

CONSTRUCTION D'UN SIG POUR L'ÉTUDE D'UN CIMETIÈRE: L'EXEMPLE DE MORTEFONTAINE (AISNE)

1. INTRODUCTION

Il existe peu d'exemples publiés de Systèmes d'Information Géographiques construits pour la gestion des données issues de la fouille d'un site funéraire important. Le projet mis en place suite à la fouille du cimetière de "la Ferme de Pouy" (Aisne) a ainsi permis d'expérimenter les potentialités et les limites d'un tel système et d'en évaluer la pertinence dans le cadre d'une équipe archéologique de collectivité territoriale. La "Ferme de Pouy" est située dans la commune de Mortefontaine, à l'extrémité Ouest du département de l'Aisne (Fig. 1). À l'occasion de travaux d'élargissement de la route départementale 81 en juillet 2008, un ensemble de structures a été mis au jour, motivant la prescription d'une fouille archéologique préventive menée d'août à octobre 2008 par le pôle archéologique du Conseil général de l'Aisne, sous la responsabilité de Thierry Galmiche.

Les premières estimations de terrain avaient conclu à la présence d'une quarantaine de tombes et de quelques structures d'habitat attribuées au haut Moyen Âge; ces dernières ne sont pas traitées ici. Le nombre relativement modeste de sépultures, associé au caractère d'urgence imposé par les conditions de découverte, ont conduit à la mise en œuvre d'une méthodologie de relevés simple et rapide sur le terrain. Chaque sépulture est entourée de quatre clous (à la tête, aux pieds et sur les côtés); à la fin de la fouille, l'anthropologue enregistre ses observations dans une fiche de terrain, la tombe est photographiée verticalement (par des photographies d'ensemble et des clichés de détail) et les clous sont enregistrés avec une station totale dans un fichier topographique référencé en coordonnées Lambert I (Fig. 2). Dans les faits, la densité des tombes n'a pas toujours permis de positionner quatre clous topographiques et certaines sépultures n'ont donc été localisées que par trois voire deux clous dans quelques cas; le redressement et le géoréférencement des clichés perd alors sensiblement en précision. Si l'importance réelle du site dépasse de loin les premières estimations (dans l'emprise de l'aménagement routier, c'est-à-dire sur une bande de 50 m par 5 m le long de la route, 192 sépultures réparties entre les VIII^e et début XI^e siècles ont été fouillées, Fig. 3), la méthodologie de fouille et d'enregistrement définie au départ n'a pas été modifiée. Elle est restée efficace sur le terrain mais a parfois compliqué le traitement planimétrique et cartographique des données.

