expérience n'est pas pour autant exempte de quelques écueils. Si l'exploitation à l'échelle d'une opération est parfaitement rendue possible par les multiples réflexions autour de la problématique spécifique de l'archéologue, il n'en est pas de même pour l'exploitation des données à des échelles plus petites (échelle régionale ou échelle du projet).

Le vocabulaire des données attributaires, spécifique à l'archéologue, interdit parfois la comparaison à d'autres opérations. Cependant, une harmonisation systématique après chaque opération du vocabulaire descriptif pourrait avoir des conséquences négatives et un appauvrissement de la donnée d'origine.

Encore une fois, toute exploitation de données dans le cadre de bases de données spatiales ne peut se faire sans réflexion préalable et définition des problématiques. Ce n'est qu'à partir de ce moment là que la structure de la base de données et la description des entités peut être remise en question. Ce n'est qu'à partir de ce pré-requis que l'harmonisation des données peut se faire. Un nouveau modèle émerge alors autour d'une base de données spécifique. Il s'appuie sur les données des opérations antérieures mais possède sa géométrie propre, adaptée à l'objectif recherché. A l'échelle du canal, et les opérations archéologiques n'étant pas encore achevées, cette réflexion globale ne fait que débiter.

Le modèle de chaque opération comporte toutefois un socle commun avec toutes les autres qui permettra, à l'issue du projet, de rassembler aisément les données, de les comparer et de les concaténer.

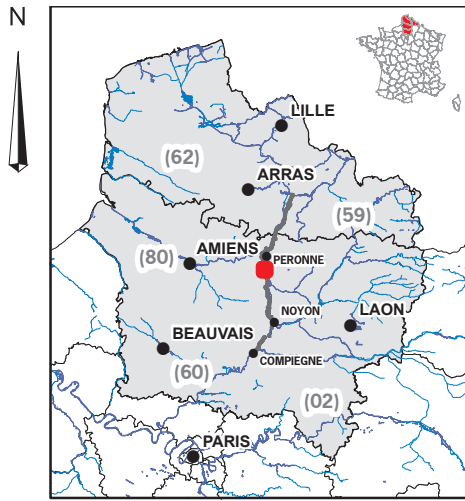
### 3. Quelques exemples de réalisations

Avec plus de 40 rapports de diagnostics et 40 rapports de fouilles, ce sont en tout plusieurs milliers de plans qui ont pu être produits grâce à la mise en place du SIG. Il ne s'agit pas ici de présenter l'ensemble des cartes produites mais seulement un échantillon, symptomatique, qui reflète la puissance de l'outil et la qualité des réflexions.

#### 3.1 Des cartes semi-automatiques

Une grande partie des supports cartographiques sont rendus obligatoire par les directives des organismes décisionnels de l'Etat (Service Régionaux d'Archéologie notamment) (fig.9).

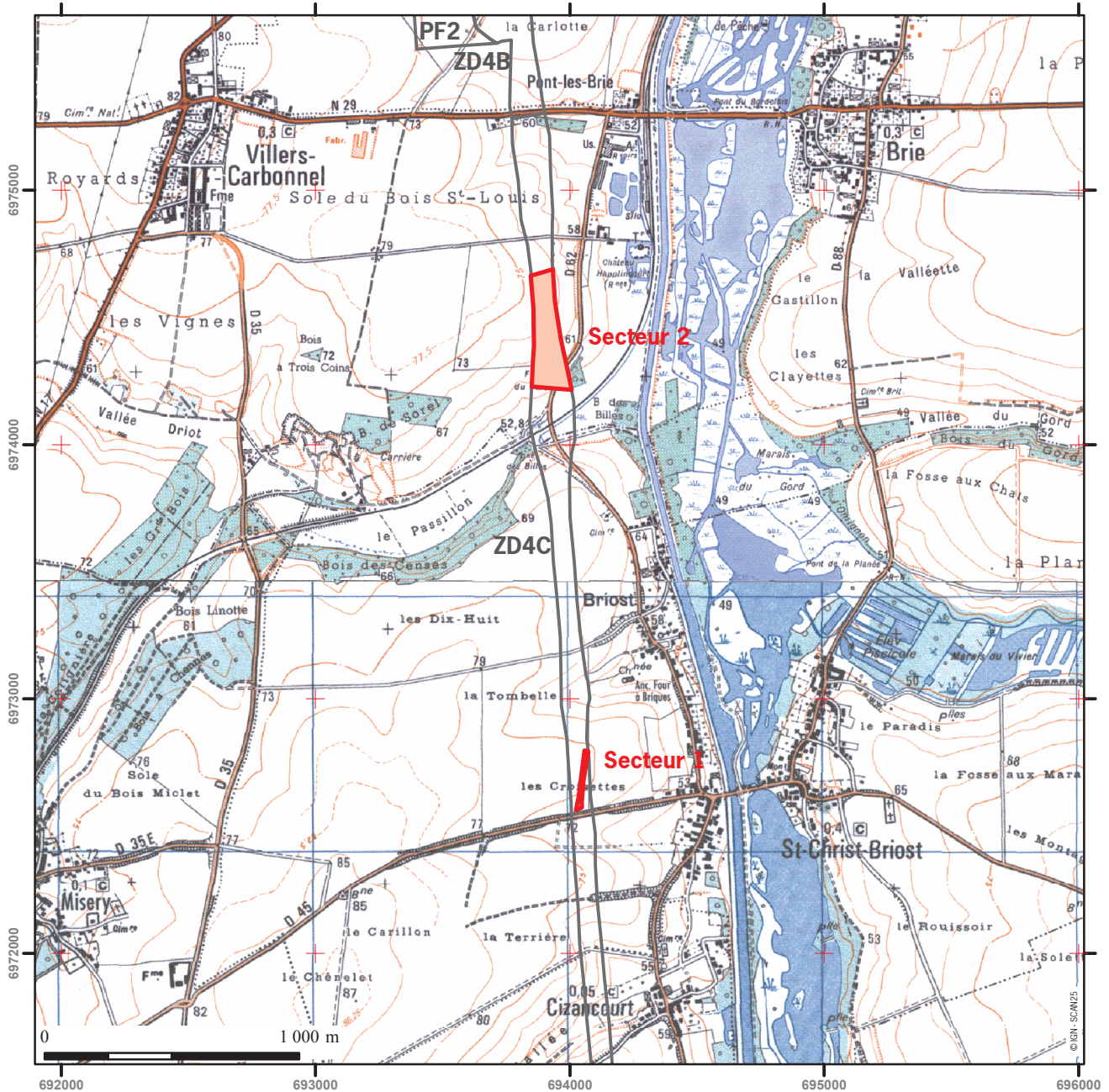
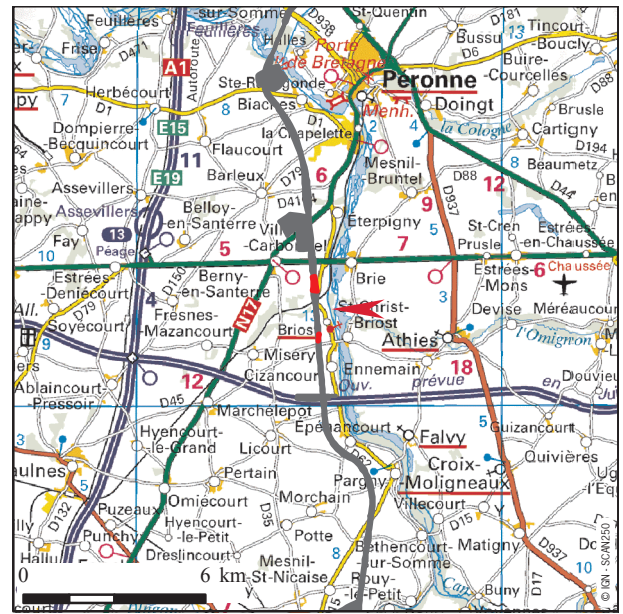
Ces cartes, standardisées, sont produites semi-automatiquement par ArcGIS™. Le partenariat entre l'Inrap et l'Institut Géographique National (IGN) nous permet de disposer des fonds nécessaires à la confection de ces cartes. De la même manière, les fonds cadastraux, mis à disposition par l'aménageur, intégrés et décrits (Commune, Section, Numéro de parcelle) dans le SIG permettent de faire le lien géographique entre nos découvertes et leur propriétaire via le numéro de la parcelle tel que le demande la loi. Le gain de temps de conception de ces cartes par rapport à une production "classique" à partir d'un logiciel de DAO est considérable.



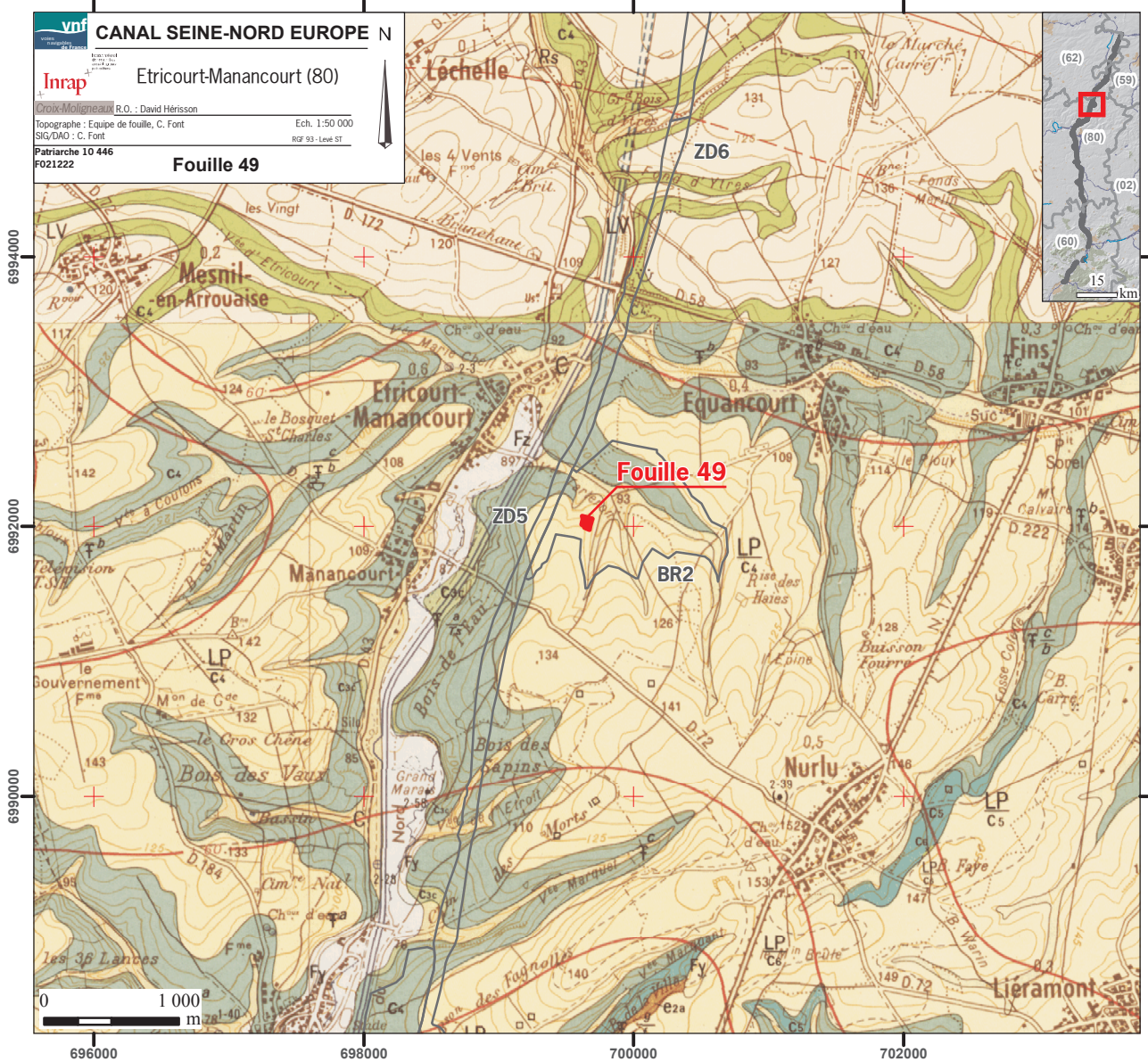
Tracé du canal

Coordonnées moyennes :

	Secteur 1	Secteur 2
X (L93) :	694 044 m	693 911 m
Y (L93) :	6 972 690 m	6 974 392 m
Z (NGF) :	73,5 à 75,5 m	52,5 à 74 m



Carte de localisation sur fond IGN (SCAN25 et SCAN250)



