

Un grain de SIG dans le processus

Outil d'aide à recherche pour les opérations d'archéologie préventive à l'Inrap

Xavier Rodier, CNRS

Anne Moreau, CNRS

**Laboratoire Archéologie et Territoires
UMR6173 CITERES, Université de Tours-CNRS**

Avril 2009



Introduction.....	4
1. Contexte : la mission 2006	6
1.1 Etat de l'art : définition et application à l'archéologie.....	6
1.1.1 Définition.....	6
1.1.2 Application en archéologie.....	7
1.2 Etat des lieux : enquête sur les expériences existant à l'Inrap	8
1.2.1 Types d'utilisation des SIG en archéologie préventive.....	8
1.2.2 A l'échelle de la fouille.....	9
1.2.3 A l'échelle territoriale.....	12
1.2.4 Les utilisateurs.....	12
1.3 Quel SIG pour l'Inrap ?	13
1.3.1 Faire le choix des SIG.....	13
1.3.2 Propositions.....	13
1.3.3 Conséquences.....	16
1.4 Conclusion	16
2. Mission 2008	17
2.1 Le choix de la DST	17
2.2 Enjeux et objectifs	17
2.3 Un outil d'aide à la recherche pour les responsables d'opération	18
2.4 Implications	18
2.4.1 Questions préliminaires	18
2.4.2 Formalisation des objets d'étude et informatisation des données attributaires	20
2.4.3 Redéfinition des processus, procédures et modes opératoires.....	21
3. L'intégration des SIG dans le processus des opérations archéologiques.....	22
3.1 Le raisonnement logique.....	22
3.2 Le processus et ses étapes	23
3.2.1 Processus global	24

3.2.2 Montage de l'opération	26
3.2.3 Opération	29
3.2.4 Post-opération.....	36
3.2.5 Valorisation	42
3.3 Modélisation.....	45
4. Les moyens	49
4.1 L'équipement nécessaire à chaque étape	49
4.2 Administration réseau, serveur et données.....	49
4.3 Le choix de l'outil SIG.....	49
5. Ressources humaines	50
5.1 Les profils de poste.....	50
5.1.1 Nouveaux profils.....	51
5.1.1 Profils affectés	54
5.2 Mutualisation des tâches et des compétences vers un travail d'équipe	56
5.3 La formation	56
5.3.1 Compréhension du processus SIG	57
5.3.2 Les SIG et les concepts de l'analyse spatiale	57
5.3.3 Statistiques spatiales et géostatistiques	57
5.3.4 cartographie et sémiologie graphique	58
Conclusion	58
BIBLIOGRAPHIE.....	60

Introduction

En 2006 la DST m'a confié une mission d'évaluation de l'utilisation des SIG en archéologie préventive dans le cadre des missions de l'Inrap. Je conclusais le rapport de cette expertise sur la complexité de l'élaboration d'un SIG à l'Inrap et sur ses conséquences à tous les niveaux de l'établissement en rappelant qu'il s'agissait avant tout d'un choix stratégique et non pas d'une option technique. En 2008, la DST m'a contacté à nouveau en me demandant cette fois de mettre en place les schémas d'organisation et de mise en œuvre de l'utilisation d'un SIG à l'Inrap. Cette nouvelle commande était fondée sur le choix de la DST d'envisager l'utilisation des SIG à l'échelle des opérations comme un outil d'aide à la recherche. Cette démarche ambitieuse a pour conséquence une profonde révision du processus d'acquisition et de traitement des données archéologiques avec des implications dans le domaine scientifique et technique (définition du processus), celui des systèmes d'information (logiciels et réseaux) et surtout celui des ressources humaines (répartitions des tâches et définitions des postes). En effet, l'objectif de la réponse à cette commande n'est pas le développement ni l'écriture d'un cahier des charges d'une application métier mais l'élaboration des schémas d'organisation du processus et de ses conséquences. Il s'agit de fournir aux directions concernées de l'Inrap (DST, DRH, DSI) les bases pour organiser le déploiement de ce nouveau processus.

L'enjeu identifié lors de la mission de 2006 est de passer de l'illustration au traitement des données afin de répondre à l'objectif fixé par la DST d'améliorer la qualité du raisonnement archéologique. Si cette transformation est réussie, il conviendra d'envisager ensuite, mais seulement ensuite, l'utilisation voire le développement de boîtes à outils spécifiques. Le choix de cette démarche, qui consiste à placer en premier les objectifs et la définition du processus avant le choix des outils et des solutions clés en main, est d'une rationalité évidente (le fond avant la forme). Pour autant, il se heurte à deux difficultés majeures : la remise en question des procédures établies, d'une part, la lenteur de mise en œuvre et le manque de visibilité immédiate d'autre part. Modifier les méthodes de travail, changer les habitudes, remettre en cause les savoirs-faires, sont des difficultés bien connues. Dans le même temps, il existe une attente forte de disposer de nouveaux outils de la part d'agents de l'Inrap pour lesquels cette première étape est déjà en partie franchie. En outre, à l'heure où l'information géographique entre dans la vie quotidienne par de nombreux artefacts technologiques (géolocalisation embarquée dans les voitures, téléphones portables, gps de randonnée ; globe de géovisualisation sur internet comme Google earth, Virtual earth, World wind), il devient laborieux de faire admettre que la structuration, le traitement et l'analyse des données restent un préalable à leur visualisation.

La mission 2008 s'est déroulée en étroite collaboration entre le Laboratoire Archéologie et Territoires, UMR 6173 auquel j'appartiens et la DST de l'Inrap dont l'interlocuteur permanent est Pablo Ciezar (Chargé de mission sur les inventaires et l'enregistrement). Afin de la mener à bien, Anne Moreau a été recrutée au LAT (Ingénieur de Recherche contractuel, CNRS) et un groupe de travail a été constitué à l'INRAP. Sa composition très diversifiée a permis d'envisager, sur la base de l'expérience de ses membres, un panorama le plus large possible des cas de figure d'utilisation des SIG à l'échelle de la fouille.

Le groupe de travail :

Thomas Arnoux (Assistant AST, GO)

Mehdi Belarbi (topographe, CIF)

Sylvie Eusèbe (Chargée de mission sur le dessin en archéologie, DST)

Franck Gama (archéologue, responsable d'opérations, GEN – contextes urbains)

Marc Jarry (archéologue, responsable d'opérations, GSO – contextes préhistoriques)

Alain Koheler (AST, GEN)

Frédéric Prodéo (archéologue, responsable d'opérations, GSO – contextes ruraux)

Pascale Sarrazin (topographe, MED)

Les nombreuses discussions qui ont eu lieu au sein de ce groupe, souvent animées, ont toujours été très enrichissantes. En ce sens, le groupe a parfaitement joué son rôle de consultant critique et conseil à la fois. Tous les points de vue s'y sont exprimés, parfois contradictoires, toujours constructifs. Pour autant, l'objectif n'était pas d'arriver à un consensus, mais de faire émerger les points cruciaux, identifier les incompatibilités voire les impasses. Bien entendu, les membres du groupe ont une expérience avancée de l'utilisation des SIG au regard de laquelle ils ont pu trouver les choix envisagés soit en retrait par rapport à leurs attentes, soit trop ambitieux. Il n'y a cependant pas d'incompatibilité entre les positions exprimées. Le processus que nous proposons doit avant tout pouvoir être déployé à l'échelle de l'établissement ce qui est, en soi, une ambition haute. Dans le même temps, la solution envisagée doit permettre à tous ceux qui utilisent déjà des outils SIG de développer leurs compétences et de faire progresser le système.

L'élaboration des schémas d'organisation dans le cadre de la mission 2008 s'est achevée en même temps que le démarrage de leur propre test. Il a été convenu avec la DST, la DRH et la DSI d'engager une expérience en 2009 afin de mettre à l'épreuve le processus proposé. L'échelon d'un centre archéologique a été retenu plutôt que celui d'une ou de quelques opérations pilotes, l'objectif étant de confronter le système à la réalité opérationnelle. La DST a choisi le centre de Tours en raison de la proximité du LAT et des collaborations existantes avec l'UMR afin d'assurer au plus près le suivi de cette expérience.

Après un rappel du contexte dans lequel s'inscrit cette mission, ce rapport s'articule autour de la proposition d'un processus pour l'acquisition, le traitement, l'analyse et le rendu des données. L'examen des conséquences, tant du point de vue des ressources humaines que de celui des systèmes d'information, a donné lieu à la description des tâches et des compétences requises ainsi qu'à l'évaluation des besoins en formation et des moyens techniques nécessaires.

1. Contexte : la mission 2006

Devant la multiplication des initiatives individuelles en matière d'utilisation des SIG, en 2006 la Direction Scientifique et Technique de l'Inrap m'a confié la réalisation d'une expertise destinée à définir les utilisations potentielles des SIG en archéologie préventive et les applications envisageables au sein de l'établissement. Face à ce constat d'éparpillement, les objectifs de l'expertise visaient à dresser un état de l'art de la discipline et un état des lieux en archéologie préventive, d'explorer les utilisations possibles à l'Inrap, de faire des propositions et d'en évaluer les conséquences. Cette première étape a donné lieu à un rapport intitulé *Quel SIG pour l'Inrap ? Rapport d'expertise sur les perspectives d'utilisation des SIG à l'Inrap* dont le résumé, qui constitue ce premier chapitre, permet de définir le point de départ de la mission 2008.

1.1 Etat de l'art : définition et application à l'archéologie

1.1.1 Définition

L'acronyme SIG est utilisé, d'une manière générale, pour désigner sans distinction les outils logiciels et les systèmes d'information eux-mêmes. Cette ambiguïté contribue à entretenir le flou autour de la définition des SIG. Il existe bien entendu plusieurs définitions des SIG et, comme l'ont montré Jean Denègre et François Salgé (1996), certaines insistent sur les fonctions techniques, d'autres sur la finalité du système.

Ces deux aspects sont révélateurs des débats qui ont opposé dès les années 1990, en géographie, les détracteurs des SIG - y voyant une dérive technique - à leurs partisans. Les définitions proposées plus récemment intègrent ces deux aspects des SIG. Retenons donc la définition proposée dans le glossaire du volume de la revue *Histoire & mesure* consacré au SIG :

« Système informatisé permettant, à partir de diverses sources, de rassembler (collecter) et d'organiser, de gérer, de modéliser (modélisation spatiale, structuration spatiale), d'analyser et de combiner (analyse spatiale), de simuler (simulation spatiale, scénarii), d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement afin de contribuer à la connaissance de l'espace. Un SIG est aussi un concept qui sous-tend la notion de modélisation selon une approche phénoménologique. Un système informatisé est défini comme l'ensemble des méthodes d'information et des logiciels d'application qui prennent appui sur le système informatique pour son exploitation alors qu'un système informatique est défini comme un ensemble de matériels et de logiciels » (Françoise Pirot in *Histoire & Mesure* 2004 : glossaire).

Géoréférencement

Toutes les données intégrées dans un SIG doivent être géoréférencées, c'est-à-dire localisées dans l'espace selon un référentiel commun. Cela apparaît souvent comme une contrainte mais c'est la condition préalable au croisement de données issues de sources différentes.

DAO, CAO, SGBD et SIG

Il règne la plupart du temps une grande confusion entre ces différents outils informatiques. Il ne s'agit pas d'établir une quelconque hiérarchie entre eux mais simplement de bien distinguer à quoi ils sont dédiés pour en faire usage à bon escient.

Sans entrer dans le détail, retenons que :

- les outils de dessin assisté par ordinateur, DAO, sont, comme leur nom l'indique, des outils de dessin destinés à l'illustration ;
- l'abréviation CAO signifie initialement « conception assistée par ordinateur » et non pas cartographie assistée par ordinateur pour laquelle il convient plutôt d'utiliser « cartographie automatique » ;
- les logiciels de cartographie automatique permettent de réaliser des cartes à partir d'un jeu de données, ce que ne permettent pas les outils de DAO bien que ce soit ces derniers qui sont le plus souvent utilisés pour produire une cartographie informatisée ;
- les systèmes de gestion de bases de données (SGBD) permettent la gestion automatique d'une base de données (création, modification, interrogation, édition des données) ;
- les SIG sont parfois définis comme la réunion de tous les outils précédents parce qu'ils présentent des fonctionnalités communes à chacun de ceux-là ; la spécificité des SIG réside dans la modélisation des données géométriques qui permet des analyses sur les propriétés spatiales des objets.

Vecteur ou raster

La numérisation des données spatiales peut être effectuée selon deux modes : vecteur et maillé ou tramé (en anglais *raster*).

Dans le mode vecteur, la géométrie est décrite par les coordonnées des points de construction dans un système de coordonnées. Selon ce modèle, tous les objets du monde réel sont représentés par des points, des lignes (d'un ou plusieurs segments, polygones) et des surfaces. L'information spatiale et thématique est attribuée à chaque objet spatial. Ce mode est utilisé pour des phénomènes spatiaux discrets.

Dans le mode *raster*, l'information géographique est décrite selon une logique de balayage ligne par ligne. Chaque ligne est composée d'une juxtaposition de points élémentaires appelés pixel (contraction de l'anglais *picture element*). L'information spatiale et thématique est assignée à chaque pixel. La précision spatiale est déterminée par la taille des pixels ou résolution. Ce mode est utilisé pour des phénomènes spatiaux continus.

1.1.2 Application en archéologie

Si les SIG ont leur origine dans les années 60, ce n'est, en France, qu'au début des années 90 que leur utilisation se développe en sciences sociales, en géographie d'abord, puis dans d'autres disciplines, dont l'archéologie, essentiellement à partir de la seconde moitié des années 90. On peut considérer que leur application en archéologie française intervient avec deux décalages : le premier est dû à un développement plus précoce des SIG dans le monde anglo-saxon - l'origine des SIG se trouve en Amérique du nord et plus particulièrement au Canada -, le second au fait que les archéologues ont découvert, ou plutôt, pris possession des outils SIG, après les géographes.

Le développement des SIG en archéologie est associé, comme en géographie (Barge, Rodier, Davtian, Saligny, 2005 ; Joliveau 2005), à un effet de mode et aux oppositions qui lui sont associées.

L'utilisation des SIG semble correspondre à une adéquation entre les fonctionnalités qu'ils présentent et les besoins rencontrés lors du traitement des données archéologiques.

L'écueil majeur est que la technique prenne le pas sur la réflexion, sur l'interprétation. La relégation des SIG dans un rôle exclusivement technique permet d'esquiver les questions d'ordre méthodologique concernant la structuration et l'analyse des données. Cela a également pour conséquence la perte de vue des objectifs initiaux qui ont conduit au choix de ces outils. Au-delà de la gestion des données spatialisées offerte par les SIG, il y a la mise en place d'outils de recherche devant répondre à des problématiques et potentiellement en faire émerger de nouvelles.

Les premières expériences d'application des SIG en archéologie datent de la toute fin des années 80 (Gaffney, Stancic 1991). L'utilisation de ces outils se généralise à partir du milieu des années 90. L'état des lieux de la pratique des SIG dans l'archéologie française a été esquissé en 2003 à l'occasion d'un colloque et publié dans un article collectif (Barge, Rodier, Davtian, Saligny, 2005).

A l'échelle de la fouille, les expériences de système d'enregistrement intégrant la spatialisation des données sont encore peu nombreuses. Pourtant, à la fin des années 80, le système Arkéoplan (Buchsenschutz 1991) contenait dans sa logique quasiment tous les principes d'un SIG. Le développement en cours par une équipe québécoise (<http://archeogeomatique.crg.ulaval.ca/>) d'un SIG archéologique 3D (Losier, Pouillot, Fortin 2006) constitue la plus récente des recherches à cette échelle.

Actuellement, tous les programmes de recherche en archéologie font appel aux SIG pour le traitement et l'analyse des données spatialisées, comme en témoignent les activités du réseau *Information Spatiale et Archéologie* (<http://isa.univ-tours.fr>) ainsi que plusieurs publications récentes : le volume de la revue *Histoire & mesure* consacré au SIG en archéologie et en histoire (*Histoire & mesure* 2004), les actes des *XXVe rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes* en 2004 (Berger *et al.* 2005), le numéro 44 de la revue *Le médiéviste et l'ordinateur* dédié aux SIG (<http://lemo.irht.cnrs.fr/44/sommaire.htm> ; Portet 2006) et le numéro 83 de la revue *M@ppemonde* (2006) avec l'ouverture du dossier « l'archéologie en cartes » (<http://mappemonde.mgm.fr/num11/index.html>). Une bibliographie plus complète est disponible sur le site du réseau ISA. Plusieurs revues accueillent régulièrement des contributions présentant à la fois des exemples d'utilisation des SIG en archéologie et des travaux de recherche et de développement les plus récents : *Archeologia e Calcolatori* ; *Journal of Archaeological Science* ; *Internet archaeology*. Sans oublier bien entendu les rencontres annuelles du CAA, *Computer Applications and quantitative methods in Archaeology* (<http://www.leidenuniv.nl/caa/>).