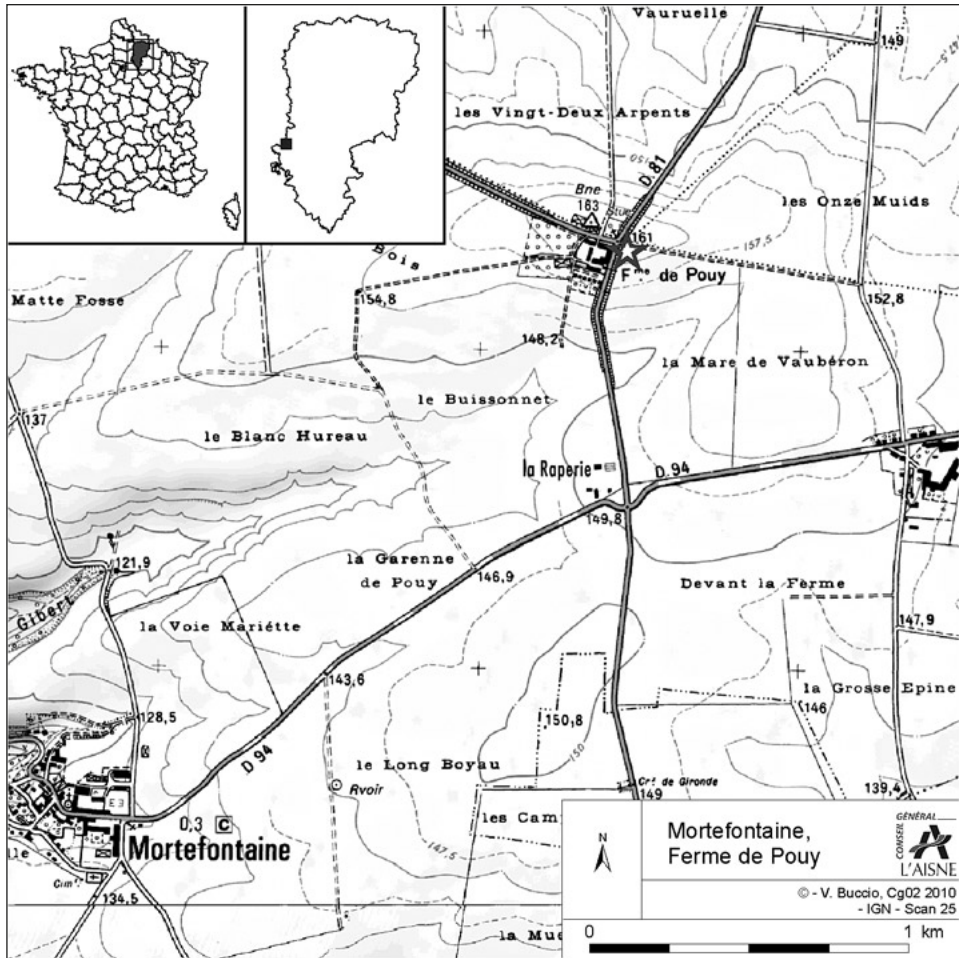


Fig. 1 – Localisation du site, © V. Buccio, Cg02; © Scan 25 IGN 2009.



Fig. 2 – Cliché de terrain: la tombe 51, © Cg02.

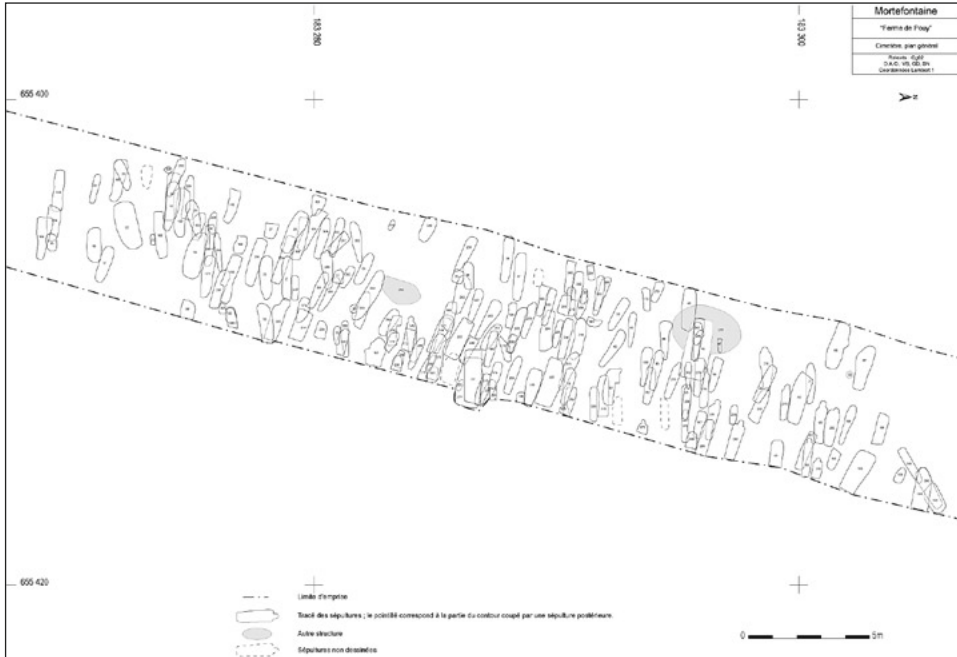


Fig. 3 – Plan du cimetière, © V. Buccio, Cg02.