**Feuille de PERONNE XXV-8\***

**CRÉTACÉ**

- C3c** Turonien supérieur - Craie grise
- C4-C5** Coniacien, Santonien - Craie blanche
- C6** Santonien supérieur, Campanien - Craie phosphatée

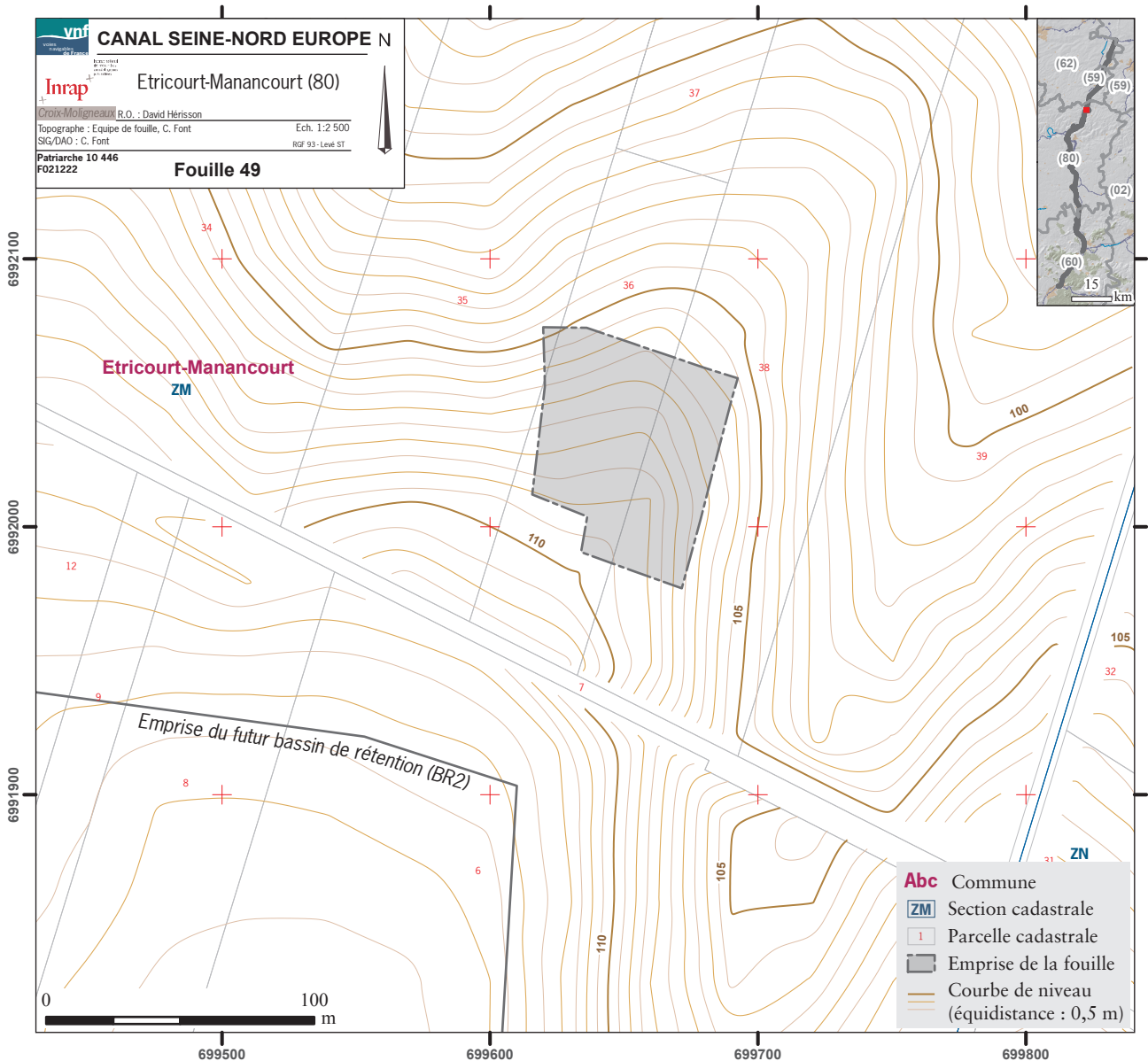
**TERRAINS SUPERFICIELS**

- Fy** Alluvions anciennes - Gravier siliceux et cailloutis
- Fz** Alluvions modernes
- LP** Limons des plateaux
- C** Colluvions des vallées sèches et de bas de pente

\* CELET (P.), MONCIARDINI (Ch.) - 1978 - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Péronne (XXV-8). Orléans : BRGM, 23 p.

Carte de localisation sur fond BRGM (Carte géologique de la France au 1/50000)

▲  
◀ **Fig.9** Exemples de productions de cartes semi-automatiques. In. Bostyn, 2014 ; Hérisson, à paraître  
FONT, Inrap



Carte de localisation sur fond cadastral

**Fig.9 (suite)** Exemples de productions de cartes semi-automatiques. In. Hérisson, à paraître  
FONT, Inrap

### 3.2 Illustrer les opérations de diagnostics archéologiques

Concernant les opérations de diagnostics archéologiques, l'illustration cartographique doit être en mesure de répondre aux exigences décrites plus haut afin de proposer un support argumenté au travail de prescription du SRA.

Le SIG permet d'extraire de l'ensemble du terrain d'investigation des aires spécifiques à l'échelle souhaitée et multiplie ainsi sans difficulté le nombre de supports produits (**fig.10**).

Il est certain que la présence d'un outil adapté (ArcGIS™ dans notre cas) pour produire une cartographie de qualité augmente de manière significative le nombre de cartes présentes dans un rapport de diagnostic ou même de fouille.

Ces cartes permettent d'illustrer efficacement l'argumentaire de l'archéologue. Le thème que le responsable d'opération choisit de montrer sur cette illustration n'est jamais déconnecté de la base de données géographique à l'origine de la carte. Ce point constitue le gain scientifique majeur de l'emploi du SIG en archéologie.

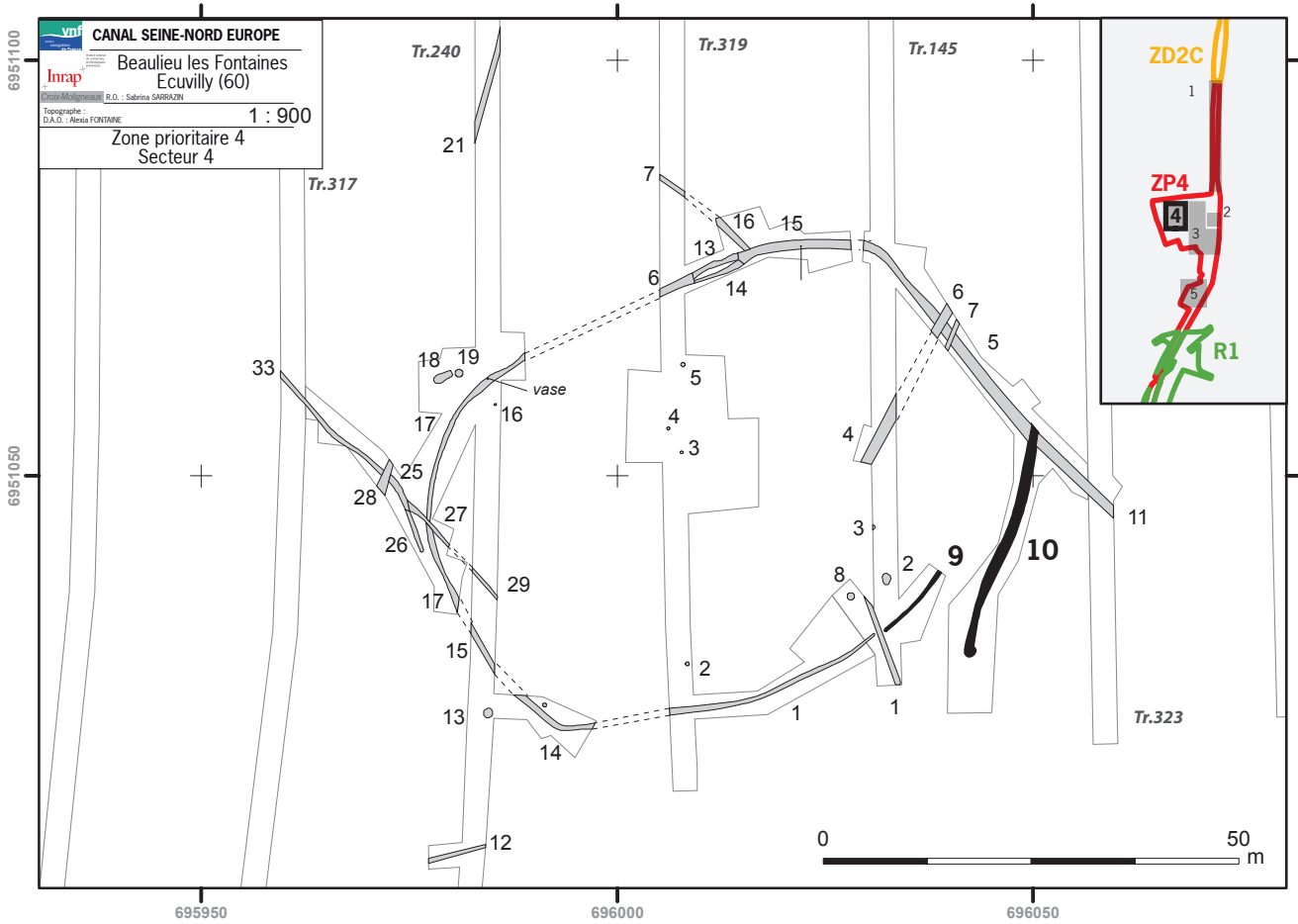


Fig.10 Exemples de productions de cartes thématiques dans le cadre de diagnostics. In. Sarrazin, 2010 FONTAINE, Inrap



### 3.3 Quelques réflexions spécifiques aux opérations de fouilles archéologiques : l'exemple des fouilles paléolithiques

Les fouilles qui concernent les périodes paléolithiques, présentent de nettes différences par rapport aux fouilles historiques. De par leur ancienneté et le mode de vie des Hommes préhistoriques, les vestiges archéologiques sont d'une nature bien spécifique.

Cette particularité a permis de travailler plus spécifiquement sur les méthodes d'acquisition et d'exploitation des résultats des fouilles.

La volonté des archéologues était de pouvoir disposer d'un outil d'interrogation des données au cours des opérations de terrain, ceci, afin de fournir aux archéologues un support cartographique qui répond à leur questionnement scientifique et offre une aide à la décision de premier ordre. Dans un second temps, ce premier travail d'organisation des données devait pouvoir s'intégrer à une réflexion plus large et à des problématiques plus complexes en phase d'étude.

#### 3.3.1 L'acquisition des données

Afin de garantir une qualité, une cohérence et une exhaustivité dans la collecte des données sur le terrain en tenant compte des contraintes évoquées plus haut et des objectifs scientifiques définis par les responsables d'opération, les fouilles d'Havrincourt (62) et d'Etrécourt-Manancourt (80) (Goval, 2013 ; Hérisson, à paraître) ont bénéficié d'une réflexion concertée entre les responsables d'opération, les équipes de fouille et le plateau technique en amont de la phase de terrain afin de définir les processus d'acquisition des données issues de chaque fouille.












Trois objectifs méthodologiques principaux ont été établis :

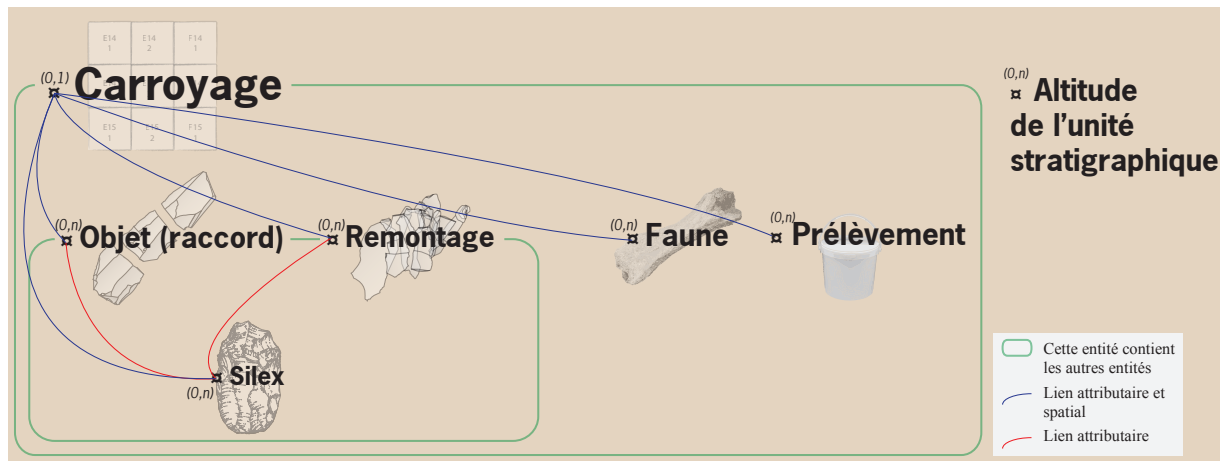
- bénéficier d'un enregistrement exhaustif des entités nécessaires à la compréhension et à l'étude du site, tout au long de la fouille,
- permettre, dès la phase de terrain, une visualisation thématique des données afin d'orienter les choix stratégiques et scientifiques lors de la fouille,
- faciliter la saisie, l'exploitation et le croisement de l'ensemble des données issues des analyses des spécialistes lors de la phase d'étude.