1.2 Etat des lieux : enquête sur les expériences existant à l'Inrap

1.2.1 Types d'utilisation des SIG en archéologie préventive

Les critères déjà identifiés de l'échelle d'analyse et de la finalité (Wheatley, Gillings 2002 ; Barge, Rodier, Davtian, Saligny 2005) permettent d'organiser les multiples utilisations des SIG en archéologie. Deux échelles discriminantes sont retenues : la première est bien entendu celle du terrain, de la fouille, la seconde est celle de la mise en perspective de données acquises à l'échelle du site, depuis la comparaison entre plusieurs fouilles dans un espace cohérent (ville, terroir...), jusqu'à l'inventaire des sites d'une région ou d'un pays.

A chacune de ces échelles, l'utilisation des SIG peut être envisagée à des fins de gestion documentaire ou d'inventaire faisant appel aux fonctions d'acquisition, d'organisation, d'archivage, ou bien à des fins de recherche, d'exploitation des données, utilisant les possibilités d'analyse spatiale.

	Echelle de la fouille	Echelle régionale
Gestion	<ul style="list-style-type: none"> - Préparation des opérations, implantation - Relevés de terrain / topographie - Lien avec les données stratigraphiques - Gestion de la documentation de fouille - Inventaire de structures - Production de plans de fouille 	<ul style="list-style-type: none"> - Dossiers documentaires préalables aux opérations - Inventaires typo-chronologiques de structures - Gestion des emprises d'opérations - Intégration de données issues d'autres sources (cartes anciennes, environnementales ...) - Carte archéologique
Recherche	<ul style="list-style-type: none"> - Etudes exploratoires - Analyse des répartitions spatiales - Analyse des organisations spatiales 	<ul style="list-style-type: none"> - Croisement des données - Etudes de territoires - Etudes urbaines - Topographie historique - Etudes morphologiques - Etudes des réseaux - Dynamiques du peuplement

L'échelle d'analyse est déterminante pour la description des phénomènes étudiés, la sélection des données, leurs exploitations potentielles et la structuration des systèmes d'information.

1.2.2 A l'échelle de la fouille

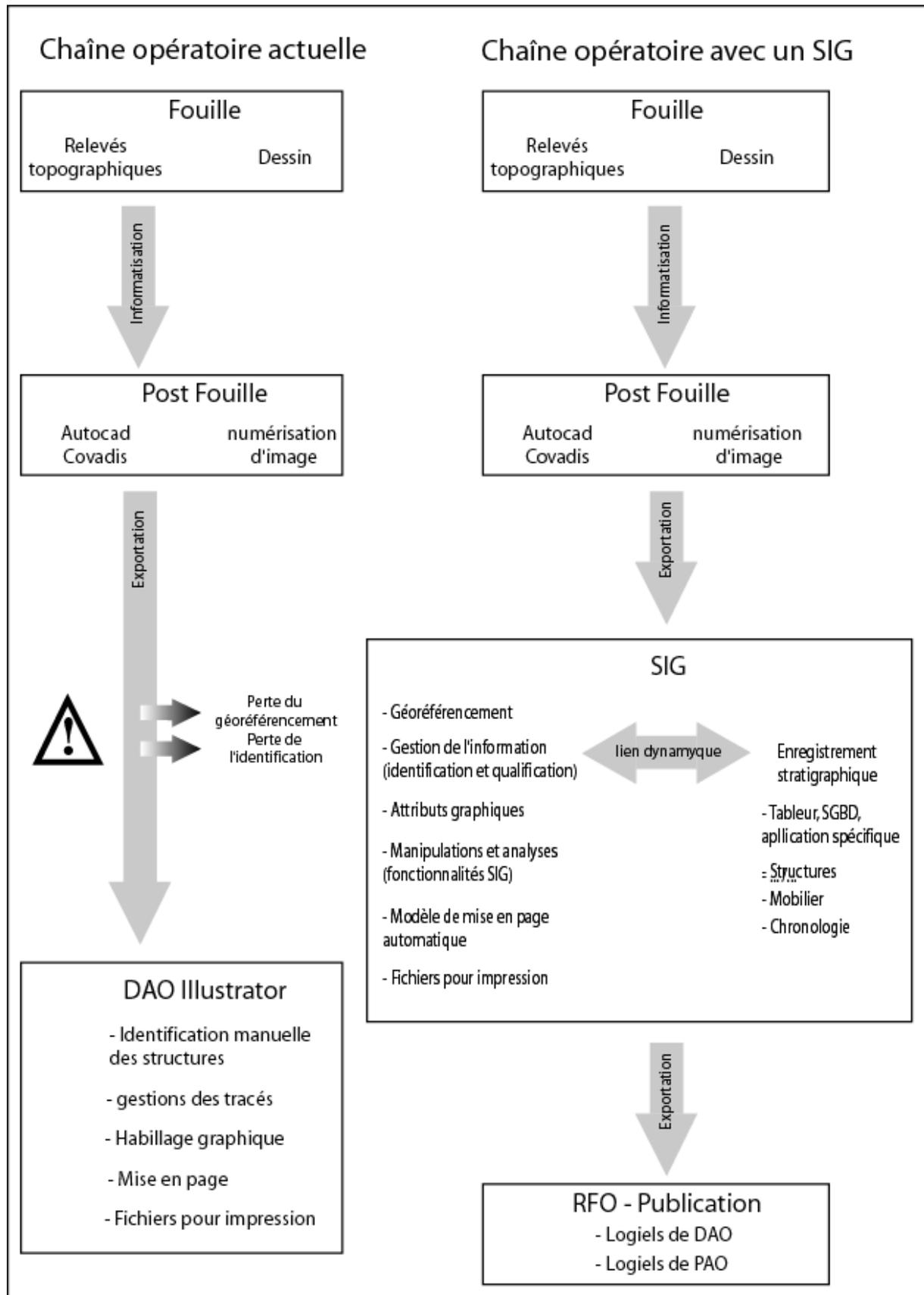
Le processus de traitement de l'information spatiale, depuis l'acquisition des données de terrain jusqu'à la production de plans pour les RFO, se résume ainsi : identification de structures par les archéologues, acquisition des données spatiales par les topographes, passage des outils de topographie aux outils de DAO, traitement en DAO par des dessinateurs en lien avec les archéologues pour la production des plans des RFO.

Le travail des topographes consiste soit à faire un relevé de structures, soit à localiser les relevés effectués par les archéologues. Dans les deux cas, lors de cette étape, le géoréférencement et, dans la plupart des cas, l'identification des structures sont saisis par les topographes à l'aide de Covadis. De son côté, le responsable d'opération (RO) organise l'inventaire des données stratigraphiques et mobilières dans un système d'enregistrement informatisé ou une base de données individuelle ou simplement un tableur. Les données spatiales sont ensuite exportées de Covadis pour être traitées en DAO sous Illustrator. A ce moment précis de la chaîne, l'identification des structures et leur géoréférencement sont perdus. Les dessinateurs vont ensuite produire des plans thématiques ou chronologiques en fonction des indications des RO en les interrogeant pour identifier les structures. On imagine aisément qu'un outil permettant de conserver le géoréférencement et l'identification des structures permettrait de créer un lien dynamique avec les inventaires informatisés et donc, *a minima*, d'automatiser la sélection des éléments nécessaires à l'élaboration des plans.

Un outil SIG qui interviendrait après la topographie aurait pour avantage de conserver le géoréférencement et l'identification des structures. En outre, les SIG permettent d'intégrer les données attributaires provenant de tableurs ou de logiciels de bases de données, voire d'établir un lien dynamique (ODBC par exemple) avec les SGBD les plus courants. Cela permet d'effectuer toutes les requêtes nécessaires du point de vue attributaire en ayant une traduction spatiale immédiate. En ce qui concerne la production de plans, les logiciels SIG actuels permettent d'automatiser aisément la mise en page de documents fondés sur une requête et intégrant le géoréférencement (donc l'échelle), l'identification et la légende. A tout moment du traitement, il est possible de sortir de ces outils vers des formats de DAO si cela s'avère nécessaire.

L'utilisation d'outils SIG pour l'exploitation des données est évidemment le point qui cristallise toutes les attentes des RO. Tous s'accordent sur le besoin de manipulation des données à des fins exploratoires d'abord, d'analyse ensuite. Les SIG peuvent répondre à ces attentes à condition que les RO soient impliqués dans leur mise en place. En outre, cette exploitation des SIG n'est envisageable qu'à condition que la première phase, celle de la gestion des données depuis leur acquisition, soit réalisée, elle aussi, sous SIG. L'intégration doit nécessairement être prévue en amont avec un modèle de données correspondant aux objectifs de l'analyse.

Les choix concernant les outils d'enregistrement des données, qu'il s'agisse des relevés de terrain, de la stratigraphie ou encore du mobilier, ne sont pas de simples choix techniques discutables entre tel ou tel outil plus ou moins performant ou plus ou moins coûteux, mais de véritables décisions stratégiques qui pèsent sur le traitement et l'analyse des données, donc sur leur interprétation. La cohérence et la pertinence des résultats archéologiques y sont directement subordonnées.



1.2.3 A l'échelle territoriale

Ici, le SIG peut être employé afin de constituer un fonds documentaire à partir de la représentation spatiale de l'emprise des opérations ainsi que de la cartographie existante (carte topographique, pédologique, géologique, ancienne, cadastre ortho photo...), mobilisable aussi bien pour l'exploitation des données que pour la préparation de dossiers préliminaires. C'est également un moyen d'assurer la mémoire de l'activité de l'Inrap.

Ce type d'utilisation des SIG est envisageable à deux échelons : d'une part celui du territoire opérationnel d'une base Inrap et d'autre part celui, central, de l'ensemble du territoire national. Bien entendu cela n'est pas sans rapport avec la carte archéologique du ministère de la Culture dont il ne s'agit pas de faire un doublon : l'échelle de perception de l'information en est différente et l'objectif n'est pas le même. L'Inrap n'a pas pour mission, ni pour ambition, de constituer l'inventaire national du patrimoine archéologique.

Les thèmes de recherche abordés à cette échelle sont très variés, du monde urbain au monde rural, chronologique ou diachronique.

Ce sont les travaux menés en collaboration, dans le cadre de programmes de recherche du type PCR, ACR, que l'outil doit offrir la possibilité d'interrogation des données interprétées, issues des fouilles, afin de les mettre en perspective et de les croiser avec d'autres sources.

1.2.4 Les utilisateurs

La diversité des pratiques confirme le constat d'éparpillement qui a en partie justifié cette mission. Il en ressort des pertes de temps, d'énergie et malheureusement des découragements. Par ailleurs, les savoir-faire existants en matière de SIG sont pour beaucoup exclusivement fondés sur la manipulation des logiciels. Ils contribuent ainsi à une vision purement technique des SIG qui débouche soit sur une dérive de leur utilisation, soit sur un rejet complet.

Les topographes sont les plus à même de passer rapidement aux SIG avec une révision mineure de leur protocole. Beaucoup d'entre eux étant déjà familiarisés avec les SIG y sont favorables et sont parfois même demandeurs.

Les dessinateurs seraient, eux, les plus directement touchés par un tel changement du mode opératoire du traitement des données. Non seulement ils devraient se former et s'approprier un nouvel outil, mais c'est leur métier même qui changerait. La production d'illustrations, aussi bonnes soient-elles, n'est pas suffisante pour satisfaire aux exigences de l'exploitation des données. En d'autres termes, n'est-il pas préférable de faire juste avant de faire joli ?

Enfin, l'implication des RO est indispensable dans une telle démarche puisque ce sont eux les pilotes. Cette remarque est ressortie systématiquement de tous les entretiens pour souligner que l'utilisation d'outils SIG ne peut se faire qu'avec l'appui inconditionnel des RO, quelles que soient les modalités de mise en œuvre. Lorsqu'elle émane des RO eux-mêmes, il s'agit de souligner leurs besoins de formation et la nécessité de disposer d'un outil d'analyse.

1.3 Quel SIG pour l'Inrap ?

Un projet de SIG à l'Inrap doit tenter de répondre à deux types d'objectifs qui ne sont pas nécessairement antinomiques. Les premiers sont ceux de l'établissement et de ses missions, les seconds correspondent aux besoins exprimés par les utilisateurs potentiels.

1.3.1 Faire le choix des SIG

L'Inrap est face à un choix ambivalent : investir ou non dans un SIG. Il n'y a pas plusieurs scénarios mais une option haute et une option basse.

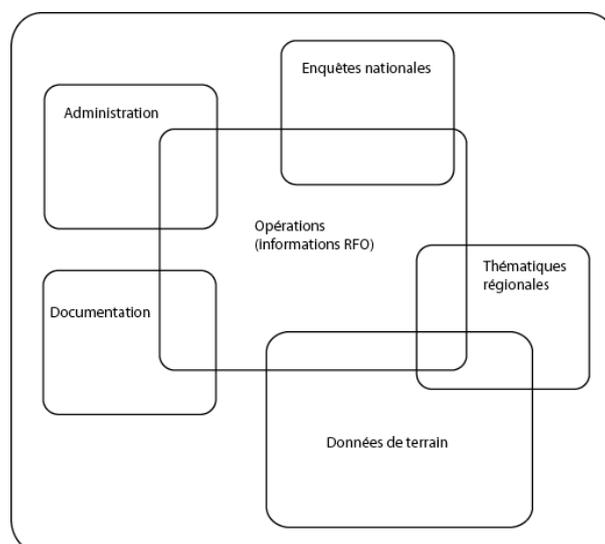
Le second terme de la proposition, qui consiste à ne pas investir dans un SIG, peut être traité rapidement. L'utilisation de SIG en archéologie préventive et en particulier à l'Inrap n'est pas obligatoire ou incontournable et ne constitue pas une réponse à tous les maux. Si l'Inrap décide de ne pas se doter d'un SIG, l'utilisation de ces outils se poursuivra ponctuellement au cas par cas. Cela revient à maintenir la situation actuelle. Cela ne répondrait bien entendu pas à toutes les attentes mais peut être un choix délibéré du processus de travail dans l'Inrap.

Au contraire, si le choix de l'utilisation de ces outils est fait, il engendrera un travail substantiel et d'importants changements de routine. Dans tous les cas, il s'agit d'un choix décisif qui ne peut pas être partiel. Il n'est pas possible d'envisager un saupoudrage de SIG sur la situation actuelle.

1.3.2 Propositions

L'objectif affiché est de proposer un outil relativement simple dans sa structure autorisant une mise en place progressive mais à la hauteur des ambitions de l'établissement. A l'échelle du territoire, il devra permettre de répondre aux besoins d'inventaires spatiaux au niveau national et de recherche au niveau régional ou local. A l'échelle de la fouille il s'agit d'une part, de passer de l'illustration au traitement de données et, d'autre part, d'offrir aux RO un outil de manipulation et d'analyse susceptible de répondre à leurs questionnements spatiaux.

Le but doit être de développer et promouvoir un mode opératoire assurant la validité scientifique du travail effectué à l'Inrap par la mise en œuvre d'outils de gestion, de traitement et d'analyse des données à la hauteur des ambitions scientifiques de l'établissement.



Données de terrain

A l'échelle de la fouille, l'objectif à atteindre est de faire du SIG un outil de travail quotidien des topographes, mais surtout des dessinateurs et des RO. Le SIG doit être utilisé dès l'intégration des données topographiques de manière à établir le lien avec les données attributaires provenant des systèmes d'enregistrement utilisés par les RO. Cela signifie que les dessinateurs doivent se transformer en opérateurs de traitements de données afin de produire les cartes et plans à l'aide de ces mêmes outils. Les RO disposeront alors d'un outil leur permettant d'explorer leurs données et d'effectuer des analyses spatiales.