2. MISE EN ŒUVRE ET STRUCTURE DU SIG

La fouille de Mortefontaine a fourni la première tentative de création de SIG intra-site au sein du pôle archéologique du Conseil général de l'Aisne. Un tel outil s'est imposé du fait du nombre de structures fouillées et de données à étudier et la base de données à références spatiales a été mise en œuvre dès la phase de traitement des données. L'objectif de cet outil est essentiellement pragmatique: il est destiné à faciliter l'enregistrement et l'interprétation des données de la fouille; l'automatisation de nombreux calculs (les dimensions des tombes, le ratio longueur-largeur, l'orientation de chaque tombe par exemple) et le gain de temps impliqué par cette automatisation constituaient également deux des points importants pour lesquels les possibilités de traitement du SIG devaient être sollicitées.

La nécessité d'établir au plus vite un plan abouti de l'ensemble du site et une chronologie relative complète des sépultures pour choisir les tombes à dater par le radiocarbone ont amené à traiter avant tout l'organisation spatiale du site. Le principe retenu revient à géoréférencer les photographies de chaque tombe grâce aux clous enregistrés lors du relevé topographique.

Pour cela, le lever topographique est importé dans le SIG (construit ici dans le logiciel ArcGIS 9.3 sous licence ArcView); le contour de chaque tombe est ensuite enregistré dans une géodatabase qui contient une classe d'entités de type "polygones". La table attributaire est ici réduite à sa plus simple expression: outre une clef d'indexation automatique, elle contient essentiellement le numéro attribué à chaque sépulture lors de la fouille et les champs nécessaires au fonctionnement de la base. Les métadonnées de cette géodatabase ont été enregistrées sous ArcCatalog en respectant la norme du Dublin Core; elles sont destinées surtout à transmettre le mode de constitution et les droits liés à cette base à tous les utilisateurs potentiels.

3. ORGANISATION DE LA BASE DE DONNÉES

La base de données principale a, quant à elle, été créée sous MS Access dans un fichier indépendant de la géodatabase afin de limiter les manipulations de cette dernière dans plusieurs logiciels. La construction de la base a été menée par V. Buccio en collaboration avec N. Robin et T. Galmiche. Les deux fichiers sont liés *via* un identifiant unique, le numéro de sépulture. Le choix de cette articulation logicielle repose sur deux contraintes: l'équipement informatique (matériel et logiciel) du Conseil général de l'Aisne et la formation des divers intervenants dans ce projet: du fait de la bonne maîtrise de MS Access par l'anthropologue, il a semblé judicieux d'utiliser ce logiciel pour l'exploitation de la base, qui permet également d'alimenter, consulter et modifier la base indépendamment du SIG. La très bonne articulation des deux logiciels employés était aussi un critère fondamental dans cette structure, comme la possibilité de gérer les relations de façon dynamique.

Le choix qui a présidé à la structuration de la base de données est celui de la plus grande simplicité et de l'adéquation avec les logiciels disponibles. Elle rassemble avant tout les informations dont nous voulions étudier la répartition spatiale et celles qui sont utiles à l'étude anthropologique. Ainsi, dans la mesure où ArcGIS 9.3 sous licence ArcView gère mal le relief, les altitudes n'ont pas été intégrées à la base de données. Les principales mesures d'altitude de chaque sépulture sont portées sur les dessins des squelettes et les fiches anthropologiques. La table principale de la base, ou table "Sépultures", comprend l'ensemble des informations uniques relatives à chaque individu (Fig. 4). Elle est alimentée *via* un formulaire structuré en quatre sections:

- L'organisation de la tombe regroupe tous les champs concernant la fosse, l'espace de décomposition, le contenant et les ossements qui n'appartiennent pas à l'individu inhumé (os retrouvés dans le comblement ou déposés en réduction).
- La disposition du corps comprend l'ensemble des informations sur la position du corps, des membres et des extrémités. Nous avons choisi ici de ne pas utiliser de codage (contrairement, par exemple, à DURAND, VANHAEKE

Numero de structure
18

Organisation de la tombe :

Forme de la fosse : Obtongue Longueur (cm) : 205 Largeur (cm) : 57 Bojette céphalique :

Espace de décomposition : Colmata Type de contenant : Textile : Linceul Réduction NMI : 0 Réductions : wac

Disposition du corps :

Position du corps : Decubitus dorsal Membres sup symétriques : Non Membre sup G : sur pubis Membre sup D : sur hanche O Mire sup relatif : D/O Mains relatif : Indéterminé Main G : Dorsale Main D : Dorsale

Position du crâne : dans l'axe en avant vers la O en arrière vers la D migration absent

Membre inf symétriques : Oui Membre inf G : Parallèles Membre inf D : Parallèles Pied symétriques : Non Pied G : Allongé Pied D : Latéral Pieds relatif :

Etude anthropologique :

Conservation ossements : moyen Sexe : Masculin Catégorie Age : Adulte Age immature : Age adulte : Ad mature age : Stature (cm) : 172,0 Ostéométrie

Asymétrie faciale : Indéterminée Asymétrie anatomique : Non Cavalier : non

Caractères discrets : Caractères discrets

Pathologie : Pathologies

Mobilier :

C14 inf : Date fouille : 21/08/2008 Fiche de conservation : Photo : Photostat 18

C14 sup : Date fiche : 16/02/2009

Fig. 4 – Copie d'écran, formulaire principal de saisie, © V. Buccio, Cg02.

1987, 88) pour la position des membres afin de limiter les sources d'erreur à la saisie. La position propre de chaque membre et des extrémités constitue autant de champs, auxquels s'ajoute la description de la position relative des membres (gauche sur droit, droit sur gauche ou sans relation).

– Dans la section “étude anthropologique” sont groupés les champs relatifs à la conservation de l'individu, à son sexe, son âge au décès, sa stature et ses caractères morphologiques. Ces informations sont en cours d'élaboration par l'anthropologue.

– Une section administrative rassemble enfin les liens vers les fiches de conservation des squelettes, les photographies de terrain et les dessins des tombes; on y trouve également les dates de fouille et de création des fiches et les valeurs des datations au radiocarbone quand elles existent (neuf ont été réalisées sur l'ensemble du site). La rareté du mobilier (présent seulement sous forme résiduelle dans le remplissage des tombes) a conduit à le signaler sous la simple forme d'une case à cocher. Dans l'hypothèse d'une réutilisation de la structure de la base pour d'autres sites, il serait simple de lier la table “Sépultures” à une table “Mobilier”.

Cette table principale est liée à cinq tables secondaires (Fig. 5): la première concerne les caractères discrets observés sur certains squelettes, la