La méthodologie d'acquisition des données devait en outre correspondre et être compatible au schéma de fonctionnement d'une base de données géographiques.

Des pelles mécaniques équipées de godets lisses de deux mètres de large sous le contrôle des préhistoriens ôtent, centimètre par centimètre, les sédiments qui renferment les informations nécessaires à la compréhension du site. La mise au jour de ces informations se fait ainsi en continu et exige par conséquent un enregistrement spatial conjoint. L'enregistrement topographique est assuré par un opérateur présent à tout moment sur le terrain et formé à l'utilisation d'un tachéomètre.

Les entités enregistrées sur le terrain sont de deux natures : les entités correspondant aux vestiges archéologiques mis au jour en cours de fouille (artefacts : silex et faune essentiellement, limites des unités stratigraphiques) et les entités virtuelles créées par les préhistoriens, nécessaires à la conduite et à la compréhension du site (carroyage, localisation des prélèvements à tamiser ou à analyser). Les entités levées se présentent sous deux formes géométriques : le point et le polygone. A ces entités géométriques s'ajoutent, de manière ponctuelle, des prises de vue photographique géoréférencées dans le cas d'amas de débitage ou de découvertes remarquables (fig.11).

	Entité géographique	Forme géométrique	Données attributaires	Objectifs en post-fouille
Artefacts	Silex	Point 	- Coordonnée X (m, L93) - Coordonnée Y (m, L93) - Altitude Z (m, NGF) - Unité stratigraphique (US)	- Visualisation spatiale en trois dimensions des données - Plan thématique sur le terrain par US - Lien attributaire possible avec la base de données de post-fouille (silex)
	Faune	Point 	- Coordonnée X (m, L93) - Coordonnée Y (m, L93) - Altitude Z (m, NGF) - Unité stratigraphique (US)	- Visualisation spatiale en trois dimensions des données - Plan thématique sur le terrain par US - Lien attributaire possible avec la base de données de post-fouille (faune)
	Observation stratigraphique (Cote d'apparition en surface et à la base de l'unité stratigraphique, fente de gel, zone humifère)	Polygone   Point 	- Coordonnée X (m, L93) - Coordonnée Y (m, L93) - Altitude Z (m, NGF) - Nature de l'observation  - Coordonnée X (m, L93) - Coordonnée Y (m, L93) - Altitude Z (m, NGF) - Nature de l'unité stratigraphique - Position (base ou toit)	- Visualisation et représentation  - Modélisation de surface (interpolation)
Entités virtuelles	Seau de prélèvement (10 litres)	Point 	- Coordonnée X (m, L93) - Coordonnée Y (m, L93) - Altitude Z (m, NGF) - Nom du carré et du sous carré de carroyage	- Visualisation spatiale en trois dimensions des données - Vérification de l'homogénéité du volume prélevé en fonction des coordonnées (X, Y, Z) - Lien attributaire possible avec la base de données de post-fouille (silex > esquille) - Lien spatial possible avec le carroyage (volume prélevé par quart de m <sup>2</sup> , nombre d'esquilles par quart de m <sup>2</sup> )
	Prélèvement pour analyse	Point 	- Coordonnée X (m, L93) - Coordonnée Y (m, L93) - Altitude Z (m, NGF) - Nature du prélèvement - Identifiant du prélèvement	- Visualisation spatiale en trois dimensions des données
	Clou de coupe	Point 	- Coordonnée X (m, L93) - Coordonnée Y (m, L93) - Altitude Z (m, NGF) - Identifiant du clou	- Recalage des relevés en post-fouille
	Profil stratigraphique	Polygone 	- Coordonnée X (m, L93) - Coordonnée Y (m, L93) - Altitude Z (m, NGF) - Identifiant du profil	- Localisation des profils de références pour les analyses
	Carroyage	Polygone 	- Coordonnée X (m, L93) - Coordonnée Y (m, L93) - Altitude Z (m, NGF) - Identifiant du sous-carré (quart de m <sup>2</sup> )	- Base pour la représentation des volumes prélevés et du nombre d'esquilles par quart de m <sup>2</sup> en post-fouille - Repère pour le relevé au 1/10 <sup>e</sup>
	Palier	Polygone 	- Coordonnée X (m, L93) - Coordonnée Y (m, L93) - Altitude Z (m, NGF) - Niveau du palier	- Base pour le calcul des volumes déplacés - Visualisation et représentation
	Aire de fouille manuelle	Polygone 	- Coordonnée X (m, L93) - Coordonnée Y (m, L93) - Altitude Z (m, NGF) - Surface (m <sup>2</sup> )	- Visualisation et représentation



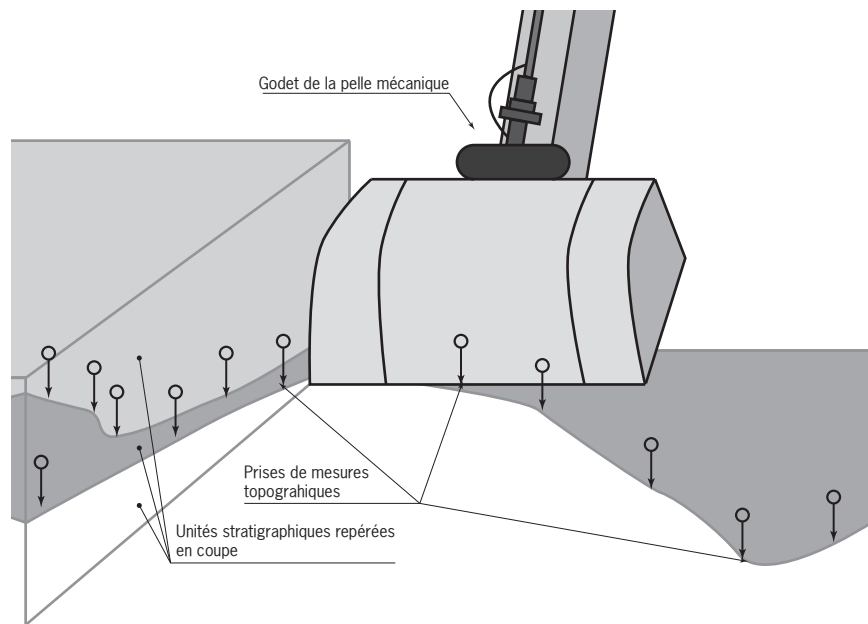
▲  
 ◀ **Fig.11** Description des entités archéologiques et virtuelles dans le cadre des fouilles paléolithiques et des liens existants. In. Goval, 2013 ; Hérisson, à paraître FONT, Inrap

Le logiciel intégré à la station totale permet de saisir un certain nombre de caractères sous forme de commentaires pour chaque prise de mesure. Cette fonctionnalité a été utilisée afin de normaliser la dénomination des entités archéologiques. Chaque artefact bénéficie donc d'un code qui se compose d'un préfixe qui définit sa nature (par exemple le S définit les silex, le F, la faune...), d'un numéro unique (de 1 à n en continu) et d'un suffixe qui définit le contexte stratigraphique dans lequel il a été mis au jour. Par exemple, le silex 132 mis au jour dans le niveau archéologique HU sera codé S132HU. Afin de garantir l'unicité de chaque artefact et de corriger d'éventuelles erreurs de saisie, ce code est doublé d'un matricule topographique incrémenté automatiquement par la station totale de 1 à n pendant toute la phase de terrain. Ce numéro permet d'une part d'identifier l'objet mais il permet également d'obtenir facilement des plans thématiques tout au long de la fouille à partir de ces premiers éléments attributaires. A ce titre, les carnets de terrain remplis par l'opérateur topographique sont transmis quotidiennement au plateau technique qui effectue le post-traitement et l'intégration dans un premier SIG sous ArcGIS™ dans le même temps. Ce travail permet d'éditer les plans thématiques demandés par le responsable d'opération. L'utilisation des fonctionnalités d'export d'ArcGIS™ dans un format pdf qui conserve les données attributaires des objets permet aux préhistoriens d'interroger plus facilement leurs plans directement sur le terrain.

De par la rareté des vestiges mis au jour, il était également essentiel de pouvoir visualiser les processus de formation du relief dans des contextes où celui-ci a, de manière certaine, influé sur le sort des objets laissés par nos ancêtres. Il a donc été nécessaire de mettre en place une méthodologie d'acquisition pour les unités stratigraphiques qui composent nos sols et enferment les vestiges.

Les engins mécaniques qui creusent les sédiments adoptent une méthodologie systématique par couches successives horizontales. Les archéologues doivent donc être en mesure de reconnaître et d'identifier des unités stratigraphiques qui suivent la pente du versant alors qu'elles sont traversées horizontalement au cours de la fouille (fig.12). Cette identification est essentielle pour replacer les vestiges d'occupations humaines mis au jour dans leur contexte environnemental et chronologique.

**Fig.12** Principe d'acquisition des mesures topographiques liées aux unités stratigraphiques en contexte de fouilles paléolithiques. *In*. Hérisson, à paraître FONT, Inrap



Au fur et à mesure que la pelle mécanique entame les sédiments, les prises de mesures topographiques sont effectuées sur les coupes ainsi créées à intervalles réguliers et selon les microreliefs au toit et à la base de l'unité stratigraphique identifiée. Ces prises de mesure en coupe sont complétées par des mesures en plan si la limite de l'unité stratigraphique est visible.

Aidée de spécialistes (géomorphologues, géologues, pédologues), l'équipe de fouille a pu identifier des ensembles sédimentaires cohérents au fur et à mesure du décapage. Une succession de prises de mesures topographiques en trois dimensions a été mise en oeuvre en surface sur le substrat mis à nu selon un maillage irrégulier mais néanmoins homogène. Par ailleurs, pour chaque unité stratigraphique identifiée, la prise de mesure s'effectue en coupe sur les parois dégagées par les pelles mécaniques au fur et à mesure du décapage. Ce maillage a été adapté en fonction des microreliefs observés (ruptures de pentes, dépressions, proéminence...) et les limites stratigraphiques parfois présentes dans l'emprise de fouilles ont également été topographiées.