A terme, on peut imaginer un système d'enregistrement des données de terrain intégré, accessible en réseaux (intranet/internet), dans lequel les topographes verseront les données spatiales et les RO les données attributaires. Il pourra être utilisé pour effectuer les requêtes à partir desquelles seront produits les documents nécessaires au RFO selon des mises en page automatiques. Cette procédure assure l'intégrité des données spatiales (géoréférencement, échelle) et la prise en compte systématique de toutes les données (y compris des valeurs nulles et des manques) dans les protocoles analytiques.

Thématiques régionales

Le SIG permettra, à l'échelle régionale opérationnelle qu'est celle du territoire d'intervention des bases de l'Inrap, de regrouper les données issues des fouilles de façon plus ou moins détaillée selon les besoins et la volonté des agents par base. Au minimum, le système comprendra l'emprise des opérations dont l'association avec des bases de données chronologiques et thématiques permettra de localiser les sites et toute l'information qui leur est associée, par période, type de structures ou type de mobilier. Il peut également s'agir de bases plus développées dans le cadre de projets de recherche du type PCR. Du point de vue de la gestion de l'information, le SIG permettra d'ordonner l'archivage des données spatiales d'une base et de les mobiliser aussi bien pour les RFO que pour les études documentaires préalables. En ce sens, il constituera un outil de consultation et de mise en œuvre de la documentation produite par l'Inrap et autres (cartes topographiques, pédologiques, géologiques, anciennes, cadastres ortho photos...).

Echelle nationale

Le passage à l'échelle nationale, comme le passage à l'échelle régionale, s'opère dans le SIG via l'*opération*, décrite par son emprise ou par un point de localisation selon l'usage souhaité. Les informations la renseignant constitueront le socle commun minimum décrit dans l'arrêté du 27 septembre 2004 pour les RFO. C'est le moyen de doter l'établissement d'une base nationale de l'ensemble de ses opérations tout en conservant la diversité des données selon les opérations et les opérateurs. Plus qu'un système d'enregistrement commun, ce sont des protocoles qu'il faut décrire et mettre en application.

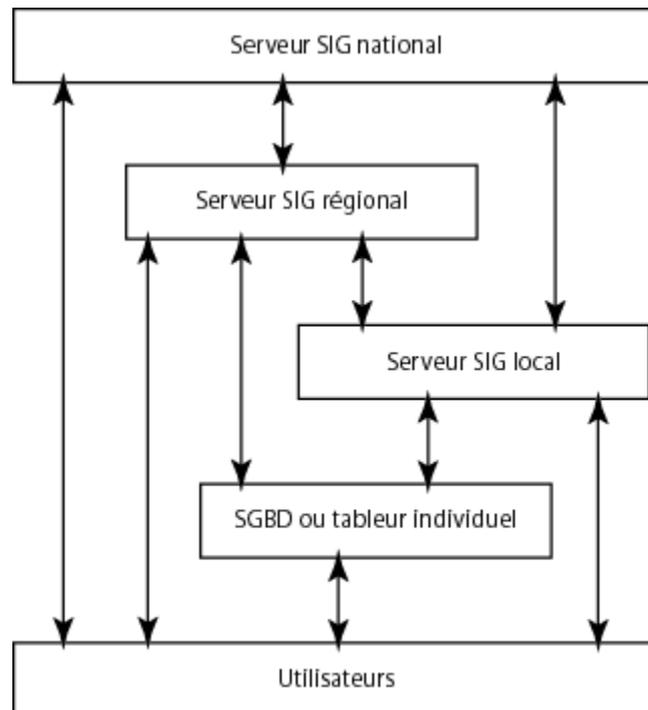
Le code d'opération permet de faire le lien avec tous les domaines de l'établissement et de mobiliser n'importe quelles données afin de les spatialiser (*enquêtes nationales, documentation, administration*).

Architecture

L'imbrication des échelles et la multitude des utilisateurs impliquent des liens dynamiques entre tous les niveaux évoqués selon des conditions d'accessibilité spécifiques. En outre, l'ambition est de faire coexister, dans un même système d'information, un niveau documentaire national et des sous-systèmes ouverts que les utilisateurs pourront développer selon leurs objectifs. Il faut donc identifier tous les niveaux d'intervention et les liens entre eux.

Les objectifs sont :

- de permettre d'accéder à des fonds communs ;
- de pouvoir travailler en ligne ;
- de pouvoir consulter, interroger et récupérer les données de la région voisine ;
- de ne pas être tenu par un modèle de données réducteur ;
- de pouvoir développer son propre système pour une ou des opérations particulières ;



Une architecture réseau distribuée est la mieux adaptée à cette situation parce que c'est la plus proche du schéma fonctionnel décrit et qu'elle présente le meilleur compromis concernant les redondances et les échanges de données.

L'architecture doit répondre aux besoins suivants :

- Un serveur national accessible en consultation et en saisie depuis toutes les bases ;
- Des serveurs régionaux communiquant entre eux comme avec le serveur national et accessibles depuis toutes les bases.

1.3.3 Conséquences

La construction d'un SIG à l'Inrap est complexe et a des implications importantes à tous les niveaux de l'établissement mais aussi dans la pratique même de l'archéologie préventive. Considérant le SIG comme un outil de travail, les conséquences de sa mise en place portent sur les modes opératoires, les protocoles et les habitudes de travail. En outre, cela se traduit par des coûts importants.

Si l'Inrap fait le choix du SIG, les investissements nécessaires devront être à la fois humains et techniques.

Une fois les processus redéfinis, ce sont les métiers qui devront être précisés en s'appuyant sur les expériences existantes et en valorisant les compétences internes. Les besoins de formation sont importants et nécessitent de prévoir un plan à long terme.

Sauf à assurer le développement complet de son propre outil, il faut acquérir le ou les logiciels qui constitueront le moteur technique du SIG. Il existe plusieurs solutions, des logiciels libres aux applications métiers. Dans tous les cas, ce choix ne doit pas intervenir trop tôt dans le processus d'élaboration d'un SIG car il peut se révéler très contraignant

1.4 Conclusion

L'informatisation des données n'a pas pour objectif de reproduire *stricto sensu* ce que l'on sait parfaitement faire manuellement. Elle offre de nouvelles possibilités qu'il faut s'approprier en acceptant de nouveaux processus de travail afin d'en tirer profit. Mener à son terme un processus d'informatisation peut aboutir à un changement de paradigme.

L'ambition du projet doit être à la hauteur des enjeux, le reste n'est qu'affaire de choix et de prise de décision.

A ce stade, le choix devant lequel se trouve l'Inrap ne se pose pas en termes techniques d'utilisation ou non d'outil SIG mais en termes stratégiques. Il s'agit du mode d'instrumentation de l'archéologie préventive. L'enjeu est extrêmement clair : passer de l'illustration au traitement analytique et systématique des données. Il s'agit de la définition, l'acquisition, l'archivage, l'analyse et la valorisation de l'information archéologique produite par l'Inrap. Cet enjeu fixe les objectifs et, de fait, la stratégie pour les atteindre. Les conséquences sont telles, dans l'organisation du travail, les procédures, les rôles de chacun, que l'on se trouve face à une redéfinition des métiers et du processus de travail. A terme, le passage au SIG implique une formalisation stricte et univoque des objets d'étude selon l'échelle considérée pour permettre leur modélisation spatiale. Ce changement radical de procédé va au-delà de la simple mise en relation des plans ou cartes avec les bases de données existantes. Les SIG sont souvent perçus comme des instruments fédérateurs dans les organisations. Il convient, néanmoins, d'être vigilant pour que le SIG ne devienne pas un objet autonome prenant le pas sur les objectifs qui dictent sa mise en œuvre.

Dans une telle perspective, faire le choix des SIG à l'Inrap est une option ambitieuse. Pour autant, l'Inrap peut-il faire l'impasse sur la modernisation des modes opératoires de traitement des données en archéologie préventive ? Avec les missions qui lui sont confiées en tant que principal opérateur de l'archéologie préventive française et le seul d'ampleur national, face à l'émergence de nouvelles concurrences, l'Inrap doit mettre en œuvre les instruments de travail à la hauteur de ce rang.

L'utilisation des outils SIG et du processus de traitement des données participent, à court et moyen termes, à cette restructuration.

2. Mission 2008

2.1 Le choix de la DST

Sur la base des conclusions formulées à l'issue de l'expertise de 2006, la DST m'a commandé une seconde étude en 2008 afin d'envisager l'utilisation des SIG à l'échelle des opérations comme un outil d'aide à la recherche. Il s'agit d'étudier la mise en œuvre d'un outil SIG intra-opération avec la possibilité de préparer l'alimentation de bases territoriales. Le choix de l'échelle intra-opération est crucial : si l'intégration des données dans le SIG n'est pas programmée dès l'étape clef de la fouille, la phase d'acquisition a posteriori pour le traitement de données est rédhibitoire.

L'objet est de proposer un protocole de traitement de l'information et l'organisation du processus plutôt que le développement d'une application métiers "clef en main".

L'orientation ainsi fixée implique de s'intéresser autant aux pratiques qu'à l'outil lui-même. Pour l'intra-opération, il convient de définir un mode opératoire pour convertir les manières de faire à l'utilisation d'un nouvel outil afin de garantir une qualité de traitement et d'analyse des données acquises sur le terrain.

La mission doit aboutir à la rédaction de schémas d'organisation et de mise en œuvre. Les choix et recommandations porteront en particulier sur les points suivants : échelle(s) considérée(s), liens avec les systèmes d'enregistrement, architecture informatique, outils logiciels, chaîne opératoire, implications organisationnelles, définition des rôles, plan de formation, échelle de déploiement du système.

2.2 Enjeux et objectifs

L'enjeu reste celui identifié en 2006 de passer de l'illustration au traitement des données dans l'objectif revendiqué par la DST d'améliorer la qualité du raisonnement archéologique. Dans cette perspective, l'introduction des SIG comme outil de travail quotidien participe d'une démarche systématique de traitement analytique des données. Là encore, il faut insister plus sur le caractère procédural et méthodologique de la démarche que sur de simples choix techniques.

Jusqu'à présent, dans les expériences menées, les RO n'étaient pas assez impliqués et les systèmes mis en place sont restés cantonnés à des approches gestionnaires ou documentaires sans devenir de véritables outils de recherche. En outre, dans la plupart de ces expériences, la manipulation des données était réservée à une ou deux personnes maîtrisant l'utilisation des outils SIG. Le passage de l'illustration au traitement de données représente un changement considérable des pratiques qui va bien au-delà de simples modifications d'habitudes. Il s'agit d'intervenir, via la mise en œuvre des outils SIG, sur l'ensemble des protocoles de l'acquisition des données au rapport de fouilles en passant évidemment par les phases de traitement et d'analyse. L'occasion qui nous est offerte consiste à préciser le protocole analytique de la fouille archéologique afin de l'inscrire dans une démarche scientifique. Seul l'Inrap est en mesure d'opérer cette transformation radicale. Par son statut et ses missions, il est le seul établissement national capable de transformer une réflexion méthodologique en un protocole scientifique de traitement des données. Là où toutes les autres

tentatives resteront anecdotiques ou expérimentales, l'Inrap a l'occasion de faire progresser la méthodologie de l'archéologie préventive. Ce protocole doit être à la hauteur de l'ambition que l'on se fixe lorsque l'on travaille sur les sociétés du passé et leur rapport à l'espace : occupation et production d'espace, relation société/espace, relation société/milieu, longue durée.

2.3 Un outil d'aide à la recherche pour les responsables d'opération

Le recours aux SIG ne saurait se limiter à la seule informatisation du traitement de l'information spatiale, c'est-à-dire l'acquisition, la sélection, la représentation et la mise en page. Le SIG offre un fort potentiel d'analyse, d'une part en assurant le lien entre les volets sémantique et spatial de l'information archéologique, d'autre part en ouvrant l'accès aux propriétés spatiales des entités archéologiques. Il n'est donc pas question d'automatiser des procédés manuels parfaitement maîtrisés mais d'adapter le processus qui conduit à l'interprétation des données de fouille. Ce changement de perspective induit par l'introduction des SIG doit permettre de répondre à l'objectif fixé par la DST d'amélioration du raisonnement archéologique en tirant profit du potentiel d'un nouvel outil.

En ce sens, les SIG, souvent présentés comme des outils d'aide à la décision, deviennent des outils d'aide à la recherche. L'implication des RO dans ce processus est la clef de sa réussite. Il n'est, bien entendu, pas question de transformer les RO en géomaticiens mais l'objectif est d'intégrer les SIG dans leur palette d'outils. Ils doivent s'approprier l'usage en routine des SIG pour manipuler les données à des fins d'analyse exploratoire.

Un système d'information à référence spatiale a pour vocation l'acquisition, l'archivage, l'analyse et l'affichage des données. Pour permettre cela, une phase d'abstraction préalable est nécessaire (Denègre, Salgé 1996). Elle consiste comme dans tout système d'information à modéliser le monde réel afin de définir la structuration des données. Ici, il s'agit de formaliser les objets d'études archéologiques avant de les modéliser en fonction de l'échelle d'analyse et des objectifs fixés. Comme tous les systèmes d'information, il ne s'agit en aucun cas d'un outil censé répondre à toutes les situations et toutes les attentes de tous les utilisateurs potentiels.

L'utilisation des SIG par les responsables d'opérations doit leur être utile pour la préparation des opérations de diagnostic et de fouille ainsi que pour l'interprétation et le traitement des données de terrain. L'enregistrement systématique des données spatiales à des fins de recherche à l'aide des SIG permettra dans le même temps d'aborder l'analyse d'ensembles de données jusque là peu ou pas exploités. La quantité d'information recueillie lors des diagnostics, par exemple, est rarement mise en perspective au-delà de la mesure de la contrainte archéologique qui pèse sur les terrains concernés. Mais même à ce stade, les outils d'interpolation spatiale auxquels les SIG donnent accès permettront d'affiner l'évaluation archéologique.

2.4 Implications

2.4.1 Questions préliminaires

Avant même d'examiner les transformations engendrées par l'introduction des SIG dans la boîte à outil de l'archéologue, il convient de recenser les questions que cela soulève.

Quelle échelle ?

La question cruciale de l'échelle d'analyse (cf. 1.2.1) est déterminante pour toutes les autres. Elle se pose elle-même à deux niveaux.

Le premier est celui de la définition des objets d'études qui seront traités par le SIG mis en œuvre. La réponse est alors sans ambiguïté car l'échelle est déterminée par un seul critère : la résolution des phénomènes que l'on souhaite étudier. Cela signifie que la question est récurrente à chaque étude et qu'il n'y a donc pas de système universel. En outre, le changement d'échelle ne se cantonne pas à la représentation géométrique des objets étudiés mais intervient également dans les deux autres dimensions qui les caractérisent : la description sémantique (l'interprétation) et la temporalité.

Le second niveau auquel se pose la question de l'échelle est celui du système lui-même. Ici, l'Inrap a fait le choix de l'utilisation des SIG à l'échelle des opérations afin de structurer les données dès leur acquisition. Dans un premier temps, l'accumulation de données à cette échelle sera progressivement utile à la préparation d'opérations voisines. Dans un second temps, se posera la question de la mise en perspective de ces données entre plusieurs opérations puis de leur exploitation pour l'étude des territoires dans lesquels elles s'inscrivent. Choisir d'entrer par le niveau de l'acquisition des données permettra de constituer une base de données géographique des opérations d'archéologie préventive réalisées par l'Inrap. Ainsi, si l'objectif clairement défini à l'échelle intra-opération est atteint, il préparera de fait le passage à d'autres échelles en fournissant dans un premier temps un catalogue des opérations et des données spatiales. Néanmoins, la structuration des données à des échelles territoriales nécessite une modélisation spécifique que ce rapport ne prétend pas aborder.

Qui est concerné ?

L'utilisation que nous envisageons des SIG s'adresse en premier lieu aux responsables d'opération. Pour autant, toutes les personnes qui interviennent dans la conduite d'une opération sont concernées depuis sa préparation à la remise du rapport. Les niveaux de compétence nécessaires pour la manipulation des outils SIG sont différents. Néanmoins, comme pour beaucoup de systèmes d'information, l'impact d'un SIG dans l'organisation du travail est important. Les SIG sont souvent définis et perçus comme des systèmes fédérateurs dans les organisations. Ils nécessitent un pilote, le responsable d'opération, mais s'appuient sur une organisation du travail en équipe. En aucun cas ils ne doivent être le domaine réservé d'une cellule hyperspécialisée.