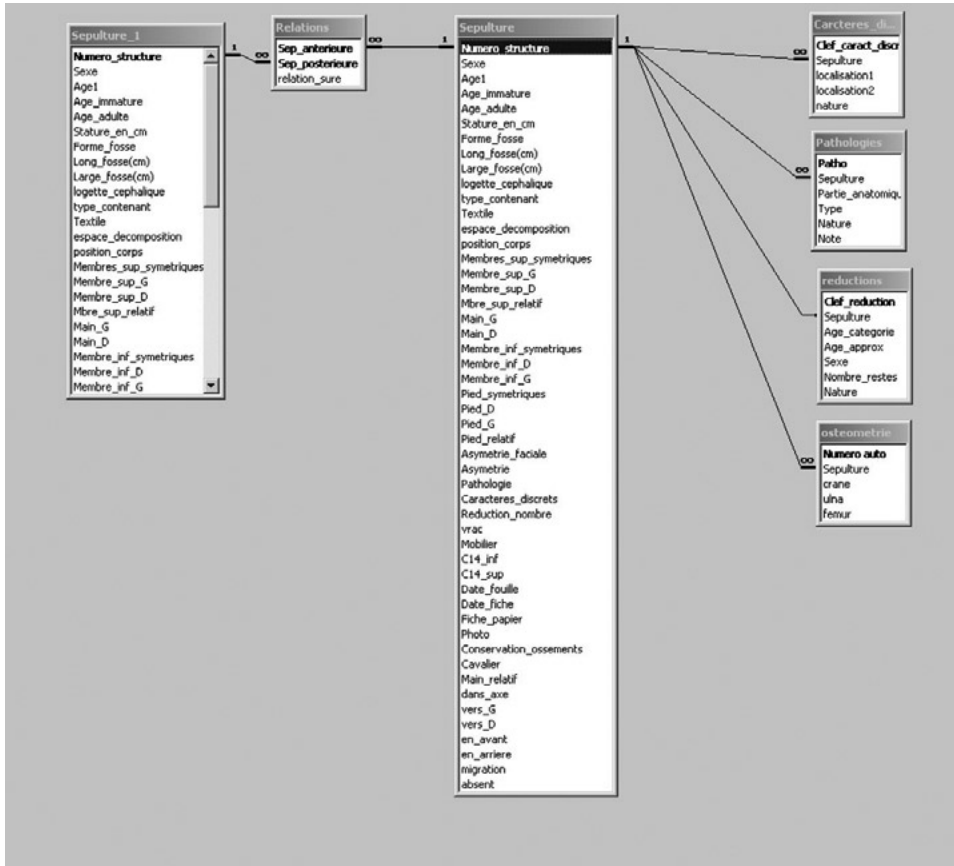


Fig. 5 – Architecture de la base de données, © V. Buccio, Cg02.

deuxième liste les pathologies de chaque individu par type, la troisième décrit les individus présents en réduction dans chaque fosse et la quatrième liste les principales caractéristiques ostéométriques de chaque individu. Ces tables sont liées à la table des sépultures par une relation de type un-à-plusieurs; par exemple, chaque pathologie d'un individu constitue un enregistrement dans la table pathologie, qui peut donc comprendre plusieurs enregistrements (une quarantaine, dans certains cas) pour un même squelette. Seules ces quatre tables comprennent des champs textuels pour la saisie d'observations diverses, les champs de la table principale correspondant à des valeurs numériques ou à des thésaurus limités. La cinquième table permet de construire une chronologie relative en autorisant une liaison plusieurs-à-plusieurs entre

les différentes entités de la table "Sépultures". Son architecture est directement inspirée des travaux de B. Desachy (DESACHY 2008) et de la structure du système Stratibase. Cette gestion assez simple est amplement suffisante à l'échelle du site de la "Ferme de Pouy", où les éléments de chronologie relative sont peu nombreux et ne sont pas complexes (nombre de sépultures qui sont stratigraphiquement déconnectées des autres, et les plus grandes séries stratigraphiques comportent six niveaux).

La structure adoptée a permis une relative souplesse dans l'alimentation de la base de données: nous avons ainsi pu ajouter des champs ou modifier la structure des bases liées sans difficultés techniques; cela implique néanmoins de reprendre les fiches déjà renseignées pour les compléter.

4. DE LA BASE DE DONNÉES AU SIG

Le passage de la base de données au logiciel SIG se fait très facilement par un jeu de jointures et de relations. Les tables sépultures, réductions, caractères discrets, pathologies et ostéométrie sont rattachées directement aux entités de sépultures correspondantes; les résultats des requêtes peuvent également l'être. Cela pose un problème conceptuel (les pathologies par essence n'existent pas sans l'individu) mais allège considérablement le SIG. Il est ainsi possible de multiplier les requêtes croisées et d'analyser la répartition des tombes selon des critères multiples et inhabituels dans le cadre des études de cimetières, comme la répartition des pathologies ou de certains caractères discrets.