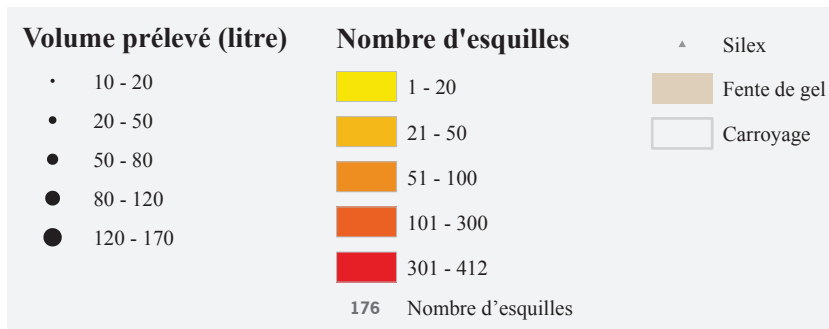
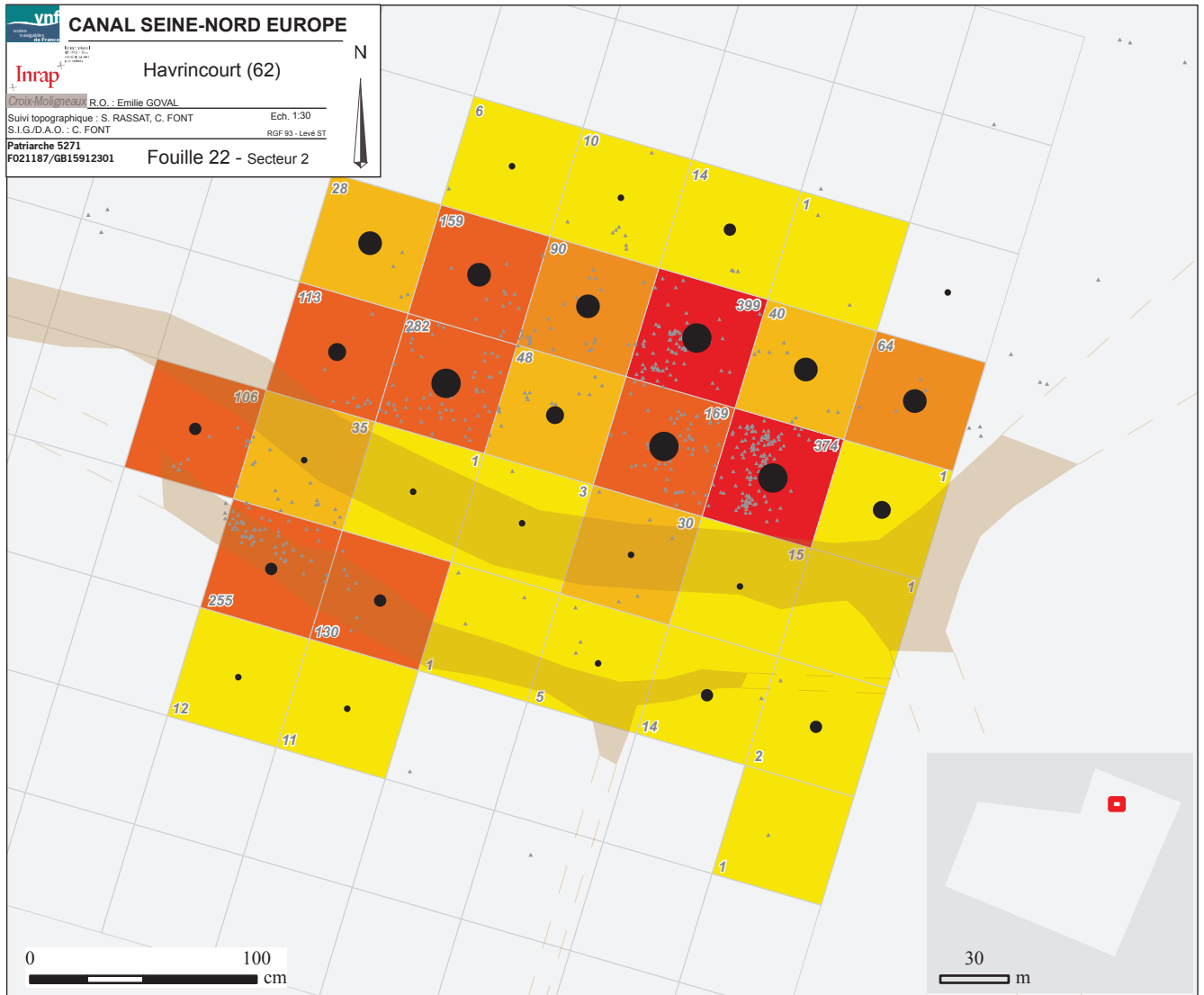
C'est ainsi qu'une quinzaine d'unités stratigraphiques identifiées du sommet de la fouille au substrat, et comportant pour certaines un niveau archéologique, ont bénéficié de cet enregistrement topographique.

### 3.3.2 Quelques exemples d'exploitation des données issues du terrain

En phase d'étude, le logiciel utilisé, ArcGIS™, autorise un grand nombre d'exploitations spatiales des données, notamment ponctuelles.

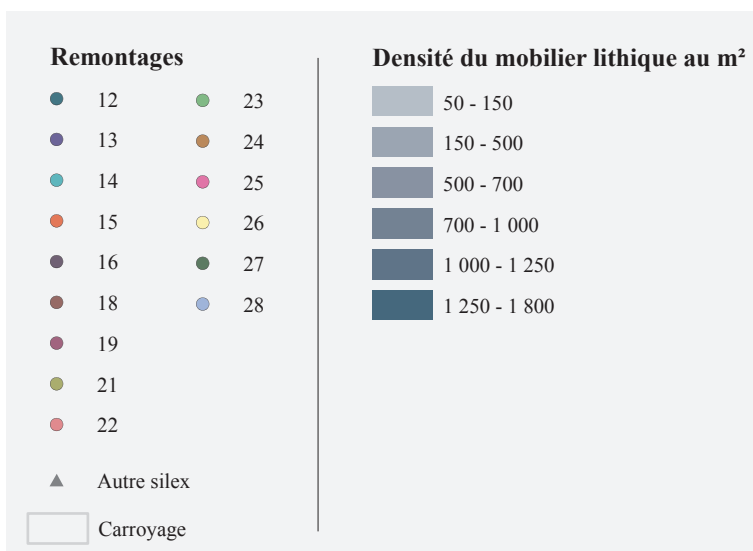
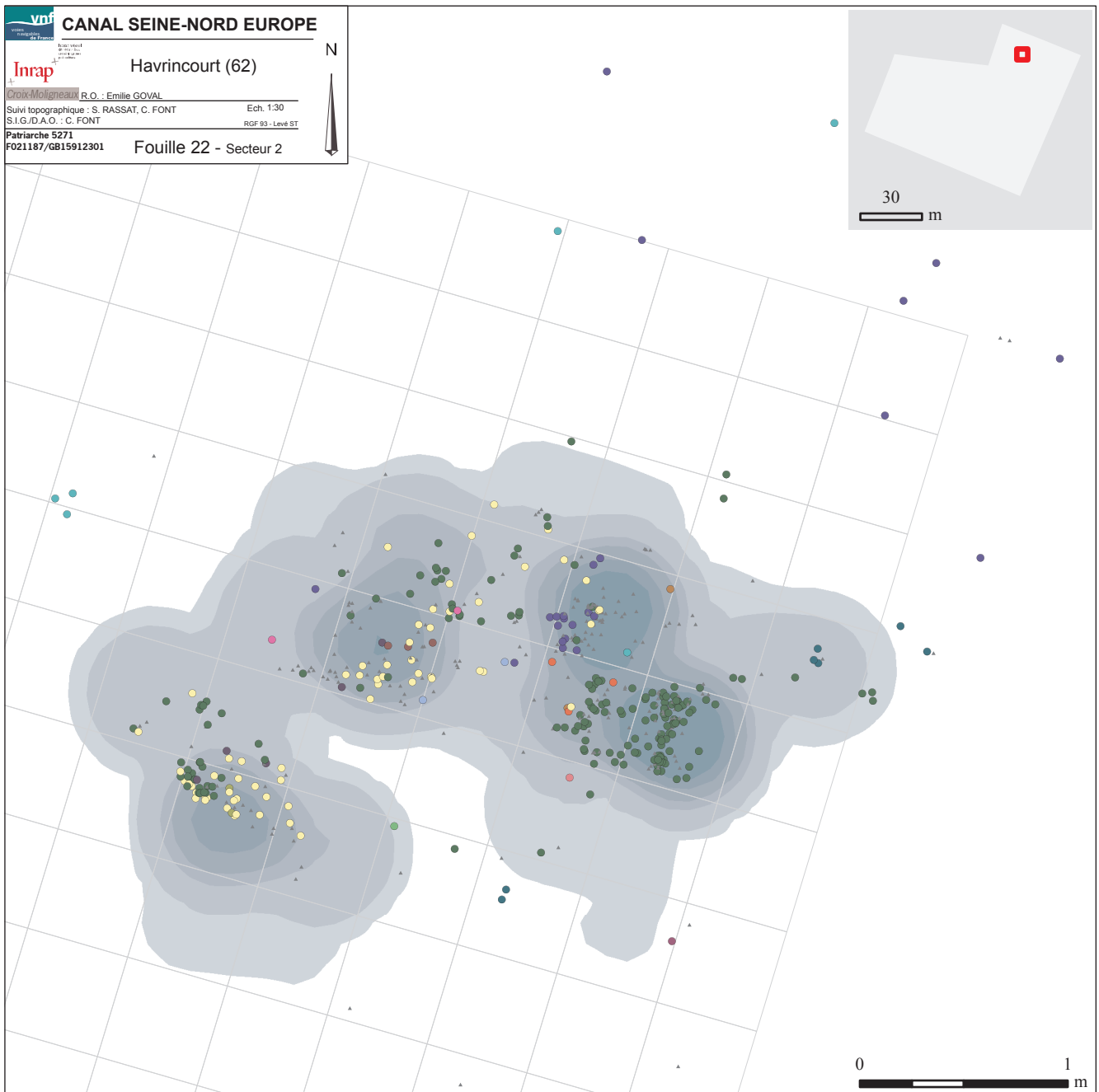
La répartition spatiale des objets lithiques et des restes animaux, est un point crucial de l'étude archéologique d'un site paléolithique.

Outre les représentations thématiques très utiles, nous avons ainsi pu exploiter un certain nombre d'outils mis à disposition par le logiciel : jointures spatiales et calculs de densité par noyau par exemple (**fig.13**).



Havrincourt, secteur 2 – N2, locus 1 : Plan de densité par quart de mètre carré du nombre d'esquilles (fouille manuelle et tri de refus de tamis) en fonction du volume de sédiments prélevés et tamisés

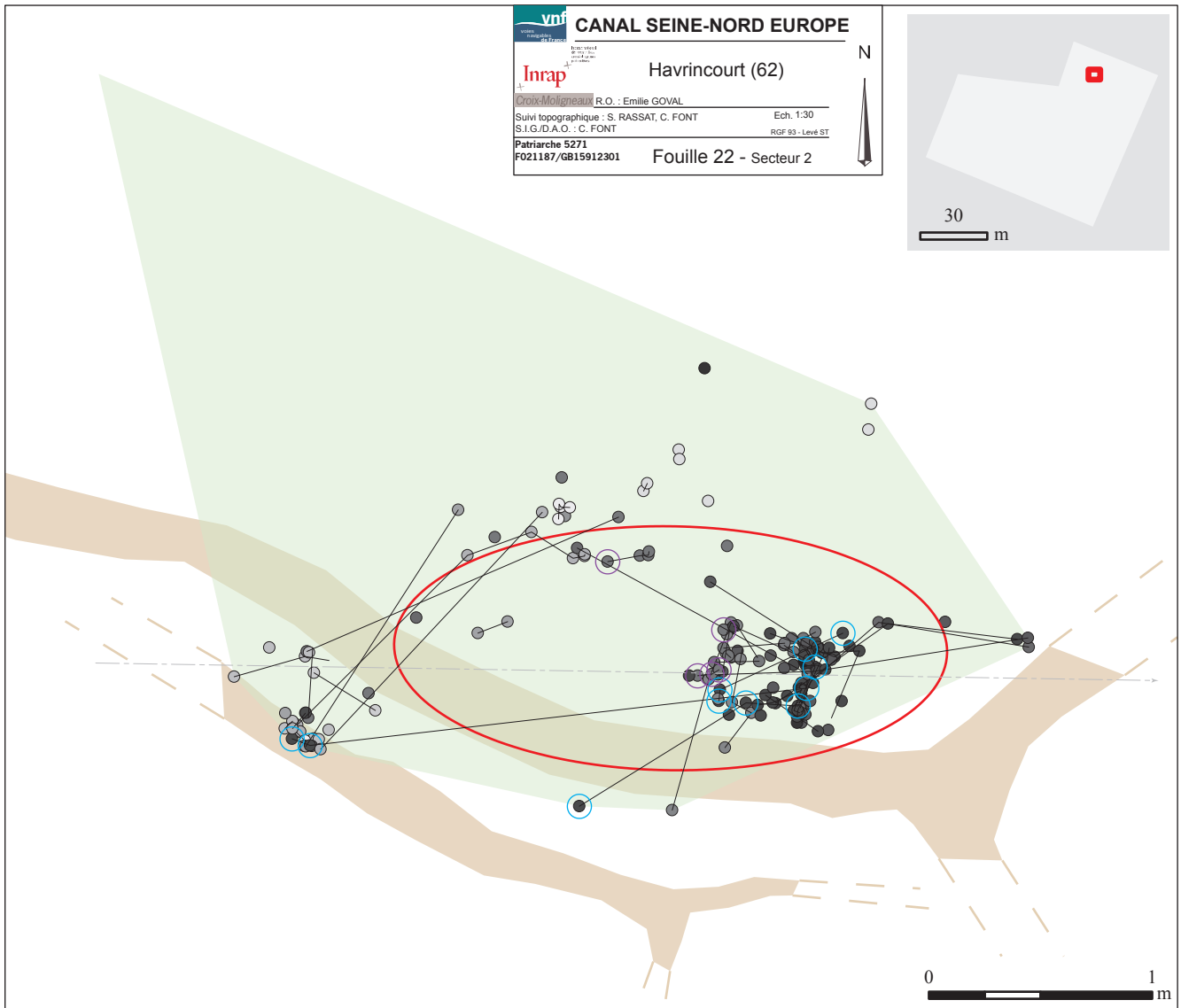
**Fig.13** Exemples de productions cartographiques en contexte de fouilles paléolithiques. In. Goval 2013 - Havrincourt, secteur 2 - N2, locus 1 : Plan de densité par quart de mètre carré du nombre d'esquilles en fonction du volume de sédiments prélevés et tamisés  
 FONT, Inrap



**Fig.13 (suite)** Exemples de productions cartographiques en contexte de fouilles paléolithiques. In. Goval 2013 - Havrincourt, secteur 2 - N2, locus 1 : Plan d'isodensité de l'ensemble des artefacts lithiques et mise en évidence des remontages réalisés  
FONT, Inrap

De manière plus spécifique, les archéologues se sont penchés sur l'étude d'amas de débitage de silex qui sont les vestiges directs du travail des Hommes préhistoriques pour la confection d'outils en silex. Leur distribution peut-être à la fois le résultat du travail du tailleur, mais aussi le résultat de processus post-dépositionnels naturels (déplacements dus aux animaux, colluvionnement, mouvements du sédiment, fentes de gel...). Leur étude est donc essentielle pour la compréhension et l'analyse des découvertes. A ce titre, l'outil de dessin d'ellipses de déviation standard développé dans le logiciel ArcGIS nous a permis de proposer une forme simplifiée, véritable support de comparaison entre les amas de débitage (fig.14).