Quelles sont les contraintes techniques ?

Il ne s'agit pas de fournir à chaque RO une application dédiée à la fouille archéologique. Cela soulève donc de nombreuses questions techniques. Quel est le niveau pertinent de déploiement du système ? Est-ce celui d'une opération, d'un RO, d'un centre archéologique, d'une direction interrégionale ou de l'établissement ? Selon les cas, quels sont les besoins informatiques (software, hardware, réseau) pendant et après les opérations ?

A quoi sert l'illustration dans le raisonnement archéologique ?

On oppose souvent le fait que l'outil SIG ne remplace pas un outil de dessin qui permet une meilleure représentation de la réalité (par l'utilisation de courbes de Bézier par exemple). Mais le relevé comme le dessin technique, aussi précis soient-ils, sont déjà une modélisation de la réalité observée. En outre, le soin accordé aux illustrations pour leur utilisation dans les rapports d'opérations est

légitime du point de vue de l'esthétique mais ne répond pas aux questions de traitement de données. A quoi servent par exemple les dessins pierre à pierre dans l'interprétation des données, à part leur représentation ? Très souvent, les dessins pierre à pierre sont réduits pour être insérés dans le format des rapports ou des publications à des échelles où ils ne sont plus lisibles. Cela apporte-t-il autre chose que le sentiment du devoir accompli en montrant que l'on a enregistré le maximum d'informations le plus précisément possible ? Non pas que les relevés soient faux mais la priorité donnée à l'esthétique des représentations plutôt qu'au traitement de données traduit une fuite en avant qui permet d'éviter d'autres questions. En d'autres termes, une réflexion est nécessaire sur l'objet du dessin : pourquoi relève-t-on ? Que relève-t-on ? Les relevés peuvent-ils être remplacés par d'autres formes d'enregistrement (photo géoréférencée par exemple) ?

L'introduction des SIG dans le processus d'interprétation des données archéologiques n'a pas pour objet de remplacer les outils de dessins existants. En effet, les SIG ne sont pas des outils de cartographie. Même s'ils permettent de produire des cartes, celles-ci ne sont qu'une des formes de sortie possibles des systèmes d'information. Le rôle du dessin archéologique pour le mobilier, les coupes, les relevés de détail, reste indiscutable mais doit être clairement distingué des traitements nécessaires à l'analyse spatiale des données. Il convient donc de repenser le processus en fonction de l'analyse des données et non pas de leur représentation graphique présumée objective. Pour cela, il faut partir de la définition et de la formalisation de l'objet d'étude et élaborer sa modélisation en fonction des traitements auxquels on veut le soumettre. Ce sont les questions auxquelles on souhaite apporter des éléments de réponse qui conditionnent la structuration de l'enregistrement des données.

2.4.2 Formalisation des objets d'étude et informatisation des données attributaires

Le passage au SIG implique une formalisation stricte et univoque des objets d'étude selon l'échelle considérée pour permettre leur modélisation spatiale. Cela signifie à l'échelle de l'opération archéologique qu'il faut définir chaque unité d'enregistrement spatial de l'information archéologique.

La mise en œuvre d'un SIG, envisagé selon les principes retenus, conditionne les modalités d'enregistrement des données spatiales et attributaires selon des règles simples :

- **la création d'objets spatiaux identifiés correspondant aux unités d'enregistrement archéologiques** : chaque entité archéologique devient, dans le SIG, un objet spatial de forme ponctuelle, linéaire ou polygonale ;
- **l'informatisation des données attributaires dans un système d'enregistrement en parallèle** : il s'agit des données sémantiques associées à un objet spatial. Au minimum, elles doivent être saisies dans un tableau structuré, au mieux dans un système gestionnaire de base de données ;
- **l'association des données attributaires du système d'information aux objets spatiaux créés dans le SIG** : la relation données spatiales-données sémantiques repose sur l'utilisation d'un identifiant commun.

L'utilisation des SIG n'implique pas nécessairement un enregistrement homogène sur un modèle unique normalisé pour l'ensemble des opérations et des utilisateurs. Elle implique en revanche l'informatisation des données attributaires en parallèle dans un système d'information permettant l'association des objets spatiaux et des données attributaires dans l'outil SIG utilisé.

La condition de l'informatisation minimum de l'enregistrement sémantique pour son exploitation sous SIG ne constitue pas un surcroît de travail sur les opérations dans la mesure où le décret de 2004 portant sur la définition des normes de contenu et de présentation d'opérations archéologiques exige du responsable d'opération qu'il fournisse un « *inventaire des unités stratigraphiques et des structures archéologiques, en précisant leurs relations* » (Article 7, Titre II « Organisation du rapport », texte 39). Le RO est donc tenu de réaliser, au minimum, une liste des données stratigraphiques. Si la liste est réalisée à l'aide d'un tableur, elle peut être facilement importée dans le SIG.

Le lien entre les systèmes d'enregistrement de données et les SIG peut prendre différentes formes de l'import/export de fichiers de données à la liaison dynamique entre systèmes d'informations (selon le protocole Open DataBase Connectivity par exemple).

2.4.3 Redéfinition des processus, procédures et modes opératoires

Il est maintenant évident que l'implication majeure de l'intégration des SIG dans les opérations n'est pas une affaire technique mais porte sur la redéfinition des processus, procédures et modes opératoires. C'est-à-dire, une redéfinition des tâches à effectuer, étape par étape, une redéfinition des métiers, un recensement des besoins techniques tant à l'échelle de l'opération qu'à l'échelle de l'établissement

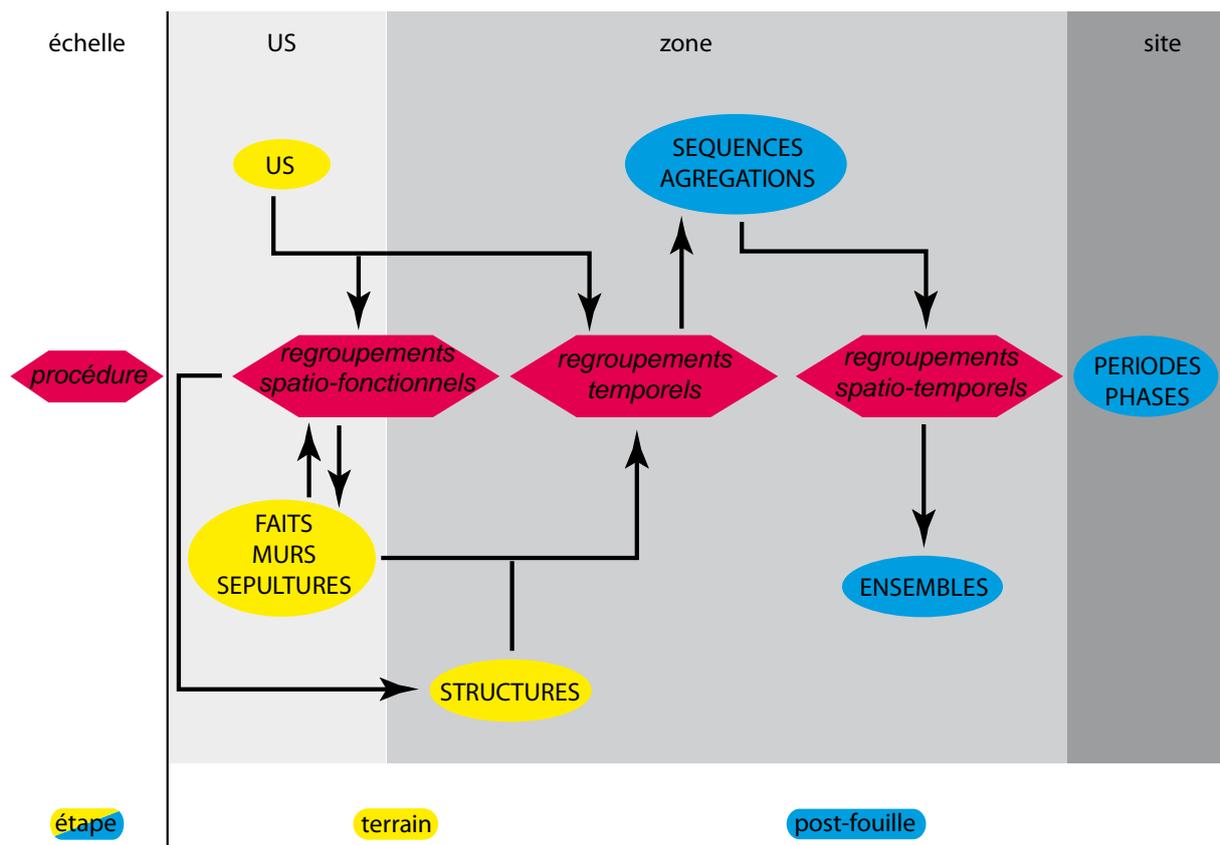
Le constat effectué lors de la mission d'expertise en 2006 a permis de décrire sommairement le processus observé pour le traitement de l'information spatiale à l'échelle des opérations et de proposer son adaptation en y intégrant un outil SIG (cf. 1.2.2). Les principaux défauts relevés du point de vue du traitement des données et les améliorations envisageables apportées par l'utilisation des SIG ont ainsi été identifiés. Il convient maintenant de construire un nouveau processus sans tenter de transformer la situation existante mais, dans l'absolu, en le fondant sur l'utilisation des SIG. Cette option, qui consiste à faire abstraction des schémas d'organisation actuels, est la seule qui permette d'envisager une organisation optimale et de tirer le meilleur parti des nouveaux outils proposés. Il va de soi que cela ne préjuge pas des modalités de déploiement du système proposé ni des adaptations nécessaires face au principe de réalité auquel cette proposition sera confrontée dès la première expérience. En d'autres termes, le modèle proposé représente la situation à atteindre pour répondre aux objectifs fixés. Sa mise en œuvre devra passer par une phase de test afin de l'évaluer et de le modifier en conséquence puis par un déploiement progressif adapté aux rythmes des évolutions que l'établissement est capable de supporter tout en continuant de répondre à sa mission opérationnelle.

3. L'intégration des SIG dans le processus des opérations archéologiques

3.1 Le raisonnement logique

La mode de raisonnement qui conduit à l'interprétation des données archéologiques à l'échelle de la fouille consiste en une double approche, d'une part inductive et d'autre part hypothético-déductive. La première, inductive, est fondée sur une chaîne d'inférences à partir des connaissances acquises principalement par la fouille et dont l'analyse conduit à l'interprétation historique. La seconde, hypothético-déductive, consiste à partir de la position supposée du site fouillé dans une aire chrono-culturelle pour en déduire son inscription spécifique. Les deux démarches interfèrent et se rejoignent dans leur apport à la compréhension des phénomènes auxquels elles doivent chacune permettre d'aboutir.

La mise en œuvre des données archéologiques de terrain (Galinié *et al.*, 2005) procède d'un processus inductif de regroupements successifs (fonctionnels, spatio-fonctionnels, spatio-temporels) des atomes d'informations — les unités stratigraphiques ou couches archéologiques, les faits — et, de manière déductive, d'une périodisation hiérarchisée et spécifique au site fouillé, fondée sur les hypothèses d'inscription des phases d'occupation du site dans un modèle historique.

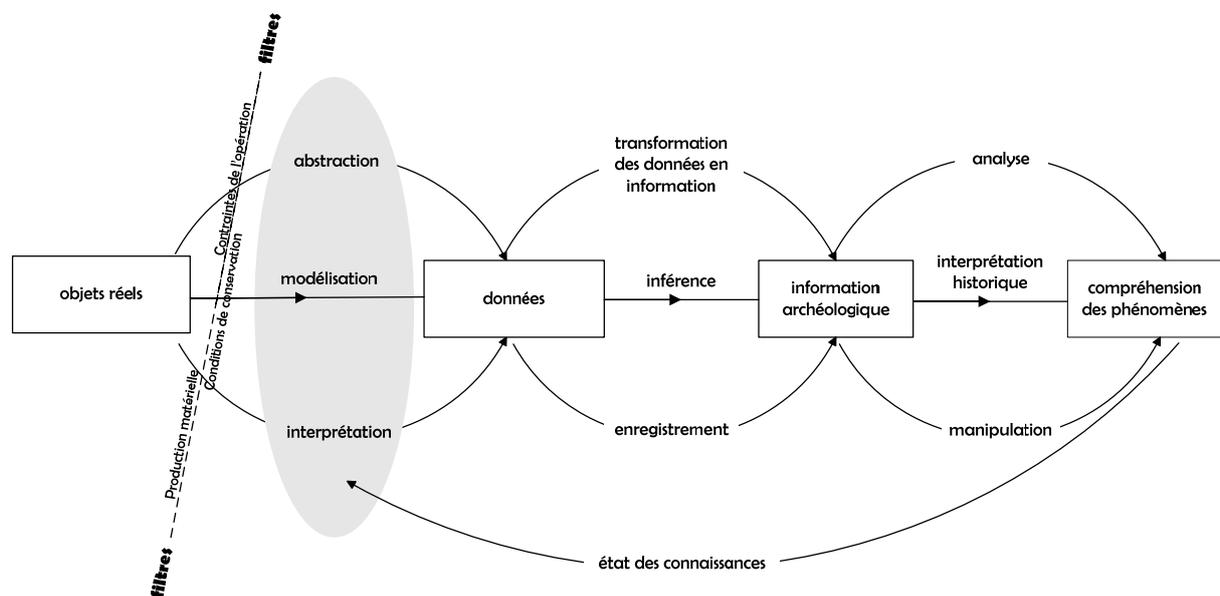


Le processus d'analyse stratigraphique (Galinié *et al.*, 2005)

A l'échelle de la fouille, ce mode opératoire permet d'une part d'assurer la robustesse des données de l'analyse par l'utilisation de systèmes d'information adéquats et d'autre part d'échapper à l'illusion que, du large ensemble des données les plus précises possible en entrée, sortira l'étroite

réponse à la question posée en sortie. Cela relève de la confusion entre système d'enregistrement purement descriptif, prétendument objectif et exhaustif, et système d'information élaboré pour répondre à une problématique.

L'élaboration de la connaissance archéologique repose sur un raisonnement logique dans lequel s'inscrit le processus des opérations archéologiques. La particularité archéologique de ce schéma, qui correspond par ailleurs à une démarche scientifique classique, réside d'une part dans les filtres spécifiques qui contraignent la modélisation de la réalité (Gallay 1986 : 126-156), d'autre part dans l'archéologie elle-même interdisant de fait le renouvellement de l'expérience. L'apport des connaissances issues d'une opération n'est utile aux suivantes qu'en termes de choix sur la modélisation et les protocoles qui en découlent, non pas directement sur les conditions initiales de l'expérience.