L'usage du logiciel SIG permet la création de champs calculés automatiquement sur la géométrie des tombes. Si le logiciel est incapable de calculer simplement la longueur et la largeur maximales des tombes, qui sont des polygones irréguliers, une manipulation simple permet d'obtenir une valeur proche de ces résultats: il suffit d'intégrer chaque tombe dans le rectangle circonscrit le plus proche et de mesurer la longueur et la largeur du rectangle obtenu. Plusieurs scripts existent qui permettent ce calcul. L'orientation de la tombe est assimilée à la direction du plus grand côté du rectangle, et il est assez simple d'en obtenir la valeur automatiquement. Les trois valeurs obtenues sont enregistrées dans autant de champs de la base de données des sépultures (afin d'être accessibles à tous les utilisateurs, même en-dehors du logiciel SIG). Quant aux possibilités d'analyse spatiale offertes par le logiciel, elles n'ont pas été exploitées ici: les recoupements de tombes, qui sont la principale expression des relations topologiques entre les entités, ont été étudiés lors de la fouille et le traitement automatique *a posteriori* n'apporte pas réellement d'informations complémentaires.

Mais le SIG construit autour de ce site ne se limite pas à la seule étude des structures fouillées; il intègre en effet deux niveaux de documentation. A très grande échelle, le cimetière fait l'objet d'une base de données et d'une

couverture dans le système. S'ajoute à cela, à plus petite échelle, la documentation cartographique historique (les cartes du XVIII^e siècle, le cadastre dit napoléonien en particulier) qui est géoréférencée; les informations topographiques issues des sources textuelles (en particulier un terrier de la fin du Moyen Âge) sont elles aussi intégrées au système. Ce volet du SIG a surtout vocation à simplifier la gestion de ces données; l'écart chronologique et la différence de grain entre cette documentation et le site archéologique ne permet pas d'établir de lien direct entre ces documents et la base de données des tombes.

5. APPLICATIONS ET LIMITES

L'étude anthropologique n'est pas achevée à ce jour, aussi est-il difficile d'exposer les résultats obtenus grâce au système. Bien évidemment, la base de données permet de multiplier les analyses statistiques, sur un échantillon dont la représentativité pourra être discutée¹.

Au-delà des plans de répartition habituels, selon la forme des fosses, le sexe ou l'âge au décès par exemple, tous les critères de la base de données peuvent être cartographiés, de façon isolée ou par des requêtes croisées. Là où l'obtention de plans de répartition en DAO est coûteuse en temps, la manipulation est ici simplifiée une fois la base de données alimentée, et il est donc possible de multiplier les plans de répartition sans évacuer de critères *a priori*. On pourra ainsi analyser à terme la répartition des individus atteints de tuberculose et de DISH (Diffuse Idiopathic Skeletal Hyperostosis, ou maladie de Forestier): la première de ces pathologies est généralement associée aux populations pauvres, la seconde aux populations plus aisées. Leur distribution dans le cimetière pourrait fournir des éléments d'ordre socio-économiques et sur la répartition des individus en fonction de leur classe sociale.

Dans la mesure où l'étude anthropologique n'est pas achevée, il est prématuré de proposer des plans de répartition sur des critères scientifiques. En outre, le SIG mis en place ici permet aussi de produire des documents de synthèse à vocation administrative: à titre d'exemple, la carte de répartition des sépultures par date de fouille fournit un support qui permet de justifier de l'occupation des terrains auprès de l'aménageur. Ici, on lit aisément la progression de la fouille en plan et la réalisation d'un décapage intermédiaire qui a mis au jour un second niveau de sépultures (Fig. 6, Pl. IV, b).