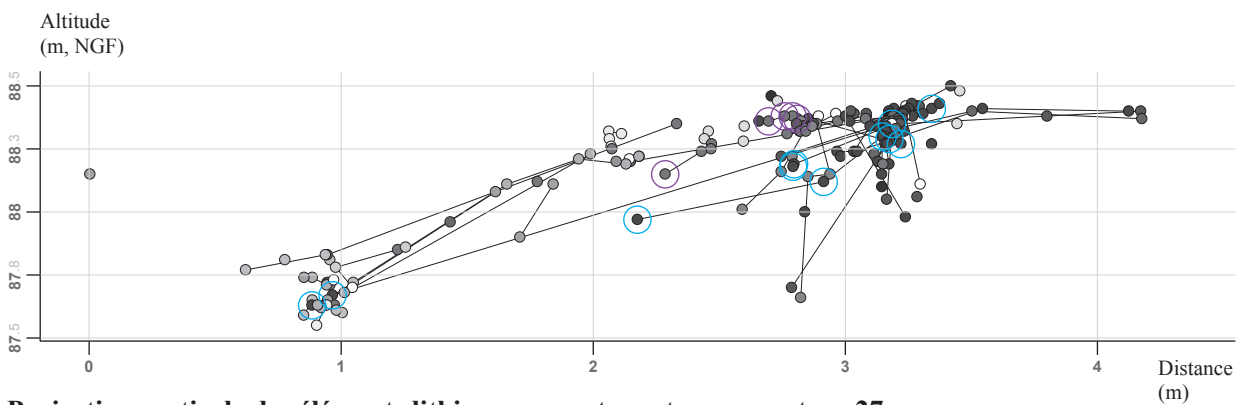
Enfin, les fonctions d'interpolation et notamment le krigeage, nous ont permis de proposer des restitutions en trois dimensions des sédiments qui enferment les vestiges de l'occupation humaine. Cette restitution a été menée sur le versant de la vallée d'Etricourt-Manancourt (Hérisson, à paraître) et révèle l'évolution géométrique de ce versant sur environ 300 000 ans (fig.15).



**Remontage 27 (215 silex)**

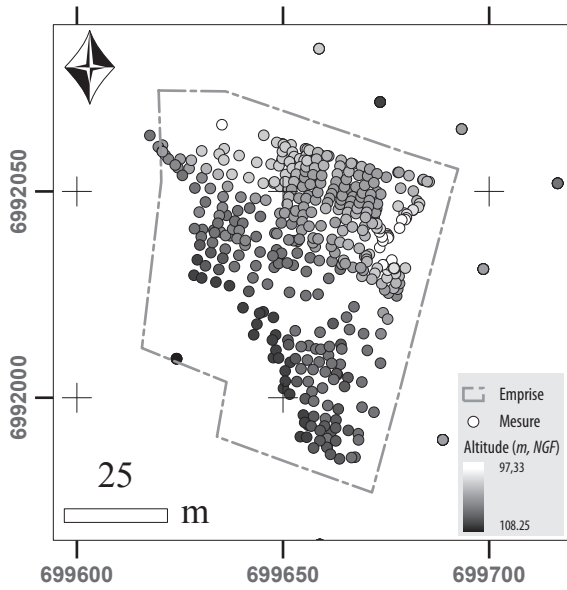
<b>Ordre (nombre)</b>	○ 1 (8)	● 6 (6)	● 11 (21)
	○ 2 (7)	● 7 (3)	● 12 (65)
	○ 3 (4)	● 8 (11)	● 13 (4)
	○ 4 (11)	● 9 (42)	● 14 (1)
	○ 5 (13)	● 10 (8)	
	○ (Lame)	○ (Lamelles)	

- Raccord
- Axe de projection
- Surface du remontage (7,67 m<sup>2</sup>)
- Ellipse de déviation standard  
Ecart-type :  
Petit axe : 0,55 m  
Grand axe : 1,24 m  
Axe : 90,88 °
- Fente de gel

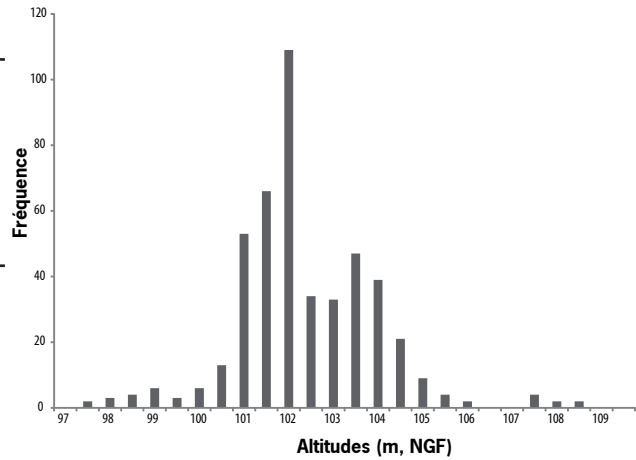


**Projection verticale des éléments lithiques appartenant au remontage 27**

**Fig.14** Exemple de support cartographique produit pour illustrer la répartition spatiale d'un amas de débitage de silex sur la fouille d'Havrincourt (62), menée par Emilie Goyal - In. Goyal 2013 - Havrincourt, secteur 2 - N2 : Répartition spatiale des artefacts composant le remontage 27 par séquence de débitage FONT, Inrap

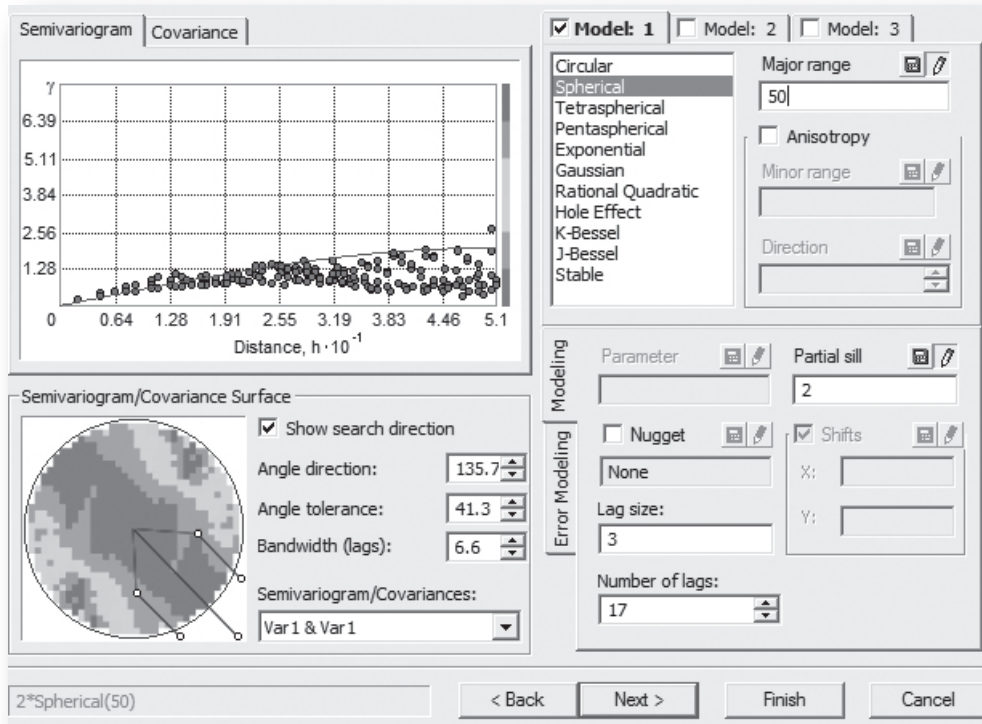


Effectif : 408	1 <sup>er</sup> quartile : 101.25
Min : 97.329	Médiane : 101.8
Max : 106.92	3 <sup>e</sup> quartile : 103.07
Moyenne : 102	
Dev. Std. : 1.3747	