Le raisonnement logique

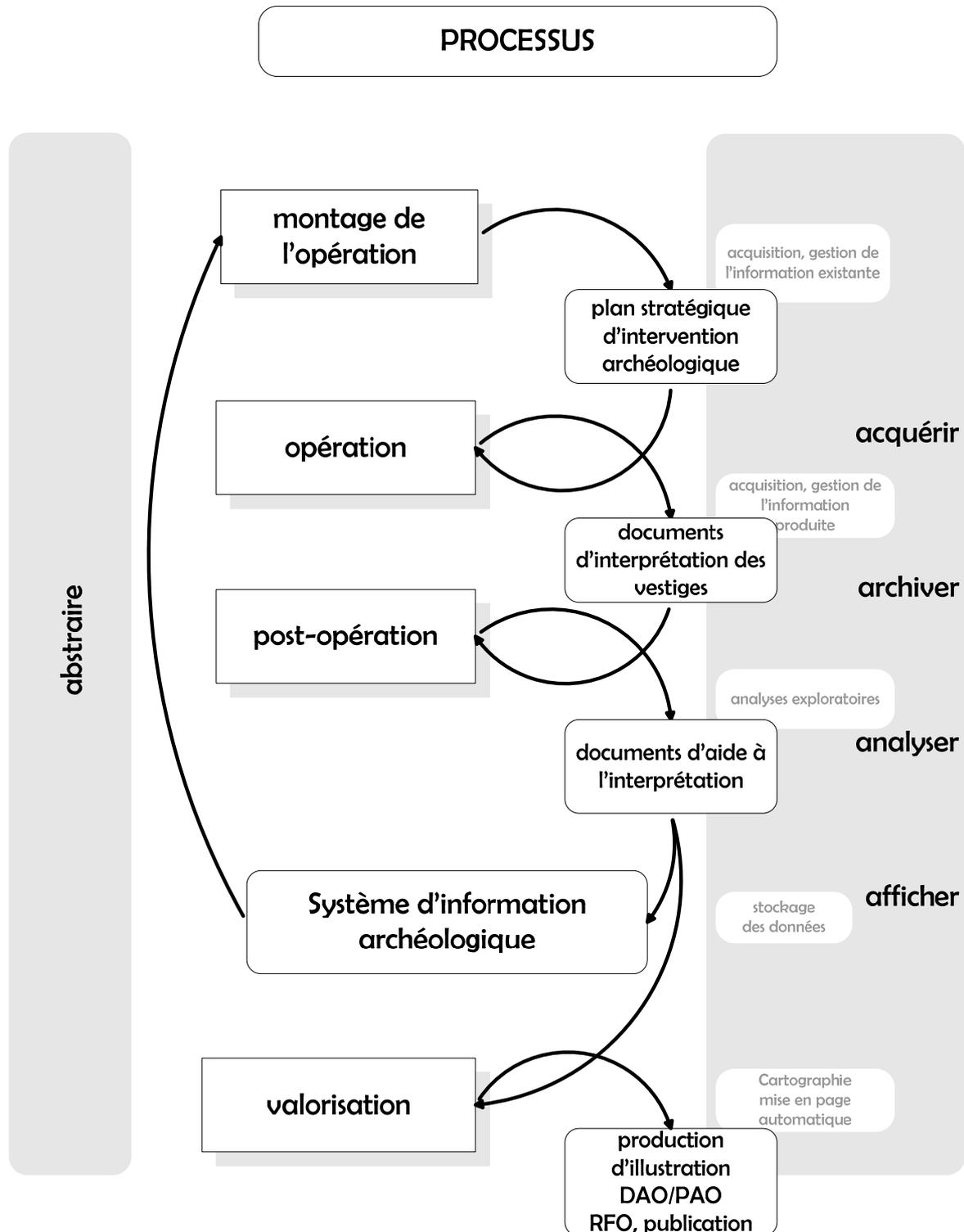
3.2 Le processus et ses étapes

Après la présentation du processus global, chaque étape est décrite par un schéma développé qui expose plus précisément son déroulement, les opérations et les manipulations qui y sont associées. Selon les types d'opération (diagnostic/fouille, stratifié/non stratifié), les données sollicitées et les techniques employées seront différentes : le processus envisagé tient compte de l'ensemble de ces cas de figure. Certains schémas exposent donc le champ des possibles et non pas nécessairement l'ensemble des tâches à accomplir et des données à collecter et exploiter impérativement. A chaque étape, sont associés les inventaires des tâches à effectuer, des ressources humaines impliquées et des moyens nécessaires.

A une vision verticale du processus reposant sur une subdivision importante des missions et une hyperspécialisation des compétences, se substituent une vision plus horizontale des tâches à effectuer et un travail en équipe.

3.2.1 Processus global

Le processus comporte quatre étapes : le montage de l'opération, l'opération, la post-opération et la valorisation. On appelle « opération » toute opération de terrain : fouille ou diagnostic.



Le processus repose sur l'apport, à chaque étape, de l'utilisation des outils SIG, conformément aux objectifs visés. Il est fondé sur l'imbrication de ces étapes et des quatre fonctions élémentaires qui caractérisent les SIG : acquérir, archiver, analyser, afficher (Denègre, Salgé 1996 : 62). Etant entendu

que l'abstraction est une phase préalable, et indispensable, à la construction de tout système d'information. L'objectif est que, du montage de l'opération à la valorisation des données archéologiques, les informations collectées, produites et/ou exploitées soient intégrées sous forme numérique au SIG.

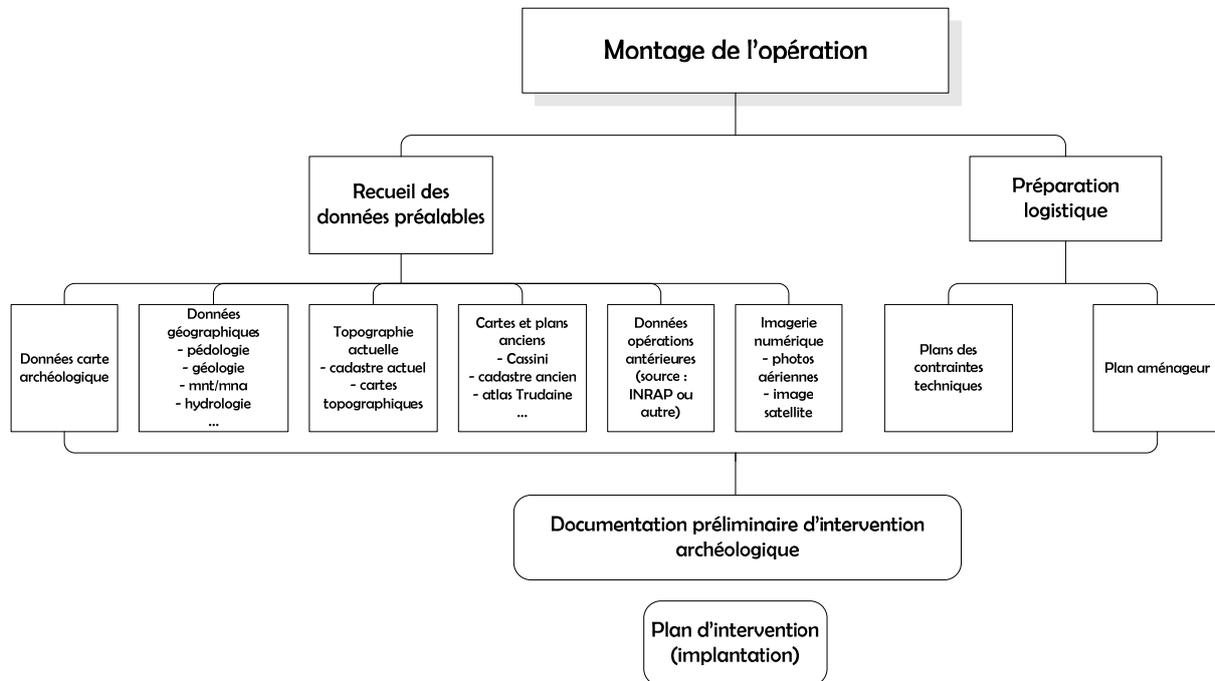
L'intégration des données et leur exploitation systématique à chaque stade du processus dans un SIG permet de produire d'une part, de nouvelles informations issues de la confrontation de sources différentes et des analyses exploratoires réalisées, d'autre part, des documents de travail, non définitifs et renouvelables à souhait, adaptés à chaque stade du processus, à chaque raisonnement : ils facilitent, selon les cas, l'interprétation ou l'illustration. Chaque étape est donc sanctionnée par un ou des documents obtenus par l'affichage des données enregistrées et traitées dans le SIG : ces documents rendent compte des informations acquises, produites, saisies et exploitées à un moment précis du processus. Ils sont censés apporter une aide décisive à l'archéologue en matière d'interprétation et conditionnent partiellement l'étape suivante.

Lors du montage de l'opération, les données et documents nécessaires à la préparation de l'intervention de terrain sont compilés et intégrés au SIG. A partir de cette documentation, le SIG offre la possibilité au responsable d'opération d'établir un **plan stratégique d'intervention archéologique** permettant d'anticiper l'étape de terrain. Pendant l'opération, le recours au SIG, dès l'acquisition des données, est directement utile à la conduite de l'opération à travers des **documents d'interprétation des vestiges**. La base de données localisées ainsi constituée est exploitable dès le début de la phase post-opération. Le SIG est utilisé pour la manipulation des données, leur analyse exploratoire se traduisant par des **documents d'aide à l'interprétation**. L'intégration progressive des données collectées, produites ou transformées à chaque étape du processus alimente un système d'information archéologique exploitable comme outil de recherche et de traitement des données à l'échelle de l'opération mais aussi comme une base archéologique actualisée pour les opérations à venir. L'étape de valorisation clôt le processus par la **production d'illustrations** versables le cas échéant dans les outils adaptés de mise en forme, Dessin Assisté par Ordinateur, et de Publication Assistée par Ordinateur. A ce stade, les documents produits ne participent plus du traitement de données dans le système d'information mais ne relèvent plus que de l'illustration.

Les procédures sont décrites ici dans une configuration minimale la plus simple possible. Il va de soi qu'elles peuvent-être considérablement améliorées en faisant appel à de nouvelles technologies dont le développement rapide permet d'envisager une utilisation prochaine. C'est le cas d'outils matériels comme les Tablet PC par exemple ou de nombreux outils logiciels facilitant tel ou tel traitement. Le produit Arch-tablet (<http://www.quebecgeographique.gouv.qc.ca/approfondir/bibliotheque/geoinfo/geoinfo-janvier-2007.asp>) développé par une équipe québécoise réunissant archéologues et géomaticiens, par exemple, pourrait avantageusement faciliter les relevés en s'intégrant à la procédure décrite ci-dessous. Cependant, ce n'est pas autour de l'utilisation d'un outil que se construit l'enchaînement des procédures. Il est avant tout nécessaire d'établir un processus robuste. L'apport de nouveaux de nouveaux outils permettra ensuite de simplifier les tâches, d'améliorer les réalisations, d'optimiser le processus. Plus ce dernier sera stable, plus ces apports se feront facilement. Il convient, en revanche d'être vigilant à ne pas laisser une technologie quelle qu'elle soit prendre le pas sur les objectifs archéologiques.

3.2.2 Montage de l'opération

L'étape qui précède l'intervention de terrain comporte deux volets : le premier a trait à la collecte des données scientifiques préalables à toute opération archéologique, le second à la préparation logistique de l'opération.



Les données préalables collectées lors de la phase préliminaire au terrain sont multiples et variées. Elles dépendent de la documentation disponible et de l'accessibilité des données. Le schéma proposé fait état de l'ensemble de la documentation susceptible d'être compilée à ce stade. En pratique, il est probable que la totalité des données citées ne seront pas toujours disponible, accessible et intégrable dans un système d'information géographique.

Le volet logistique comprend deux types de document : le plan aménageur et le plan des contraintes techniques. Le premier renvoie aux informations spatiales relatives au projet d'aménagement et, plus précisément, à l'emprise topographique du projet. Le second concerne essentiellement les opérations en milieu urbain où les risques de percer des canalisations souterraines sont les plus élevés. On compte autant d'informations qu'il y a d'opérateurs impliqués (eau, gaz, électricité, assainissement...).

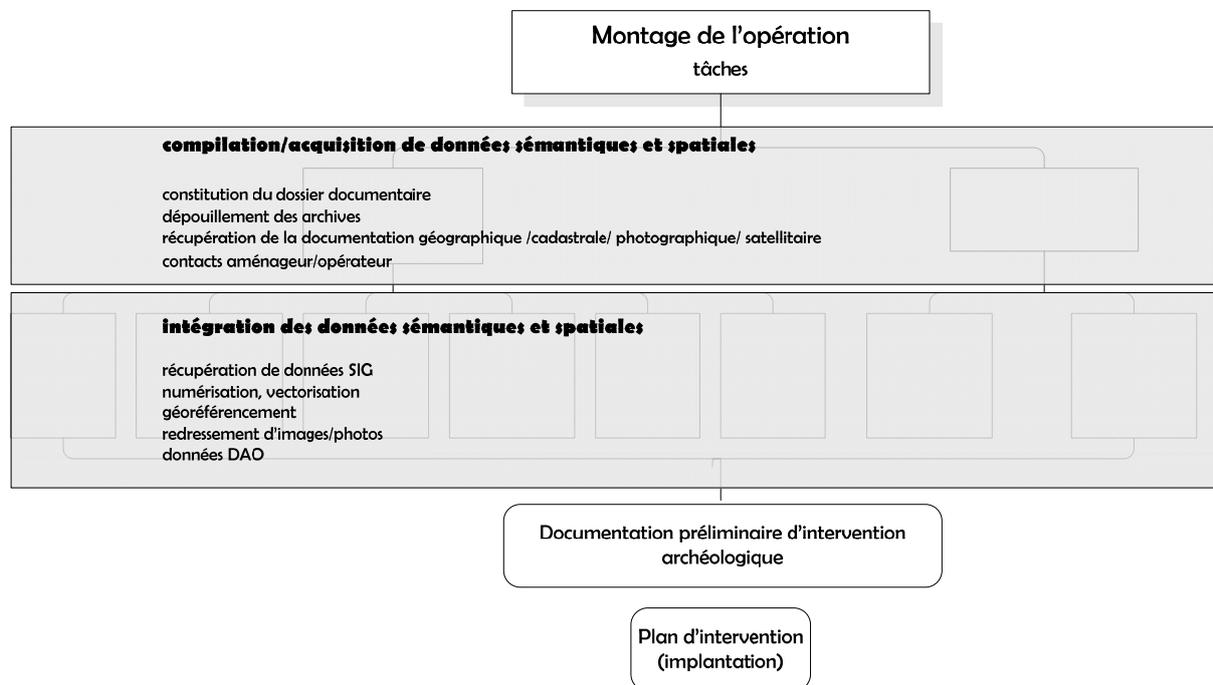
L'ensemble des données mentionnées ci-dessus est susceptible d'être intégré à un SIG afin de constituer le corpus de documents préliminaires à l'intervention archéologique. L'utilisation du SIG est relativement rudimentaire : il s'agit avant tout de compiler et d'archiver les informations spatiales nécessaires à la préparation scientifique et logistique de l'opération. Ces informations pourront être ré-exploitées lors d'autres étapes du processus. A ce stade, elles permettent d'établir un plan stratégique d'intervention offrant la possibilité de visualiser les zones de fouille et/ou de diagnostic, implantées conformément aux contraintes des divers intervenants. Une fois dressé, ce plan d'intervention permet d'obtenir les coordonnées des zones à sonder dans un tachéomètre ou un GPS afin d'implanter rigoureusement les aires d'intervention selon le plan préétabli. L'outil SIG permet, par exemple, d'évaluer le pourcentage la surface des tranchées de diagnostic à implanter.

3.2.2.1 Tâches à effectuer

Le récolement des données nécessaire à cette étape ne diffère pas des pratiques actuelles. Il s'agit de constituer un dossier documentaire par la récupération de la documentation géographique, photographique et cadastrale existante. En revanche, leur intégration systématique dans un SIG implique de nouvelles tâches comme la numérisation, la vectorisation, le redressement d'image et le géoréférencement.

Dans le même temps, il est nécessaire de contacter les différents opérateurs impliqués dans l'opération

Au terme de cette phase préparatoire, la documentation constituée doit être utilisable (numérisée, géoréférencée, indexée...) pour permettre au Responsable d'Opération d'établir son plan d'intervention.

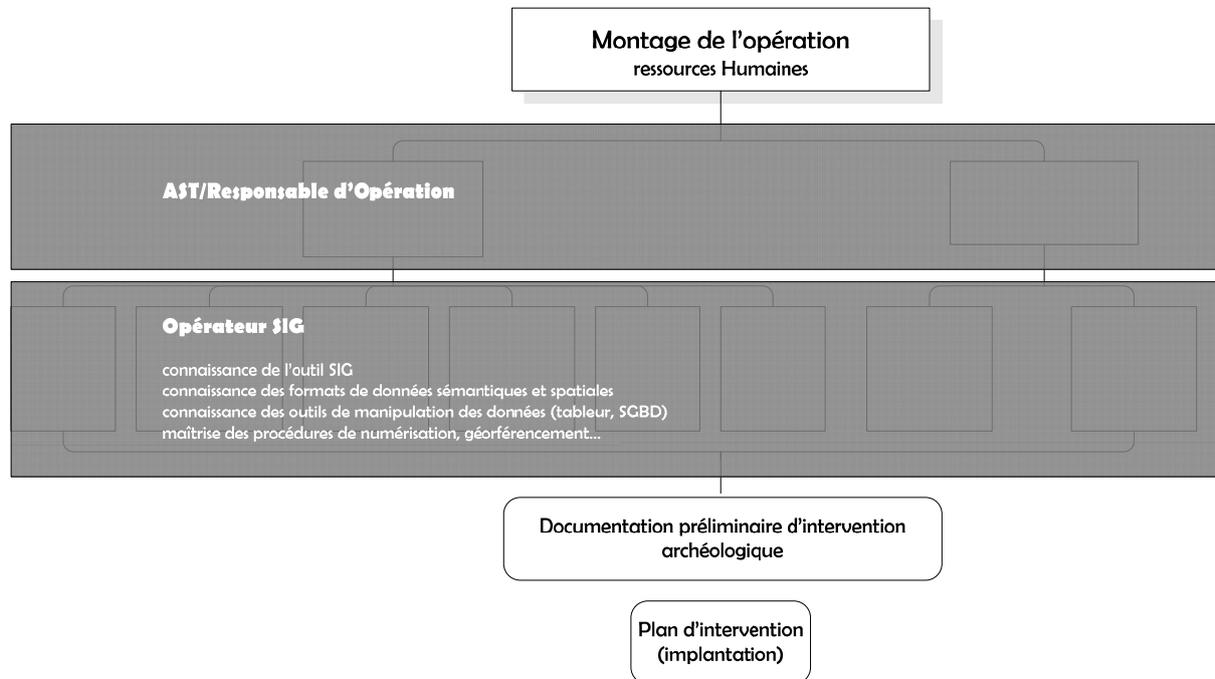


3.2.2.2 Ressources humaines sollicitées

La compilation et l'acquisition des données sémantiques et spatiales préalables nécessaires à la préparation scientifique et logistique d'une opération relèvent de la responsabilité de l'Adjoint Scientifique et Technique et du Responsable d'Opération. Ils sont également les interlocuteurs de l'aménageur.