Une limite essentielle subsiste à la structure adoptée pour la base de donnée et plus largement pour le SIG élaborés dans le cadre de cette fouille. Du fait de contraintes logicielles, nous n'avons en effet pas intégré ici

¹ La méconnaissance des limites du cimetière ne permet pas de connaître le nombre total de sépultures et l'on ignore donc la part du site qui a été fouillée. Le nombre d'individus (près de 200) permet toutefois de considérer que cet échantillon est assez grand pour faire l'objet d'un traitement statistique.

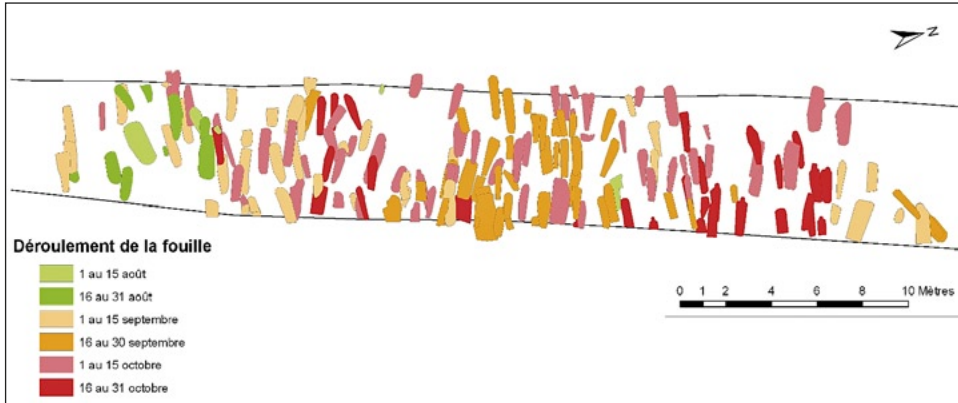


Fig. 6 – Déroulement de l'opération, © V. Buccio, Cg02.

de données altimétriques dans la construction du SIG. Dans la perspective d'une utilisation élargie à d'autres sites, il semblerait pertinent de permettre la gestion des fosses dans l'espace en intégrant leur altitude d'apparition et leur profondeur. Cela permettrait de clarifier les recoupements et les chevauchements de sépultures. De même, les modalités choisies pour l'intégration de la chronologie relative ne sont opérationnelles que dans le cadre d'un site peu stratifié. Il est difficile, en l'état du système, d'adosser l'ordre d'affichage des polygones dans le SIG à l'ordre défini *via* les éléments de chronologie relative de la base de données.

6. CONCLUSION

L'outil mis en place ici est conçu comme un outil de gestion et d'aide à l'interprétation; il ne se veut en aucun cas un modèle conceptuel ou technique. Il existe peu d'exemples publiés d'usage de SIG ou de SGBD à cette échelle et dans ce type de contexte, loin des problématiques d'archéologie spatiale pour lesquels les SIG sont fréquemment utilisés. Cet outil facilite la gestion des informations et la création de plans de répartition par rapport à une solution en DAO; chaque critère de la base de données peut être intégré à l'analyse spatiale, ce qui ouvre de multiples champs d'interprétation et de compréhension du site. En limitant les manipulations manuelles du plan, le système construit permet de réduire les risques d'erreurs de traitement inhérents aux tâches répétitives. La base est aujourd'hui opérationnelle et sert à l'enregistrement des données funéraires de la fouille de la "Ferme de Pouy"; les premières requêtes de répartition spatiale ont été formulées.