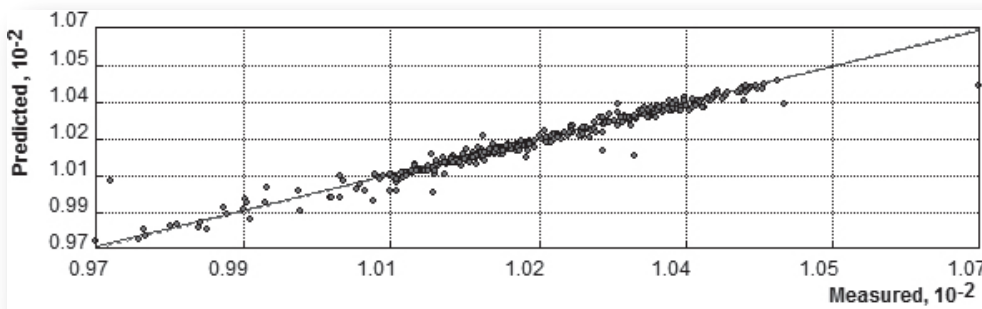


a. Echantillonnage

b. Fréquence de distribution

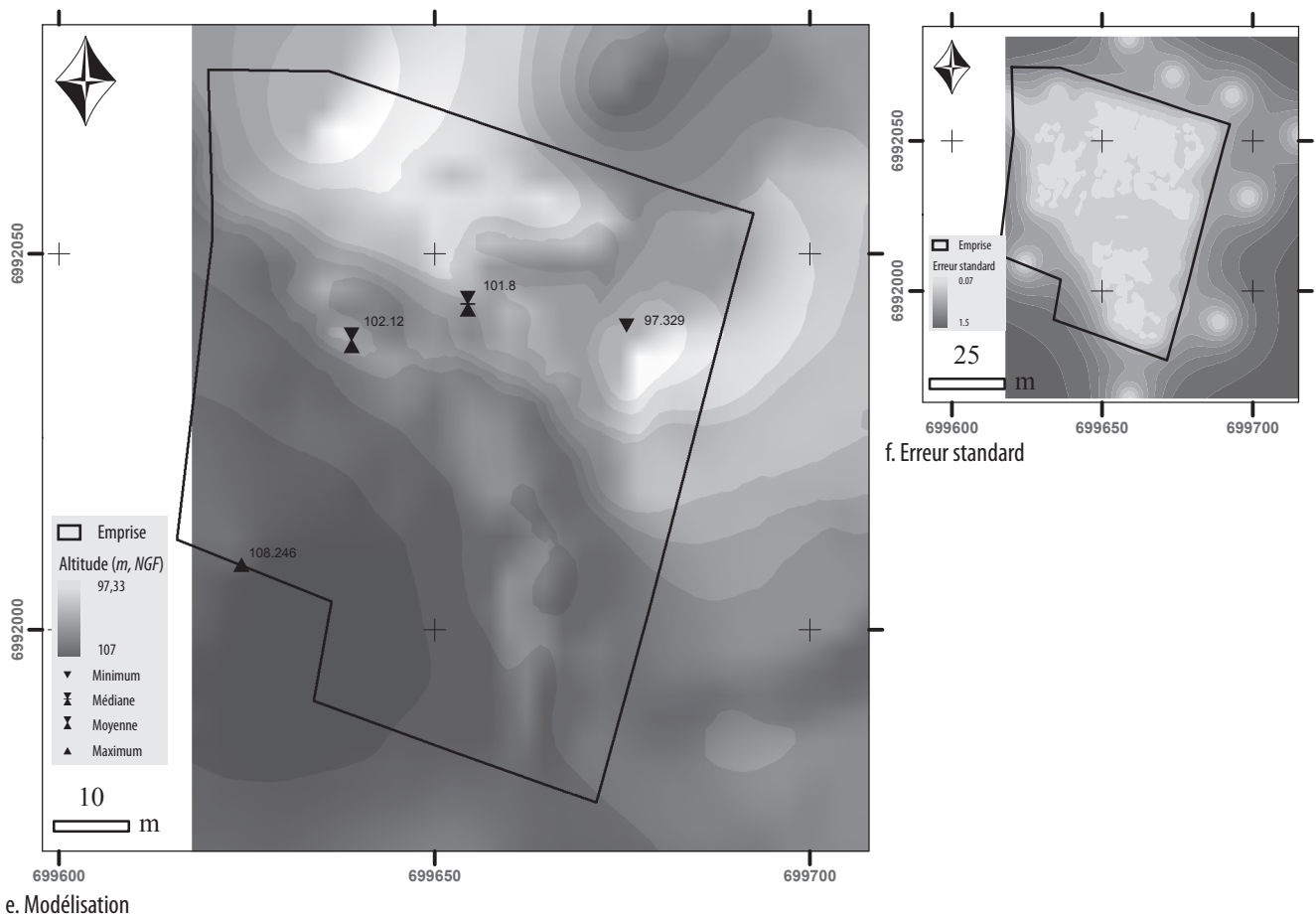


c. Semi-variogramme

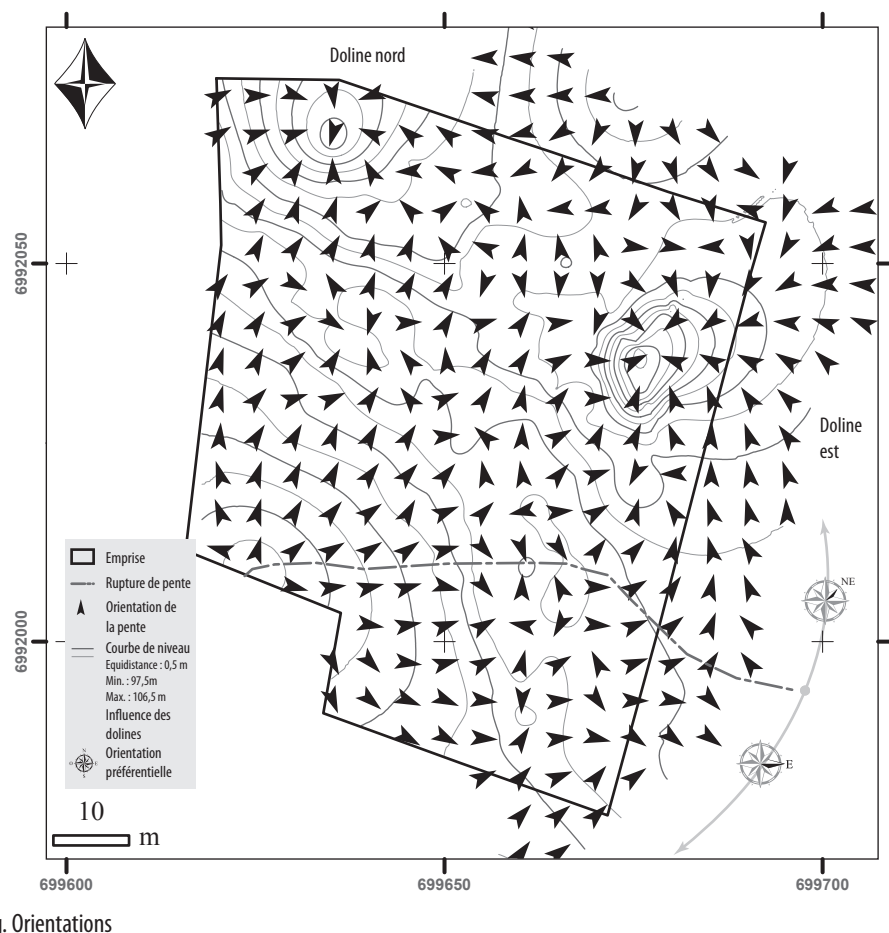


d. Validation croisée

**Fig.15** Exemple de modélisation de la surface du substrat (craie) par interpolation sur la fouille d'Etricourt-Manancourt (80) menée par David Hérisson. *In*. Hérisson à paraître  
FONT, Inrap



f. Erreur standard



**Fig.15 (suite)** Exemple de modélisation de la surface du substrat (craie) par interpolation sur la fouille d'Etricourt-Manancourt (80) menée par David Hérisson. In. Hérisson à paraître FONT, Inrap

### 3.4 Une étude à l'échelle du tracé du futur canal Seine-Nord Europe : les vestiges de la première Guerre mondiale

En plus des problématiques scientifiques habituelles, le projet d'aménagement du canal Seine-Nord Europe revêt une spécificité archéologique particulière. En effet, le tracé du projet traverse une importante densité de vestiges liés au conflit de la Première Guerre mondiale (**fig.16**) (Prilaux, 2014). Ces indices n'ont pas été fouillés, à cause du risque pyrotechnique qu'ils représentent, mais simplement topographiés en surface ; leur représentation spatiale est donc le seul élément étudiable, et ils ont tout naturellement intégré un volet du SIG à l'échelle du projet.

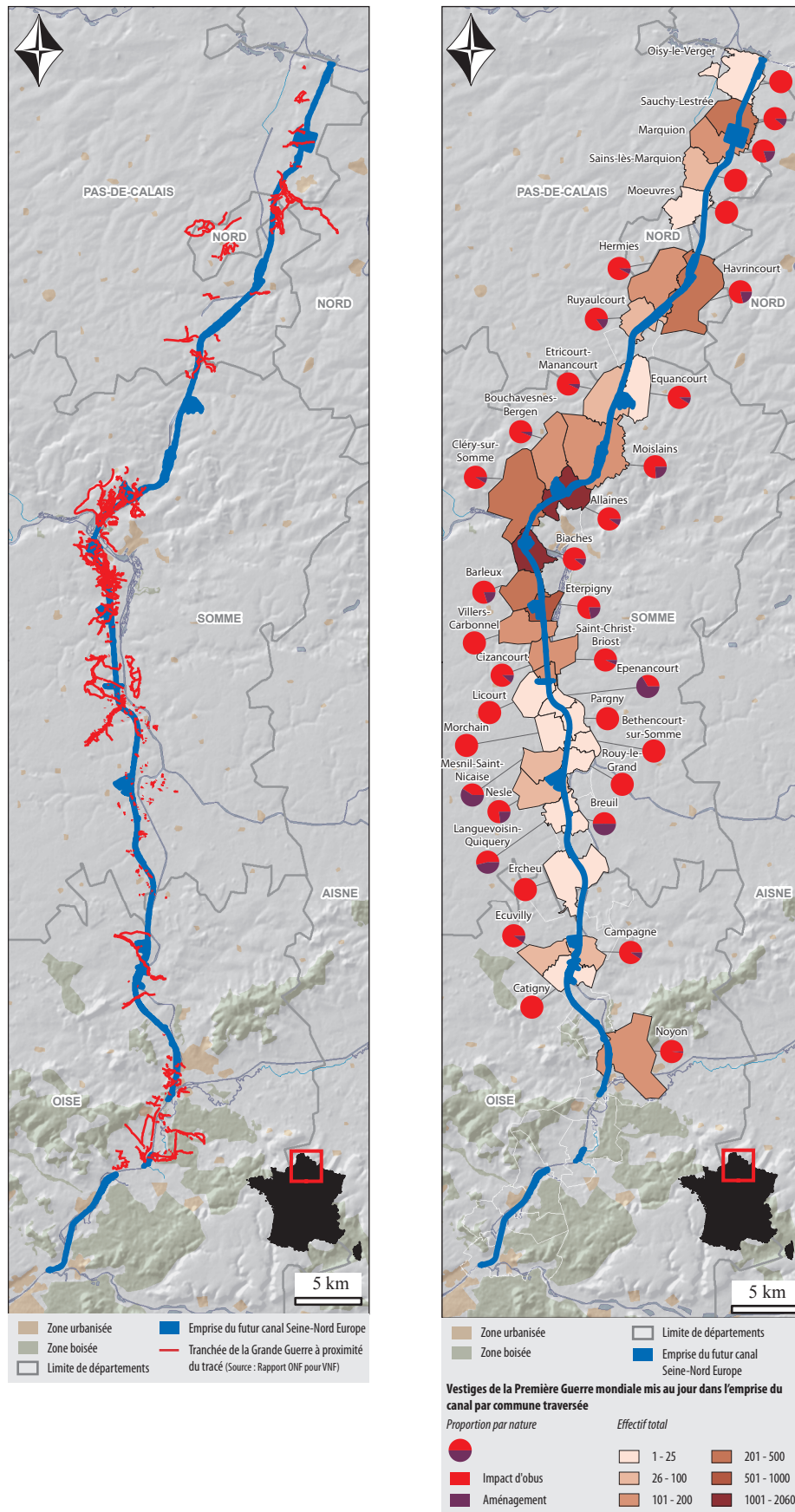
#### 3.4.1 Anticiper les risques

Le travail de l'archéologue ne se limite pas à la seule exploration du terrain. Un travail de recherche documentaire est primordial pour appréhender une problématique sous tous les angles. Dans le cas des vestiges de la Grande Guerre, les sources documentaires sont très nombreuses.

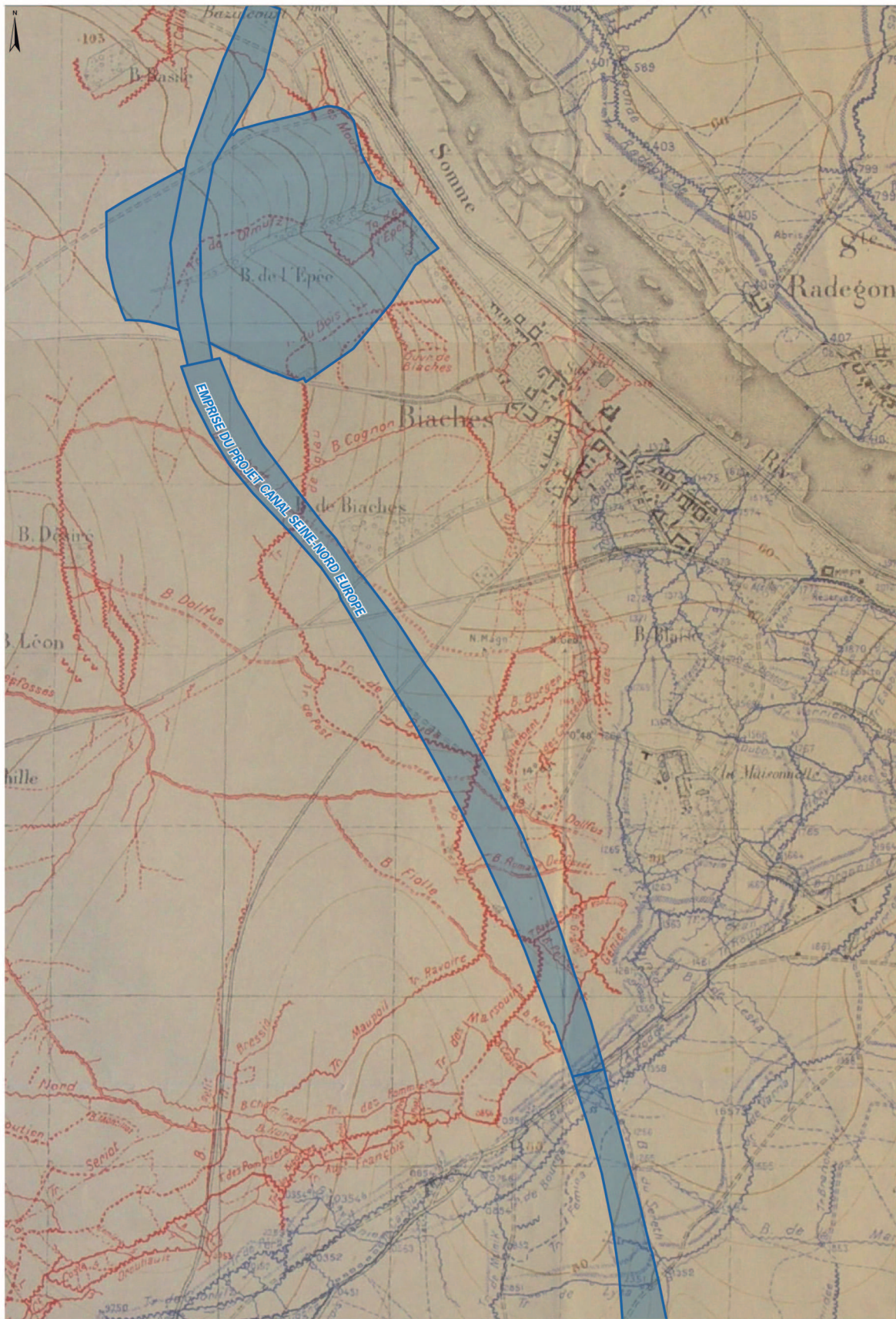
Parmi celles-ci, les sources cartographiques établies lors des conflits constituent un support de renseignement capital. Les cartes d'états-majors établies par les différents camps (Prussiens, Britanniques, Français...) illustrent avec précision les positions défensives des camps en présence et notamment les tranchées, lignes de barbelés et voies de chemin de fer. Ces informations sont reportées sur un support cartographique préexistant très proche des cartes topographiques actuelles ce qui permet de se repérer facilement. Les logiciels de cartographie permettent d'intégrer ce genre de source cartographique dans un environnement spatial commun à l'ensemble des informations disponibles. Il est ainsi possible de déterminer l'endroit précis où le tracé du futur canal croisera les zones de conflits illustrées sur ces cartes (**fig.17**).