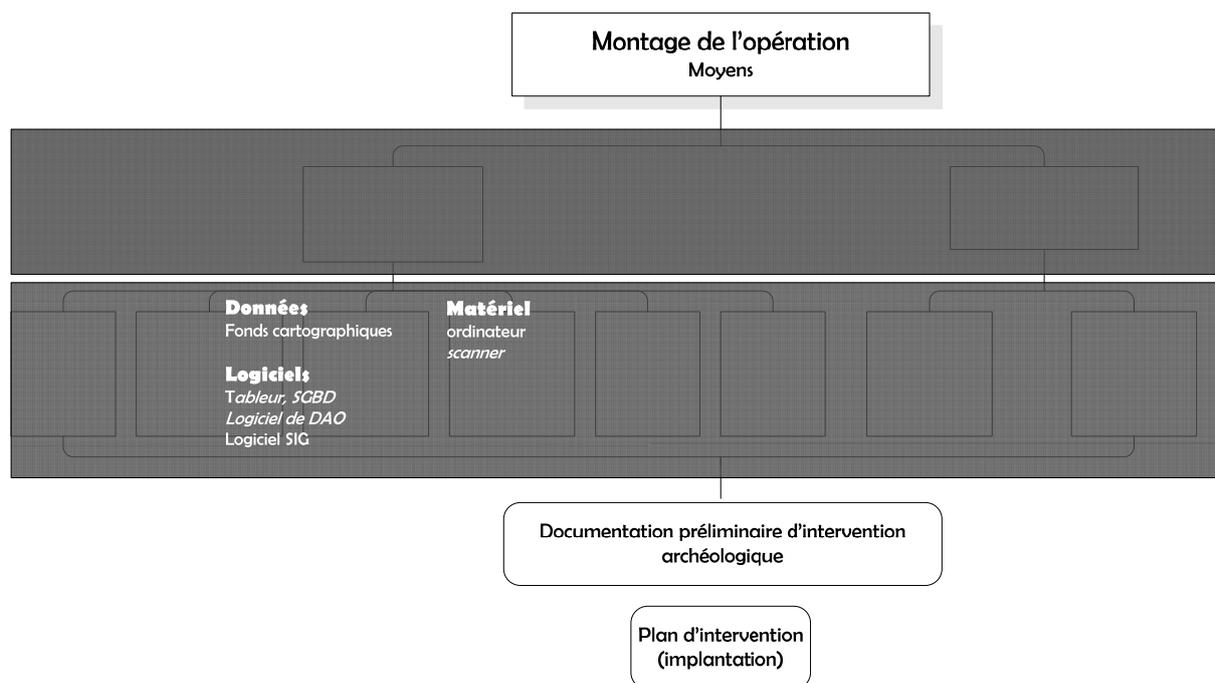
La presque totalité de la documentation recueillie par l'AST et le RO est susceptible d'être intégrée au SIG. Les données collectées, spatiales et sémantiques, étant recueillies sur des supports divers (documentation papier, données informatisées selon des formats de données différents), l'intégration des données au SIG nécessite des compétences particulières. Elles relèvent d'un **opérateur SIG** dont le profil n'existe pas actuellement à l'Inrap.

La manipulation de données de formats très divers implique de la part de l'opérateur une connaissance de base des outils SIG et des procédés d'enregistrement des données sémantiques et spatiales : numérisation, vectorisation, redressement d'image, géoréférencement etc.



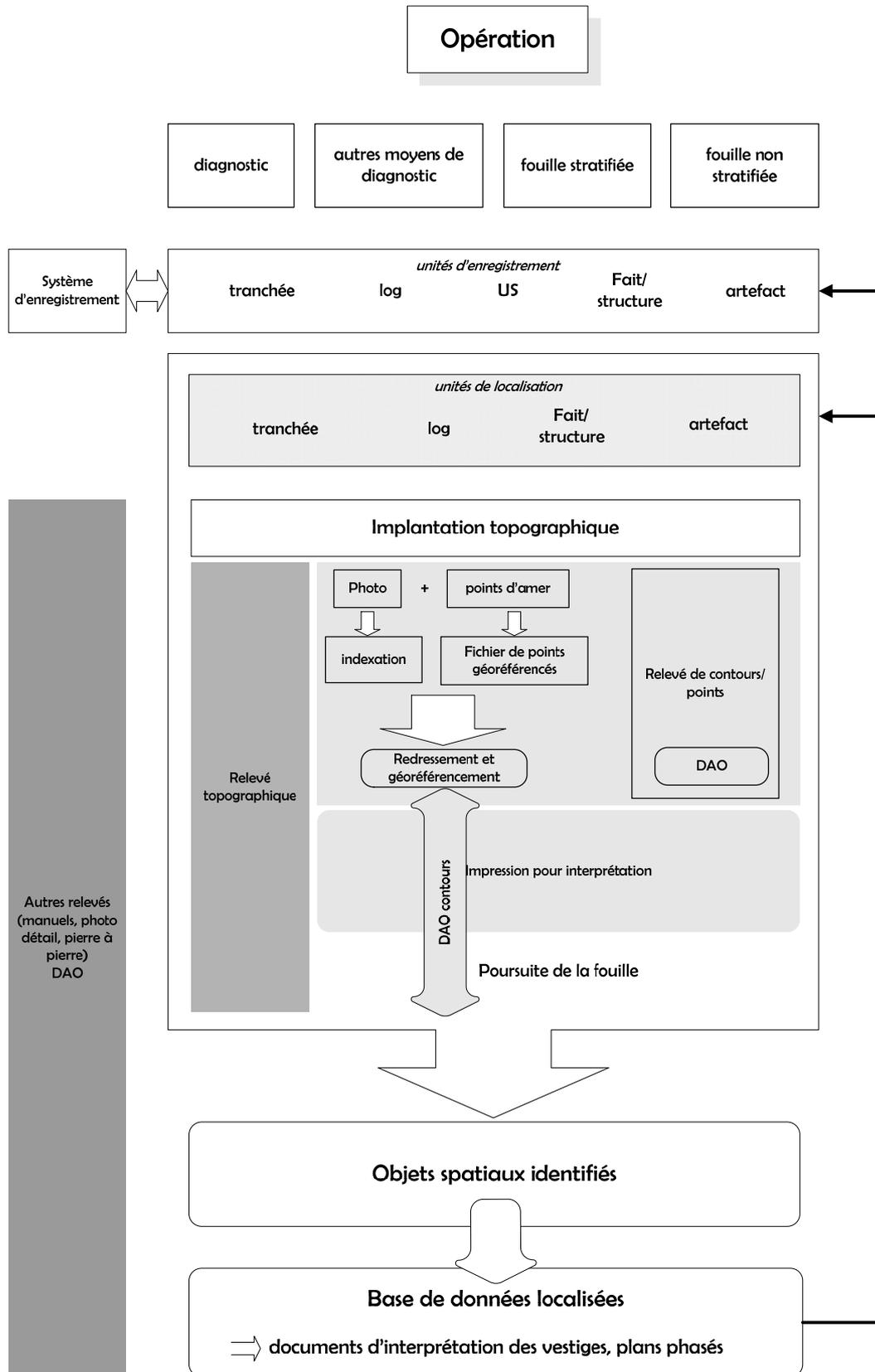
3.2.2.3 Moyens nécessaires

Ce schéma présente les moyens nécessaires à la réalisation des tâches à effectuer par l'opérateur SIG à cette étape. Il faut y ajouter l'accès à un serveur de données partagées.



3.2.3 Opération

Qu'il s'agisse d'une opération de fouille, dans un contexte stratifié ou non, ou d'un diagnostic, par tranchées ou d'un autre type de prospection, le déroulement du processus est identique.



Tous les procédés d'investigation mis en œuvre débouchent sur l'enregistrement d'objets spatiaux identifiés. Ces objets spatiaux correspondent aux unités de localisation (log, artefact, fait *etc.* localisés) distinctes des unités d'enregistrement. La plupart du temps cependant, les unités d'enregistrement (log, tranchée, fait, artefact) sont équivalentes aux unités de localisation sauf dans le cas de stratification complexe où l'US n'a en règle générale pas de géométrie associée. La localisation de l'information est alors effectuée à l'échelle du Fait.

Chaque unité de localisation archéologique donne lieu à la création d'un objet spatial identifié dans le SIG. Leur réunion constitue la base de données actualisée, consultable et disponible pour l'exploitation post-opération.

La création des objets spatiaux est assujettie aux relevés des unités de localisation sur le terrain. Deux principaux types de relevés sont envisagés.

- **Le relevé topographique** selon la procédure actuelle des topographes.

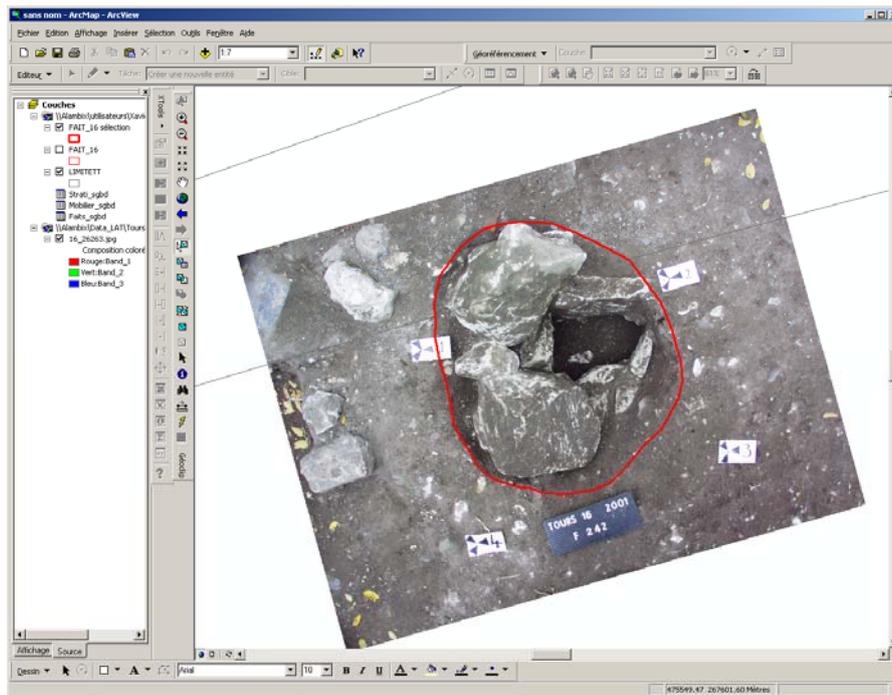
Dans ce cas, les données sont d'abord traitées dans AutoCAD-Covadis avant d'être transférées dans le SIG. Pour cela, le levé topographique doit remplir deux conditions : être rattaché dans un système de coordonnées projetées et associer un identifiant (numéro de Fait par exemple) à chaque objet levé. La structure de la géométrie est gérée de manière différente dans les outils de topographie (de type CAD) et dans les SIG. Cela implique une attention particulière lors de l'échange des uns vers les autres. Il faut notamment veiller ce que l'identifiant reste associé à l'objet spatial. Thomas Arnoux (Inrap GO) a mis au point une procédure sous AutoCAD-Covadis à cette fin qu'il conviendra de finaliser pour en diffuser l'usage auprès des topographes de l'Inrap.

- **Le relevé sur photo redressée et le relevé de contours**, avec intégration immédiate dans un SIG.

→ le relevé sur photo redressée se décompose selon les étapes suivantes :

- la photographie verticale (ou le plus vertical possible) de l'unité de localisation autour de laquelle on aura pris soin de disposer quatre points d'amer (qui doivent apparaître sur la photographie) ;
- l'enregistrement des coordonnées des points d'amer au tachéomètre puis leur transfert dans le SIG ;
- le redressement sous SIG de la photographie à l'aide des points d'amer. ;
- la création de l'objet spatial par le dessin des contours de l'unité de localisation sur la photographie redressée à l'aide des outils de DAO du SIG.

Le relevé sur photo redressée implique la gestion des données sources : indexation des photographies et gestion des fichiers de points géoréférencés.

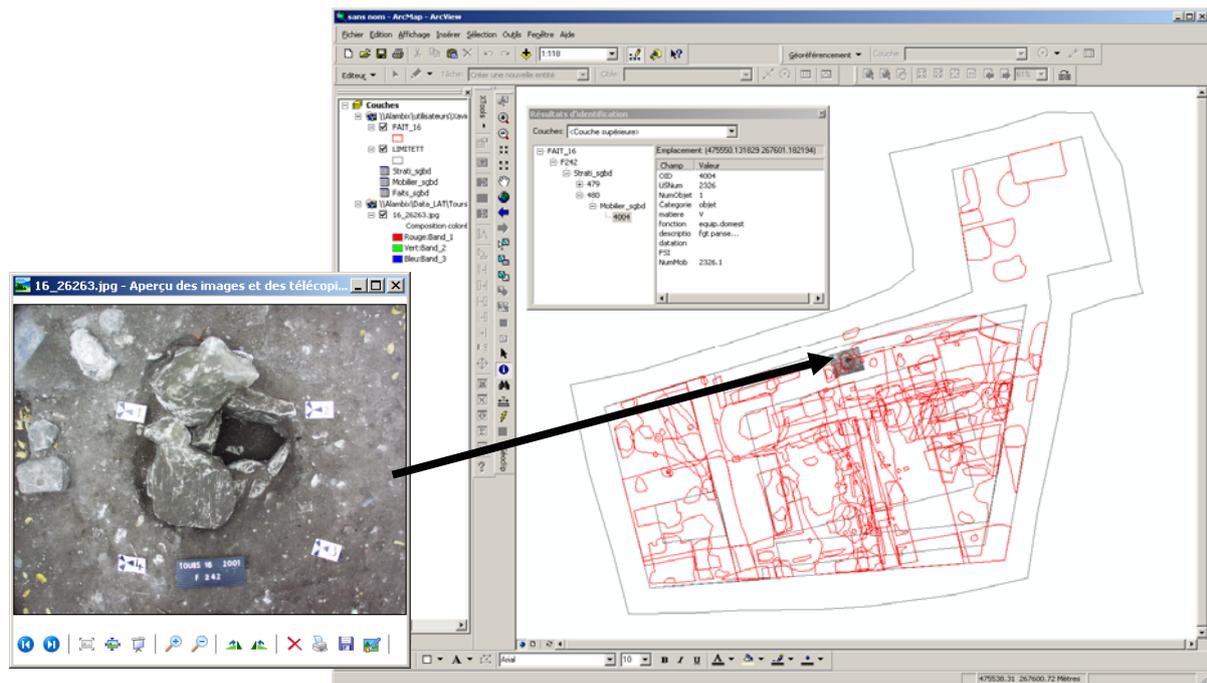


→ le relevé de contours/relevé de points consiste à relever, au tachéomètre, les coordonnées des points stratégiques dessinant le contour de l'unité archéologique. Après le transfert des coordonnées dans le SIG, il suffit de relier les points entre eux pour créer l'objet spatial correspondant au Fait levé sur le terrain. Comme dans le cas du relevé sur photo redressée, la création graphique de l'objet donne immédiatement et automatiquement lieu à un enregistrement dans la table de données attributaires. Ce type de relevé est particulièrement approprié aux relevés des vestiges de grande taille dont il importe surtout d'évaluer rapidement l'emprise et la localisation. Si l'archéologue souhaite relever des artefacts dispersés, il lui suffira de relever un point par artefact.