Cette application a constitué pour notre équipe un laboratoire des possibilités de développement d'outil SIG à la fouille de nécropoles: si le

nombre de tombes à “la Ferme de Pouy” a donné une certaine souplesse dans la conception et la mise en œuvre de l’outil, une application à l’échelle d’un site plus important impliquera une approche plus systématique et anticipée². Dans ce cas, le SIG permettra de faciliter et d’accélérer le traitement des résultats pour ce type de sites. Si les contraintes inhérentes à l’archéologie préventive, en particulier au sein d’un service de collectivité territoriale de taille moyenne, permettent rarement le développement d’outils conceptuels, la réalisation d’un projet tel que celui qui a été mis en place ici paraît accessible sans difficultés techniques majeures et trouve une application concrète dans les activités du service. Le ratio entre l’investissement en temps de développement de l’outil et ses apports est largement favorable à la mise en œuvre d’un SIG pour l’étude des nécropoles lorsque celles-ci dépassent quelques individus. La mise en commun éventuelle de telles bases de données pourrait aussi permettre des études spatiales et des comparaisons à échelle régionale, relatives à l’état sanitaire ou aux techniques d’inhumations par exemple. On ne peut que souhaiter une promotion de l’outil SIG et de ses potentialités auprès des acteurs de l’anthropologie et de l’archéologie funéraire, qui peuvent y trouver une assistance appréciable pour leurs travaux. Les possibilités offertes de lier simplement la géométrie des objets à un tableur permet d’importer de nombreuses informations sans modifications importantes de certaines pratiques de gestion de données. On ne peut que souhaiter une multiplication à venir de tels systèmes de gestion, élaborés en collaboration avec les anthropologues.

VINCENT BUCCIO, THIERRY GALMICHE, NADÈGE ROBIN
Département de l’Aisne

BIBLIOGRAPHIE

- ALDENDERFER M., MASCHNER H. 1996, *Anthropology, Space and Geographic Information Systems*, Oxford, Oxford University Press.
- ARENAL I., VALDÉS L. 1995, *Base de datos “Andros”. Sistematización de datos antropológicos procedentes de excavaciones arqueológicas*, in *Aplicaciones informáticas en Arqueología: teorías y sistemas, I Coloquio Internacional de Arqueología e informática (Saint-Germain-eu-Laye 1991)*, Madrid, Denboraren Argia, 11-21.
- COSTA L. 2009, *Impact des approches géomatiques dans les organisations de l’archéologie*, Thèse de doctorat, Université Paris X.
- DESACHY B. 2008, *De la formalisation du traitement des données stratigraphiques en archéologie de terrain*, Thèse de doctorat, Université Paris1 Panthéon-Sorbonne (<http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00406241/fr/>) [consulté 26 Apr 2011].
- DURAND M., VANHAEKE L. 1987, *La nécropole du haut Moyen Âge et le moulin médiéval de Sacy-le-Petit*, «Revue archéologique de Picardie», 3-4, 83-114.

² Si la mise en place d’un SIG intra-site ne s’impose pas pour la fouille de tombes isolées, il semble à l’inverse indispensable d’avoir un outil opérationnel dès le début du traitement des données pour un site de plus grande ampleur que la “Ferme de Pouy”.

Construction d'un SIG pour l'étude d'un cimetière: l'exemple de Mortefontaine (Aisne)

GALMICHE T. *et al.* (sous presse), *Mortefontaine, "Ferme de Pouy", rapport de fouille archéologique préventive.*

PAILLARD D. 1995, *Enregistrement et exploitation des données pour la fouille d'une nécropole*, in *Aplicaciones informáticas en Arqueología: teorías y sistemas, II Coloquio Internacional de Arqueología e informática (Bilbao 1993)*, Madrid, Denboraren Argia, 370-395.

ABSTRACT

The Pôle archéologique from Aisne Department excavated a ninth and tenth century graveyard in Mortefontaine (Aisne). Two hundred graves were excavated in a field (50 m long, and 5 m wide) and integrated in a GIS. The decision to build this last system was taken after the end of the excavation, without any specific field process, which constituted an important technical constraint. Each grave is a part of a database built in collaboration with the anthropologist studying them and the archaeologist in charge of the excavation. The system makes it possible to fill the database independently from the GIS. Although the study is not yet over, we already have the first results in terms of distribution. They show the usefulness of this system to manage and understand this kind of excavation.