Alors que l'aviation en était à ces balbutiements, des campagnes de reconnaissances aériennes ont été entreprises durant les conflits de la Grande Guerre. Les pilotes, équipés d'appareils photographiques ont pu capturer, vues du ciel, les positions ennemies. Dans un premier temps, photographiée depuis l'habitacle des avions, le mode de prises de vue s'est peu à peu amélioré. Les clichés, plus exploitables, sont des vues zénithales du champ de bataille. De la même manière, tant qu'il existe sur ces cartes des repères toujours présents aujourd'hui dans le paysage (chemin, route, village...) il est possible d'intégrer ces photographies dans le SIG et de les croiser avec d'autres données (**fig.18**).

Le tracé du futur canal Seine-Nord Europe, traverse à de nombreuses reprises les zones les plus denses des conflits de la Première Guerre. Ces deux sources d'informations cartographiques nous permettent d'estimer la présence, la densité et donc la dangerosité des emprises des explorations archéologiques. Plusieurs opérations archéologiques ont ainsi été suspendues voir annulées afin de garantir la sécurité des équipes archéologiques.



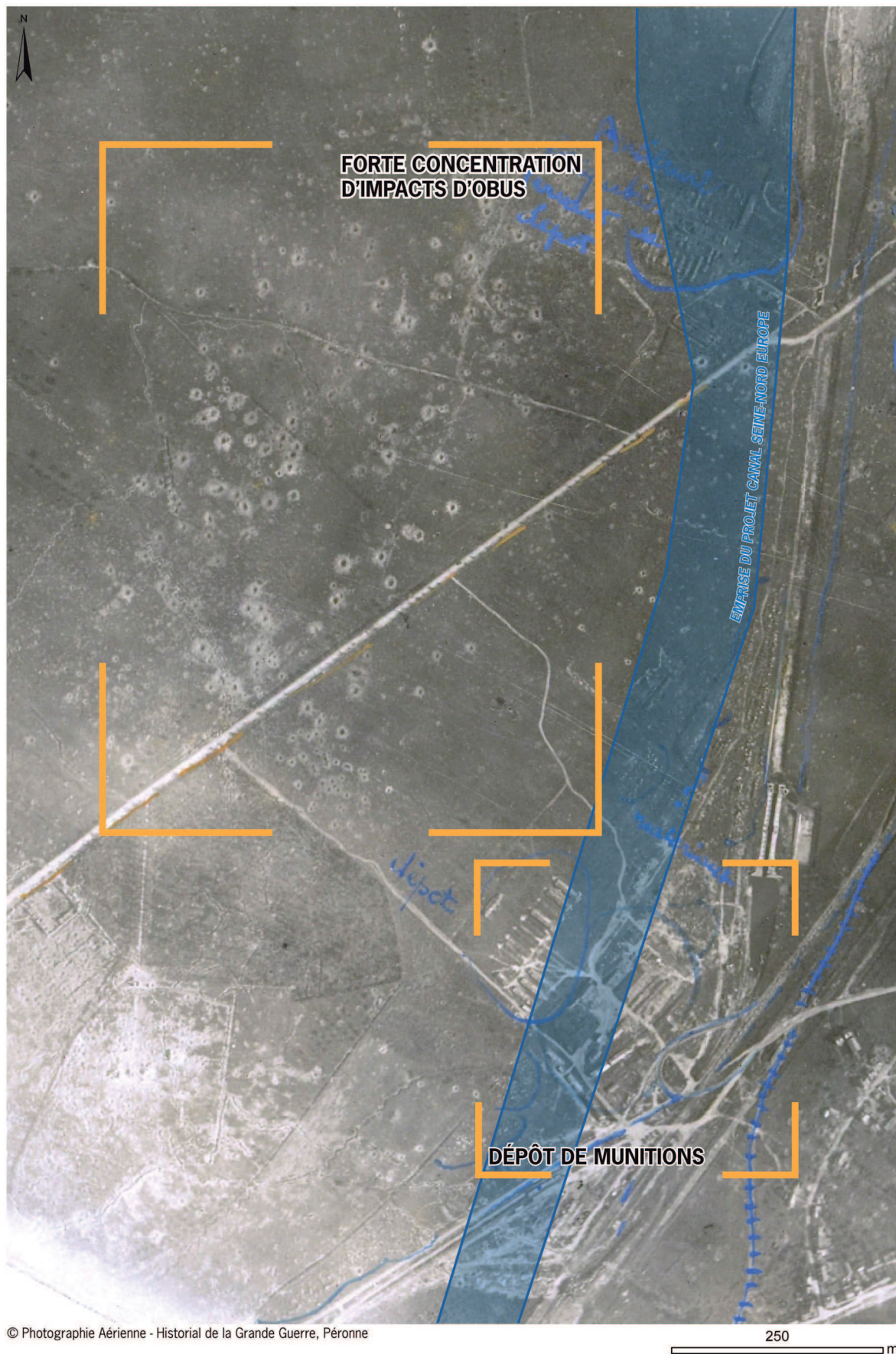
**Fig.16** Localisation des principales tranchées (en rouge) traversées par le tracé du futur canal Seine-Nord Europe (en bleu) et carte de répartition des vestiges de la Grande Guerre par nature et par commune découverts lors des diagnostics du futur canal  
 FONT, Inrap



© Carte d'Etat-Major de 1916 - Historial de la Grande Guerre, Péronne

250  
m

**Fig.17** Exemple de carte produite à partir des cartes d'Etat-Major établies lors du conflit de 1914-1918  
FONT, Inrap



**Fig.18** Autre exemple d'application des études préalables aux interventions archéologiques avec, ici, le repositionnement du tracé du canal sur une orthophotographie aérienne prise pendant le conflit et révélant les restes d'un important dépôt de munitions allié aux portes de la ville de Noyon (Oise). Ce travail en amont, entrepris avec les historiens du patrimoine de la Grande Guerre, a permis aux archéologues de n'engager aucune fouille dans ce secteur pour des raisons évidentes de sécurité.

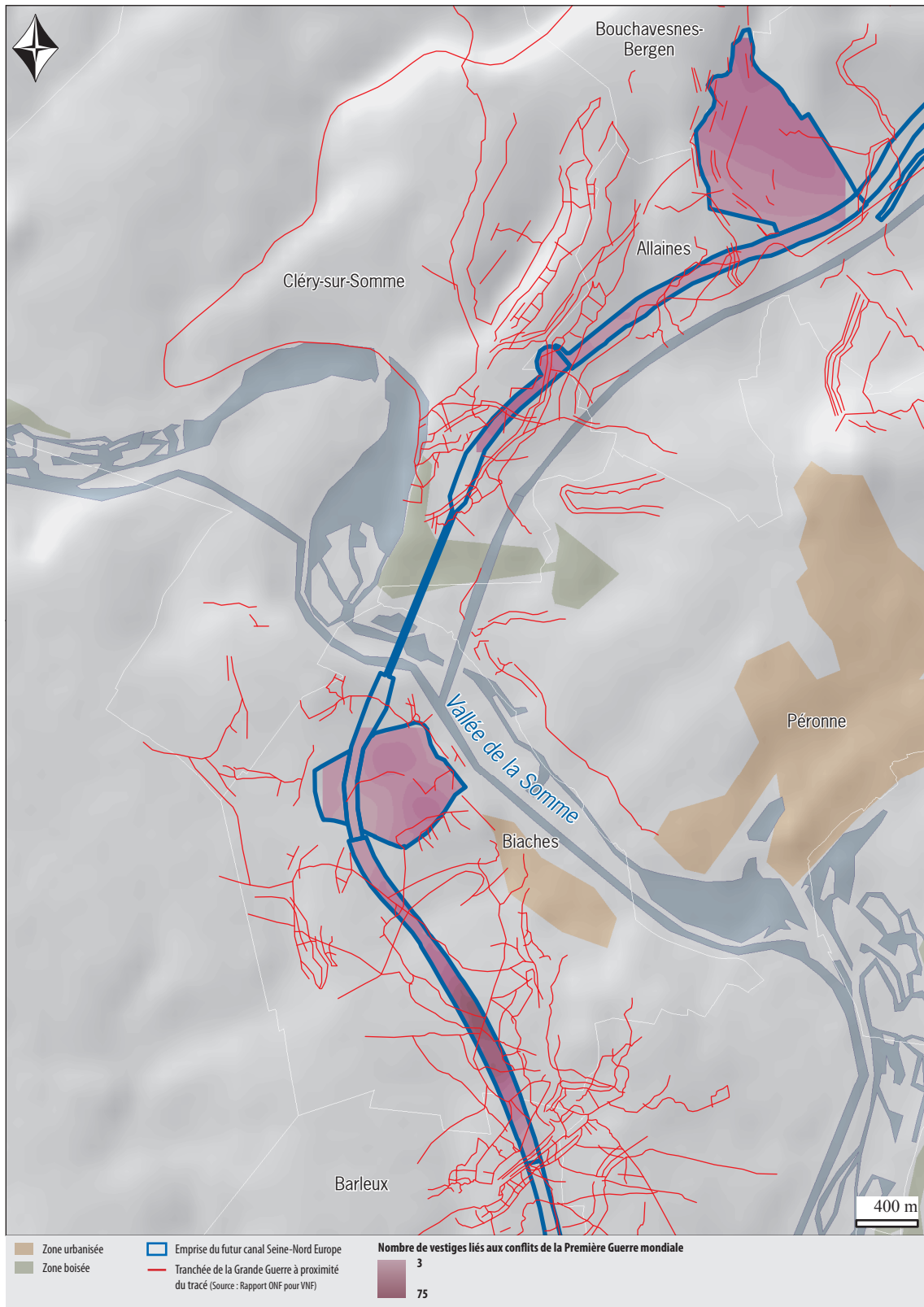
### 3.4.2 Documenter les zones de conflits

Fortement sensibilisées, les équipes de recherches ont souhaité prendre en compte ces vestiges en les cartographiant. En plus des vestiges anciens, les stigmates de la guerre sont ainsi topographiés ce qui permet non seulement d'appréhender leur effectif mais également leur impact plus ou moins important sur la trame archéologique plus ancienne. Ces indices du conflit sont de trois natures : les impacts d'obus, les aménagements anthropiques défensifs (tranchées, casemates, barbelés, lignes de chemin de fer...) et offensifs (sapes par exemple) enfin, plus rarement des corps de soldats inhumés ou non (**fig.16**). Ce sont ainsi plus de 7000 vestiges liés à la Grande Guerre qui ont été mis au jour lors des diagnostics et des fouilles entrepris dans le cadre de l'aménagement du futur canal Seine-Nord Europe.

Dans certains secteurs traversés par les archéologues, la densité de vestiges liés à la Première Guerre mondiale est tellement importante que les vestiges plus anciens sont inaccessibles pour des questions de sécurité. Cependant, on ne peut exclure l'étude des stigmates de la Grande Guerre, et la cartographie systématique constitue une matière première indéniable pour enrichir et documenter nos connaissances sur les zones de conflits.