Ces procédés se substituent aux relevés manuels traditionnels tout en offrant une précision équivalente. Ils permettent de libérer plus rapidement le terrain pour la reprise de la fouille. En revanche, ils nécessitent d'effectuer le traitement sous SIG sur le terrain afin de pouvoir imprimer la photographie redressée ou le dessin du contour. L'objectif est de fournir à l'archéologue un document de travail remplaçant le relevé manuel et qu'il puisse utiliser pour y porter toutes les annotations nécessaires à l'interprétation. Il convient d'être vigilant à ce que ce décalage de l'instant d'interprétation n'engendre pas de perte d'information.

Tous les relevés manuels de détail nécessaires à l'enregistrement d'informations utiles pour l'interprétation archéologique doivent être réalisés en parallèle. Ces dessins ne relevant pas du registre du traitement de données mais de celui de l'administration de la preuve, ils ne sont pas intégrés au système d'information.

Pour une utilisation optimale de l'outil SIG pendant l'opération, la création des objets spatiaux consécutifs à l'enregistrement et au relevé des unités de localisation archéologiques doit être réalisée au fur et à mesure de la fouille ou du diagnostic.



L'intérêt principal du SIG, à ce stade du processus, réside en effet dans la production rapide de plans masse ou documents provisoires d'interprétation - par simple affichage des données - permettant une vision globale et synthétique du site. L'utilisation d'un SIG pendant l'opération est strictement orientée vers la compréhension immédiate de l'agencement spatial des structures et l'adaptation des stratégies de fouille. La mise à jour de la base de données par l'intégration progressive des informations collectées, et leur modification le cas échéant, entraînent automatiquement la mise à jour des documents provisoires d'interprétation cartographique. A ce stade, le SIG fournit un support de réflexion interactif à partir duquel l'archéologue peut rectifier l'interprétation de terrain et adapter sa stratégie de fouille.

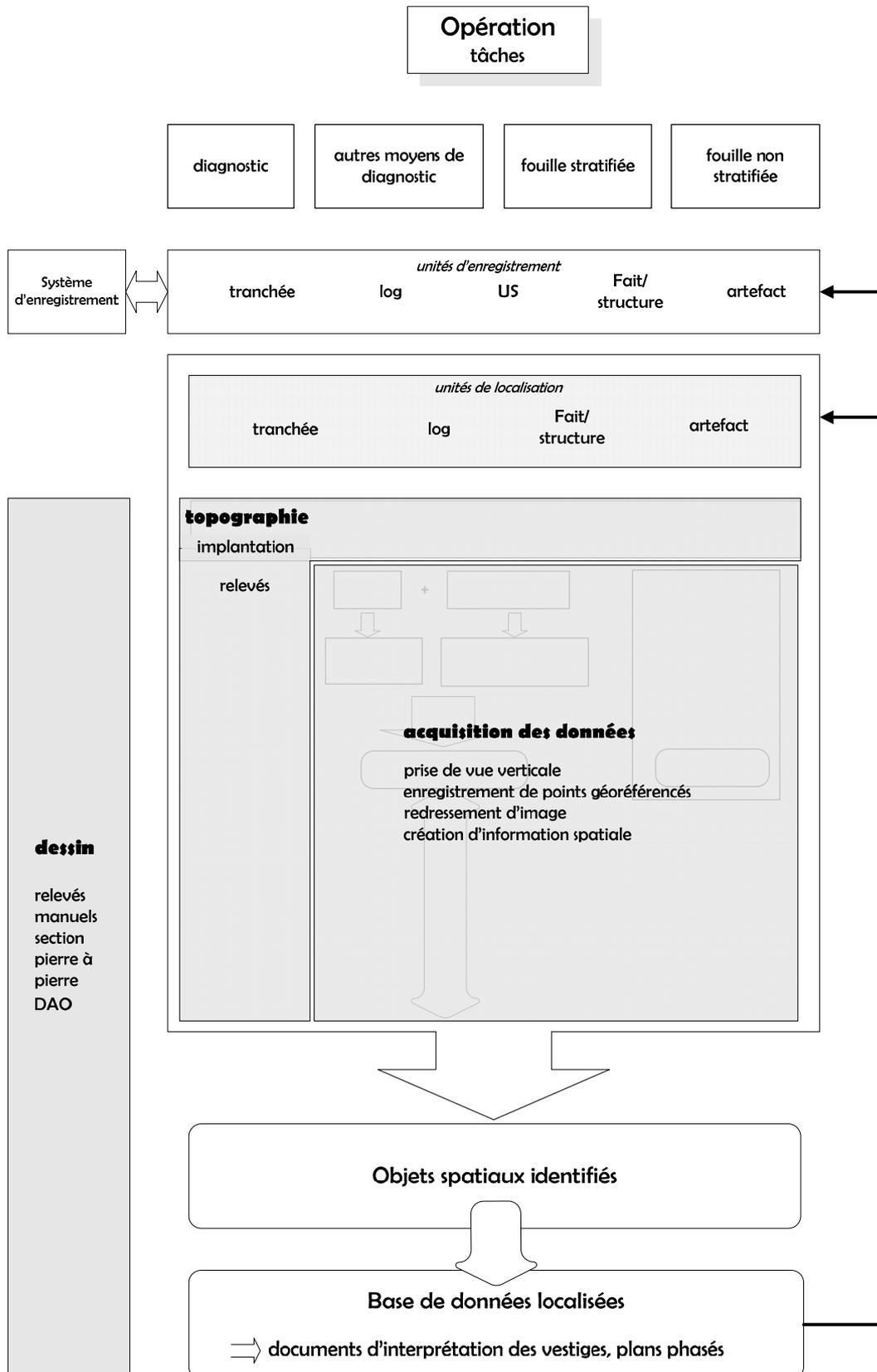
Les facilités d'enregistrement et de traitement des données engendrées par l'utilisation quotidienne d'un SIG permettent de multiplier les objets spatiaux et les analyses associées. Toutefois, le RO doit anticiper les analyses post-opératoires qu'il compte entreprendre en fonction des problématiques soulevées par la fouille : les possibilités d'analyses réalisées dans la phase post-opération dépendent étroitement de la structuration des données levées et enregistrées dans le système d'information pendant l'opération.

3.2.3.1 Tâches à effectuer

Trois catégories de tâches concernent l'enregistrement d'informations spatialisées lors de cette étape : celle du dessin traditionnel qu'il n'est pas nécessaire de décrire ; celle de la topographie qui est affectée par l'introduction des SIG dans le processus et enfin celle de l'acquisition de données directement destinées aux SIG.

Si le cas des relevés topographiques classiques n'est pas modifié, aux précautions près du rattachement et de l'indentification, une phase d'implantation topographique préalable à l'acquisition quotidienne des données spatiale est nécessaire. Il s'agit de mettre en place des stations de références rattachées utilisables ensuite pour effectuer l'enregistrement direct des coordonnées des points d'amers ou des contours de structures.

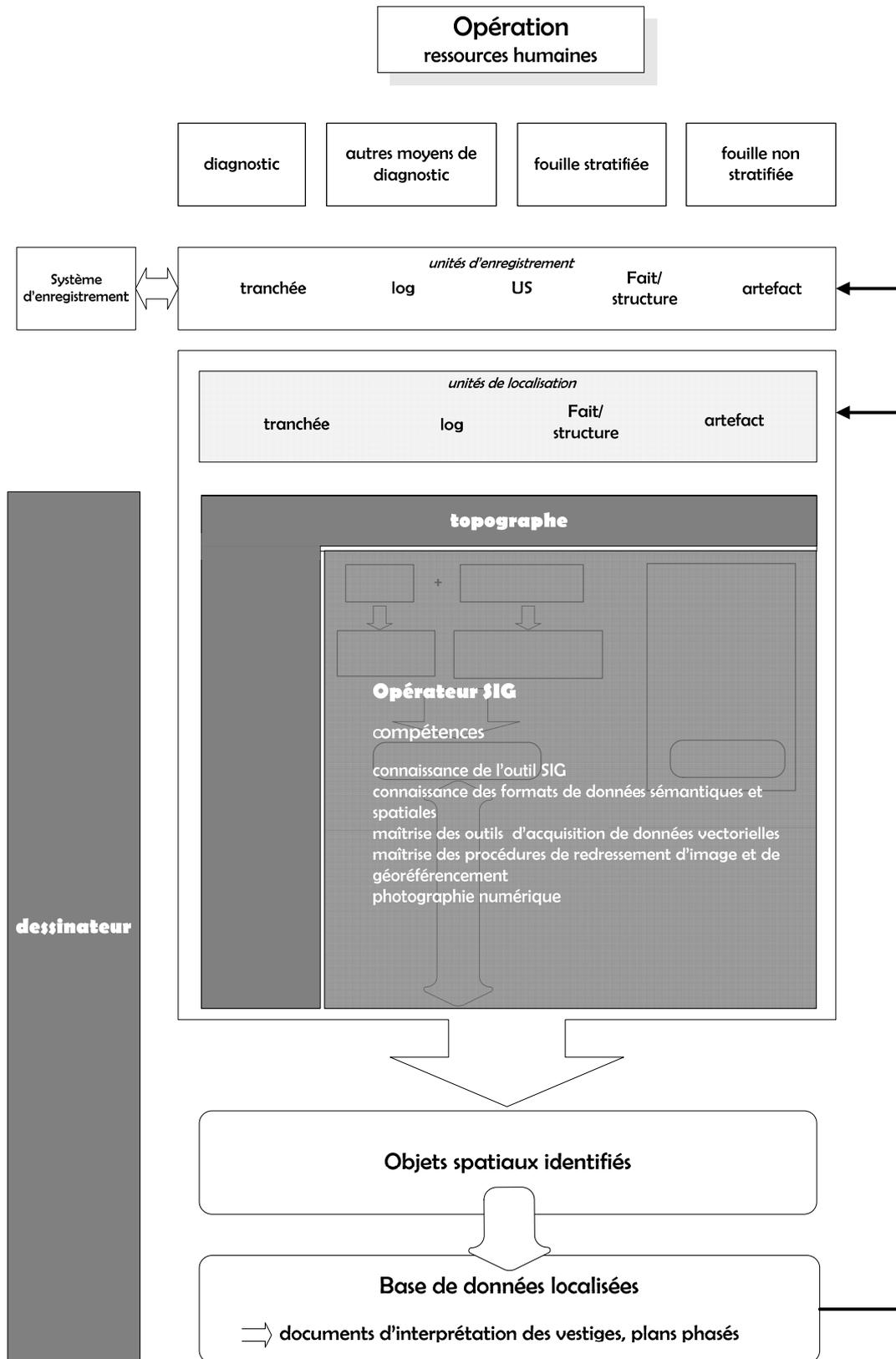
La tâche d'acquisition des données comprend la photographie verticale, l'enregistrement des coordonnées des points d'amers, le redressement d'image, la création d'informations spatiales sous SIG. Elle recouvre donc la constitution, l'alimentation, la gestion et l'impression des données pour fournir la documentation utile au bon déroulement de l'opération.



3.2.3.2 Ressources humaines sollicitées

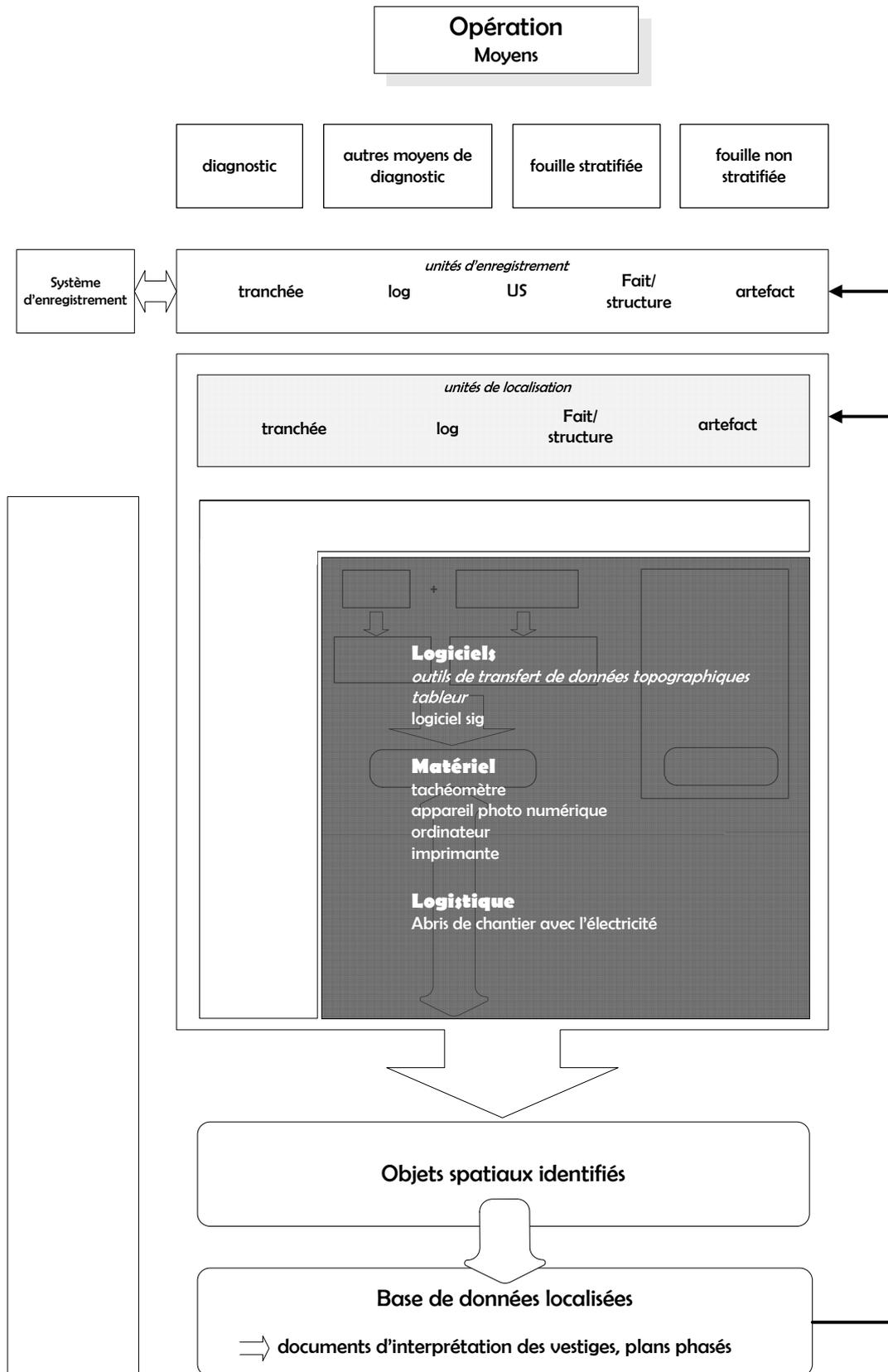
Pendant l'opération, différents acteurs sont susceptibles d'intervenir lors de la phase de relevé des unités de localisation archéologiques.

Il n'est pas nécessaire de revenir sur le dessin qui fait appel à un dessinateur et la topographie à un topographe. En revanche, l'acquisition des données spatiales nécessite un opérateur SIG comme dans la phase précédente de montage de l'opération. L'acquisition de données par le relevé de contours ou le relevé sur photo redressée demande diverses compétences qui jusqu'ici étaient réparties entre plusieurs agents. L'opérateur SIG doit, sur le terrain, assurer ou superviser la prise de vue à l'aide d'un appareil photographique numérique, l'enregistrement de points géoréférencés à l'aide d'un tachéomètre et le transfert des données dans le SIG. Il est censé également assurer la préparation des données dans le SIG, c'est-à-dire le redressement des photographies et la création et l'identification des objets spatiaux. Il est aussi responsable de la gestion de la documentation photographique (indexation et stockage des photographies) et des fichiers de points géoréférencés. Ces tâches sont semblables aux tâches à accomplir lors du montage de l'opération. Il est bien entendu souhaitable que ce soit le même opérateur qui intervienne lors des deux phases. L'opérateur SIG doit pouvoir assurer ou superviser les opérations d'acquisition et d'informatisation des données de terrain afin de constituer une base de données localisées opérationnelle à laquelle le Responsable d'Opération pourra se référer tout au long de l'opération. Les compétences requises pour cet opérateur concernent essentiellement l'acquisition et la gestion de données. Néanmoins, l'implication de toute l'équipe est nécessaire et en premier lieu celle du RO qui pourra tirer profit de la manipulation des données spatiales pendant l'opération (état d'avancement, réorientation de la stratégie de fouille).