### 3.4.3 Analyser et exploiter les données

Le logiciel de cartographie ne constitue pas seulement un environnement de visualisation mais permet également d'analyser et d'exploiter toutes données spatiales qui l'alimentent. De nombreuses analyses sont possibles et dans le cas des impacts d'obus, une étude statistique peut-être intéressante. Grâce au SIG, il est possible d'estimer le nombre d'impacts d'obus sur une surface donnée (l'emprise de diagnostic par exemple) alors qu'une fraction du terrain n'a réellement été explorée par les archéologues (**fig.19**). En croisant les données issues des diagnostics et des fouilles entrepris dans le cadre du canal Seine-Nord Europe avec d'autres explorations archéologiques adjacentes, il sera possible à terme, d'élargir géographiquement ces estimations.



**Fig.19** Sur une zone de combat particulièrement dense autour de la vallée de la Somme, il est possible d'évaluer la quantité des vestiges de la Grande Guerre dans l'emprise du futur canal Seine-Nord Europe. Le calcul s'appuie sur les seules données de diagnostic qui ne représente qu'environ dix pourcents de la surface totale de l'emprise. Le tracé du canal qui enjambe la vallée de la Somme n'a pas été exploré par les archéologues  
 FONT, Inrap

## Conclusion

Les logiciels de SIG permettent une exploitation des données archéologiques, préhistoriques, historiques et documentaires à tous les stades de la réflexion des chercheurs : en amont, afin de préparer l'opération, en cours de réalisation du projet et en aval pour l'étude scientifique.

Sur le canal, les données ainsi archivées concernent toutes les périodes du paléolithique aux vestiges de la Grande Guerre et constituent une base documentaire très importante qui pourra être comparée, enrichie et complétée par les archéologues selon leur problématique scientifique. Les processus mis en place par le pôle technique ont permis d'optimiser l'intégration des données archéologiques dans le SIG, de valoriser les compétences de chaque acteur du projet et d'assurer une véritable collaboration entre les archéologues et le plateau technique. Celui-ci répond aux demandes techniques de l'archéologue pour lui permettre une exploitation de ses données en accord avec sa problématique scientifique. Ce système permet de garantir la cohérence et l'intégrité des données, de fournir la documentation cartographique à la demande et de documenter la recherche archéologique globale.

Au final, ce mode opératoire a permis une optimisation de la production des rapports d'opération par le gain de temps et de qualité des supports, notamment graphiques. Il a également généré un jeu de données cohérentes sur la centaine d'opérations du projet et généré un archivage systématique de toutes ces données, qui fournira un outil « clé-en-main » facilement exploitable par les futures générations d'archéologues. Ce résultat place le process SIG au cœur de la vocation archéologique, dans sa logique de pérennisation de l'information.

## Remerciements

Nous tenons à remercier Marc Talon, Inrap (directeur du projet du canal Seine-Nord Europe) et Gilles Prilaux, Inrap (Adjoint Scientifique et Technique du canal Seine-Nord Europe) pour leur volonté de mettre en place des méthodologies nouvelles et la confiance et le soutien qu'ils nous ont manifesté tout au long de nos réflexions méthodologiques.

De la même manière, nous souhaitons remercier la Direction Scientifiques et Techniques de l'Inrap qui nous ont laissé toute latitude pour mener nos expérimentations et nous ont mis à disposition le logiciel ArcGIS de la société ESRI, pierre fondatrice et inébranlable de l'ensemble de notre travail.

Nos remerciements vont également à l'ensemble des archéologues, responsables d'opérations du centre archéologique Inrap de Croix-Moligneaux dédié au canal Seine-Nord Europe qui ont contribué au premier titre au succès de cette expérimentation.

Bien entendu, l'investissement de chacun des opérateurs du plateau technique a été crucial dans ce projet et nous tenons à les remercier pour leur professionnalisme.

Enfin, et à titre personnel, je tiens à remercier chaleureusement et avec un profond respect les paléolithiciens Emilie Goval, David Hérisson, Jean-Luc Locht et la géomorphologue Sylvie Coutard (Inrap) pour l'ensemble des réflexions scientifiques toujours pertinentes et fascinantes auxquelles j'ai pu participer, leur élan scientifique tourné vers le partage des connaissances et leurs encouragements de premier ordre, véritable moteur à ma propre expérience scientifique.

## Bibliographie

### BOSTYN, 2014

Bostyn (F.) *et al.* - *Canal Seine-Nord Europe, Fouille 12, Picardie, Somme, Villers-Carbonnel, des systèmes d'enceintes au Néolithique moyen II* - Rapport de fouilles archéologiques préventives ; Croix-Moligneaux, Inrap CSNE - NP, Amiens, 2014

### GOVAL, 2013

Goval (E.) *et al.* - *Canal Seine-Nord Europe, Fouille 22 Nord-Pas-de-Calais, Pas-de-Calais, Havrincourt, des derniers Néandertaliens aux premiers Homo Sapiens : les occupations paléolithiques d'Havrincourt, "Les Bosquets" (Pas-de-Calais)* - Rapport de fouilles archéologiques préventives ; Croix-Moligneaux, Inrap CSNE - NP, Amiens, 2013

### HERISSON, à paraître

Hérisson (D.) *et al.* - *Canal Seine-Nord Europe, Fouille 49, Picardie, Somme, Etricourt-Manancourt, Bassin de rétention 2 (titre provisoire)* - Rapport de fouilles archéologiques préventives ; Croix-Moligneaux, Inrap CSNE - NP, Amiens, à paraître

### HERISSON, à paraître

Hérisson (D.) *et al.* - *Le Système d'Information Géographique : la reconstitution de la paléotopographie et des implantations humaines* - Apport du SIG à l'étude géomorphologique et archéologique du gisement paléolithique d'Etricourt-Manancourt - *In. Revue Internationale de Géomatique n° à paraître* - Lavoisier, Paris, à paraître

### MARCY 2010

Marcy (T.) - *Canal Seine-Nord Europe, DEP5-1, Picardie, Somme, Moislains, L'occupation du terroir de Moislains de la Protohistoire ancienne à l'époque gallo-romaine dans le cadre du diagnostic DEP 5-1 du Projet Canal Seine-Nord Europe* - Rapport de diagnostics archéologiques préventives ; Croix-Moligneaux, Inrap CSNE - NP, Amiens, 2010

### PRILAU, 2014

Prilau (G.) *et al.* - *Le canal Seine-Nord Europe ou l'intégration des vestiges de la Grande guerre dans un vaste programme archéologique français* - *In. Archéothéma n° 35 - Archéologie de la Grande Guerre* ; Paris, 2014

### RODIER, 2011

Rodier (X.) *et al.* - *Information spatiale et archéologie* ; Editions Errance, Paris, 2011

### SARRAZIN, 2010

Sarrazin (S.) - *Canal Seine-Nord Europe, ZP 4, Picardie, Oise, Campagne, Catigny, Frétoy-le-Château, Ecuilly (Somme), Ercheu (Somme), d'Ercheu à Catigny : occupation d'un terroir du second âge du Fer à la période gallo-romaine* - Rapport de diagnostics archéologiques préventives ; Croix-Moligneaux, Inrap CSNE - NP, Amiens, 2011

## Liste des illustrations

<b>Fig.1</b> Emprise du futur canal Seine-Nord Europe dans le nord de la France et localisation du centre archéologique de Croix-Moligneaux	
FONT, Inrap	2
<b>Fig.2</b> Cliché aérien de diagnostics entrepris lors des opérations archéologiques liées au projet de construction du canal Seine-Nord Europe	
FRUTIER, Altimage	4
<b>Fig.3</b> Cliché aérien de la fouille 32 entreprise sur la commune de Sauchy-Lestrée (62)	
FRUTIER, Altimage	4
<b>Fig.4</b> Structure du plateau technique du canal Seine-Nord Europe	
FONT, Inrap	5
<b>Fig.5</b> Modélisation du socle commun pour les opérations de diagnostics archéologiques	
FONT, Inrap	6
<b>Fig.6</b> Diagramme explicatif et synthétique de l'ensemble des processus techniques mis en oeuvre par le plateau technique pour les opérations du canal et des échanges avec les archéologues	
BOLO, FONT, Inrap	7
<b>Fig.7</b> Individualisation et identification des anomalies mises au jour avant le levé topographique	
FONT, Inrap	8
<b>Fig.8</b> Exemple de modélisation conceptuelle après discussion avec un responsable d'opération sur une fouille antique	
FONT, Inrap	11
<b>Fig.9</b> Exemples de productions de cartes semi-automatiques. <i>In.</i> Bostyn, 2014 ; Hérisson, à paraître	
FONT, Inrap	15
<b>Fig.9 (suite)</b> Exemples de productions de cartes semi-automatiques. <i>In.</i> Hérisson, à paraître	
FONT, Inrap	16
<b>Fig.10</b> Exemples de productions de cartes thématiques dans le cadre de diagnostics. <i>In.</i> Sarrazin, 2010	
FONTAINE, Inrap	17
<b>Fig.10 (suite)</b> Exemples de productions de cartes thématiques dans le cadre de diagnostics. <i>In.</i> Marcy, 2010	
FONT, Inrap	18
<b>Fig.11</b> Description des entités archéologiques et virtuelles dans le cadre des fouilles paléolithiques et des liens existants. <i>In.</i> Goval, 2013 ; Hérisson, à paraître	
FONT, Inrap	21
<b>Fig.12</b> Principe d'acquisition des mesures topographiques liées aux unités stratigraphiques en contexte de fouilles paléolithiques. <i>In.</i> Hérisson, à paraître	
FONT, Inrap	22
<b>Fig.13</b> Exemples de productions cartographiques en contexte de fouilles paléolithiques. <i>In.</i> Goval 2013 - Havrincourt, secteur 2 - N2, locus 1 : Plan de densité par quart de mètre carré du nombre d'esquilles en fonction du volume de sédiments prélevés et tamisés	
FONT, Inrap	23
<b>Fig.13 (suite)</b> Exemples de productions cartographiques en contexte de fouilles paléolithiques. <i>In.</i> Goval 2013 - Havrincourt, secteur 2 - N2, locus 1 : Plan d'isodensité de l'ensemble des artefacts lithiques et mise en évidence des remontages réalisés	
FONT, Inrap	24
<b>Fig.14</b> Exemple de support cartographique produit pour illustrer la répartition spatiale d'un amas de débitage de silex sur la fouille d'Havrincourt (62), menée par Emilie Goval - <i>In.</i> Goval 2013 - Havrincourt, secteur 2 - N2 : Répartition spatiale des artefacts composant le remontage 27 par séquence de débitage	
FONT, Inrap	26
<b>Fig.15</b> Exemple de modélisation de la surface du substrat (craie) par interpolation sur la fouille d'Etricourt-Manancourt (80) menée par David Hérisson. <i>In.</i> Hérisson à paraître	
FONT, Inrap	27
<b>Fig.15 (suite)</b> Exemple de modélisation de la surface du substrat (craie) par interpolation sur la fouille d'Etricourt-Manancourt (80) menée par David Hérisson. <i>In.</i> Hérisson à paraître	
FONT, Inrap	28
<b>Fig.16</b> Localisation des principales tranchées (en rouge) traversées par le tracé du futur canal Seine-Nord Europe (en bleu) et carte de répartition des vestiges de la Grande Guerre par nature et par commune découverts lors des diagnostics du futur canal	
FONT, Inrap	30

**Fig.17** Exemple de carte produite à partir des cartes d'Etat-Major établies lors du conflit de 1914-1918

FONT, Inrap

31

**Fig.18** Autre exemple d'application des études préalables aux interventions archéologiques avec, ici, le repositionnement du tracé du canal sur une orthophotographie aérienne prise pendant le conflit et révélant les restes d'un important dépôt de munitions allié aux portes de la ville de Noyon (Oise). Ce travail en amont, entrepris avec les historiens du patrimoine de la Grande Guerre, a permis aux archéologues de n'engager aucune fouille dans ce secteur pour des raisons évidentes de sécurité.

FONT, Inrap

32

**Fig.19** Sur une zone de combat particulièrement dense autour de la vallée de la Somme, il est possible d'évaluer la quantité des vestiges de la Grande Guerre dans l'emprise du futur canal Seine-Nord Europe. Le calcul s'appuie sur les seules données de diagnostic qui ne représente qu'environ dix pourcents de la surface totale de l'emprise. Le tracé du canal qui enjambe la vallée de la Somme n'a pas été exploré par les archéologues

FONT, Inrap

34