3.2.3.3 Moyens nécessaires

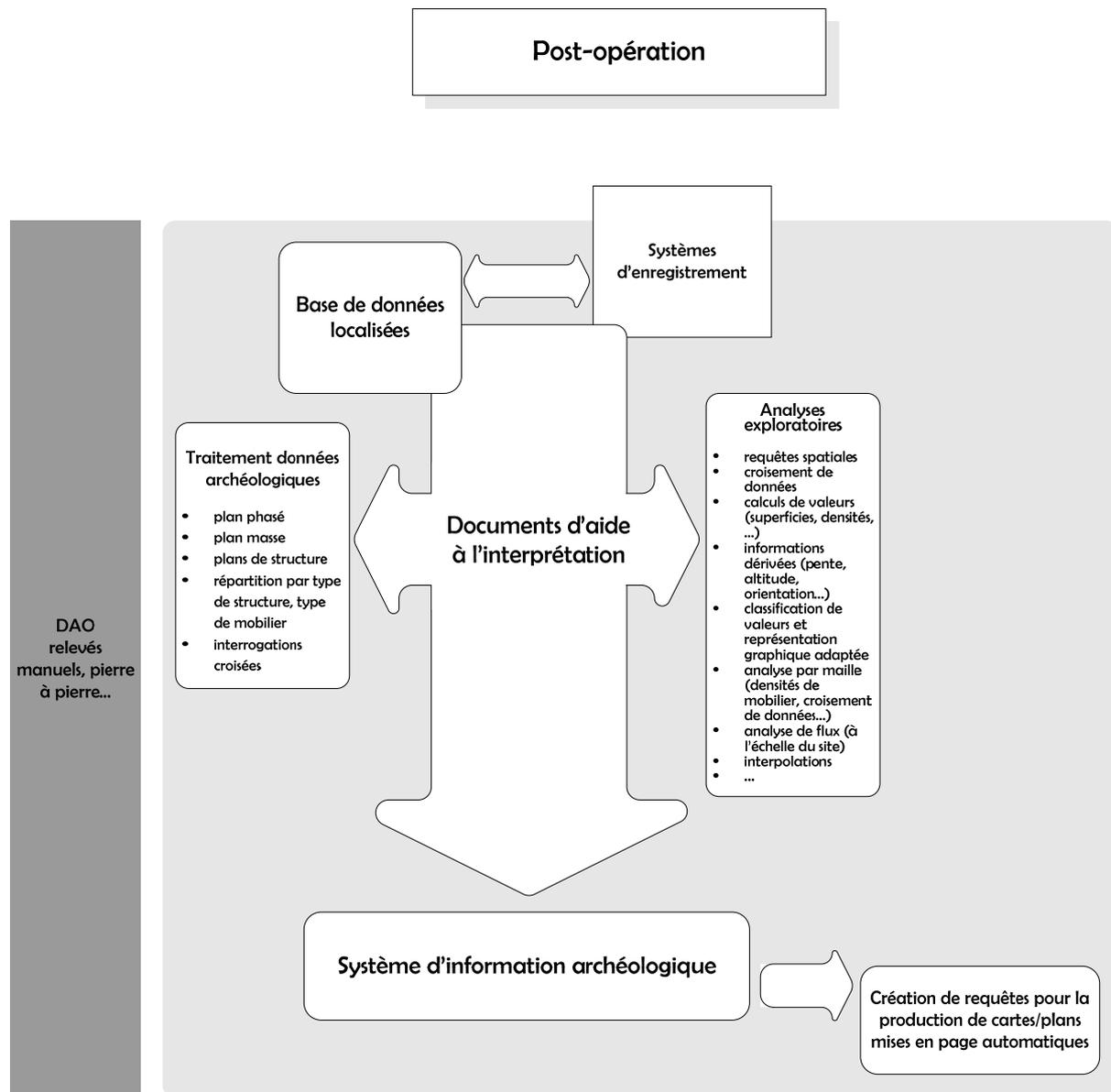
La mise en application de ces nouvelles procédures d'enregistrement de l'information spatiale nécessite de disposer des outils nécessaires sur le terrain : tachéomètre, appareil photo numérique, ordinateur et imprimante avec les logiciels correspondants.



3.2.4 Post-opération

La base de données constituée au fur et à mesure de l'opération est disponible dès le début de l'étude. Elle permet d'obtenir rapidement des vues synthétiques des unités archéologiques

enregistrées mais l'absence de données sémantiques limite les possibilités d'analyse. Il est donc nécessaire, pour le traitement et l'exploitation des données, d'associer des données descriptives aux objets spatiaux enregistrés dans le SIG.

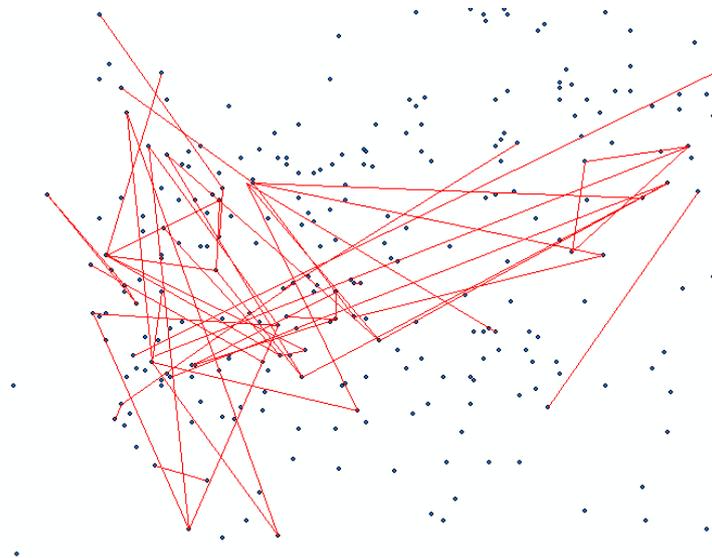


L'informatisation des données attributaires dans un système d'enregistrement est donc une opération préalable nécessaire à l'exécution des analyses exploratoires limitées sinon aux plans masses. Dans une configuration idéale, l'alimentation des systèmes d'enregistrement serait effectuée lors de la phase de terrain, au fur et à mesure de l'opération. Cependant, compte tenu des contraintes de terrain, il n'est pas exclu que cette tâche soit réalisée pour tout ou partie au début de la phase post-opératoire.

Par ailleurs, toutes les données de terrain n'ont pas vocation à être exploitées par le biais du SIG. Seules les informations ayant un intérêt pour la compréhension de l'organisation spatiale du site sont nécessaires et doivent être informatisées. Les données stratigraphiques utiles à la réalisation du diagramme par exemple ne seront qu'indirectement prises en compte. Le choix des données attributaires à mettre en œuvre est laissé à l'appréciation du RO qui sélectionnera les informations

en fonction des problématiques posées par la fouille. Le choix du système d'enregistrement adopté pour l'informatisation des données attributaires relève également du Responsable d'Opération. La seule contrainte exigée pour l'association des données dans un SIG est l'existence d'un identifiant rigoureusement identique dans les deux systèmes. Tous les systèmes d'enregistrement de données archéologique autorisent cette liaison au minimum en permettant d'exporter des tables de données exploitables par les SIG. La version minimale du système d'enregistrement est donc un tableau structuré dont la saisie, s'il n'existe rien d'autre, peu même être envisagée directement dans un outil SIG. A l'inverse, lorsqu'un système d'enregistrement élaboré est utilisé, il est possible de construire un lien dynamique avec un outil SIG. L'accessibilité aux données sémantiques depuis leur localisation géographique permet alors d'envisager à la fois la spatialisation de requêtes complexes et d'accéder à l'analyse spatiale. L'ensemble des données enregistrées dans le SIG liées à des systèmes d'enregistrement constitue ainsi un système d'information archéologique à partir duquel on peut interroger, manipuler et exploiter les données.

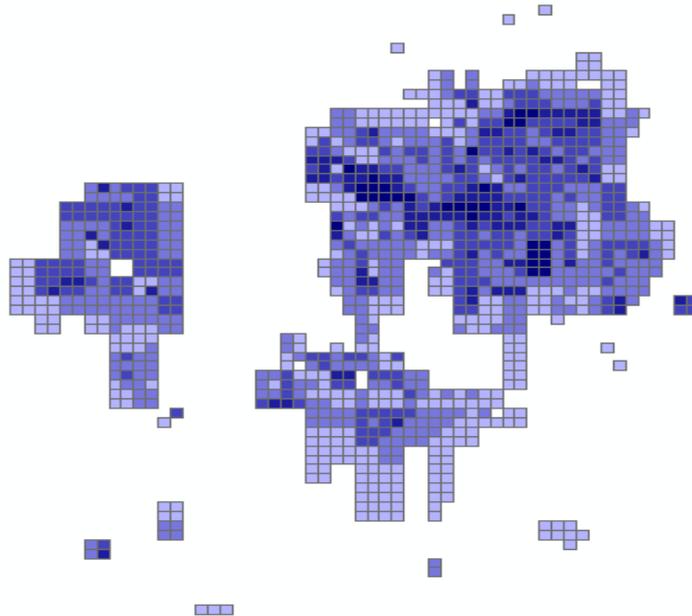
L'outil offre alors de multiples possibilités de traitements des données archéologiques et d'analyses exploratoires, des plus élémentaires aux plus complexes : plan masse, plan phasé, répartition par type de structure, répartition par type de mobilier, requête spatiale, calculs de valeurs (superficies, densités...), création d'information dérivée (pente, altitude), classifications de valeurs, analyse par maille, analyse de flux *etc.* Les possibilités de traitement sont accrues par croisement avec d'autres données que les données archéologiques produites dans le cadre strict de la fouille ou du diagnostic - données environnementales, textuelles, planimétriques.... Il est en effet parfaitement envisageable de faire intervenir les données spatiales numérisées lors du montage de l'opération, voire d'en intégrer de nouvelles.



Spatialisation de remontage de mobilier lithique

La phase de traitement et d'analyse exploratoire conduit à l'élaboration de documents d'aide à l'interprétation. Dans le cas d'un diagnostic, l'exploitation des données par l'intermédiaire du SIG permet avant tout de réaliser des documents cartographiques provisoires d'interprétation ou des documents d'aide au diagnostic. Ceux-ci sont susceptibles d'orienter les stratégies de fouille à mettre en œuvre le cas échéant. Ils peuvent également servir de support de réflexion pour revoir le plan aménageur si les résultats l'exigent. L'exploitation des données de diagnostic permet d'anticiper

largement sur les résultats à venir et, par extension, sur les stratégies à adopter. Dans le cas d'une opération de fouille, cette phase de traitement et d'analyse exploratoire débouche sur la réalisation de documents d'aide à la décision pour l'interprétation archéologique. Tous les documents produits n'ont pas vocation à être diffusés, la plupart ne sont même jamais imprimés. En revanche, le système d'information archéologique constitué progressivement autour des objets spatiaux et des données attributaires associées est, à ce stade du processus, totalement opérationnel. Il répond aux besoins d'exploitation des données et de diffusion de l'information par le biais de requêtes destinées à sélectionner les informations qu'on souhaite représenter, cartographier et mettre en forme.



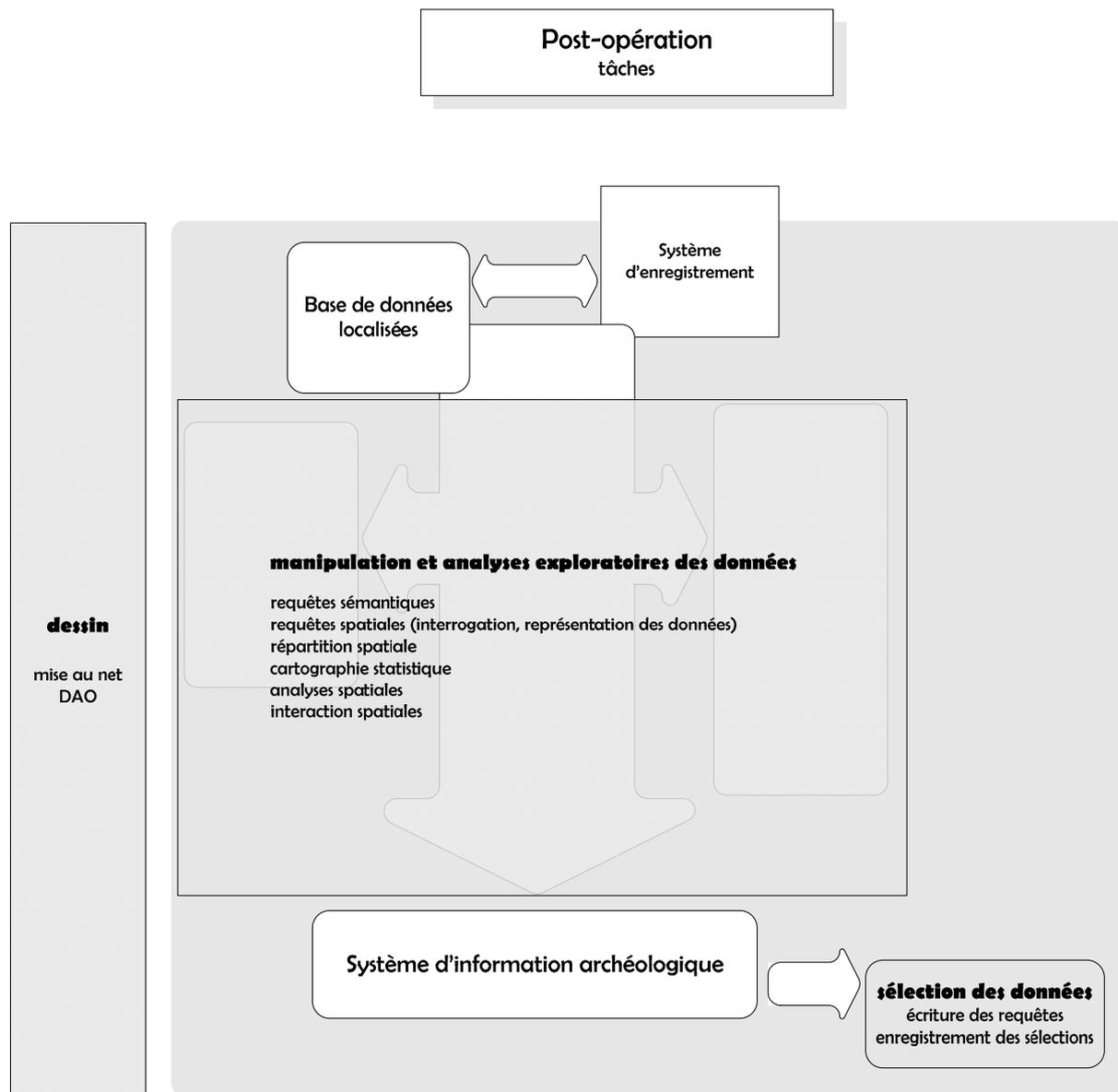
Agrégation par maillage d'une grande quantité d'artéfacts

Parallèlement au traitement et à l'analyse des données spatiales par le SIG, l'informatisation des relevés de détail (DAO) qui ne sont pas traités par l'intermédiaire du SIG se poursuit selon les besoins. En revanche, toutes les représentations spatiales des données ou de leur analyse sont produites par le système d'information archéologique.

3.2.4.1 Tâches à effectuer

Le recensement des tâches à effectuer à cette étape est aussi vaste que sont nombreuses les analyses potentiellement offertes. Il est par définition impossible d'identifier a priori les possibilités de la phase d'analyse exploratoire. Néanmoins, elles s'inscrivent dans les registres suivants :

- le croisement et la manipulation de données ;
- la construction de requête complexe sémantique et spatiale ;
- l'analyse spatiale ;
- l'analyse statistique et géostatistique ;
- la représentation cartographique.

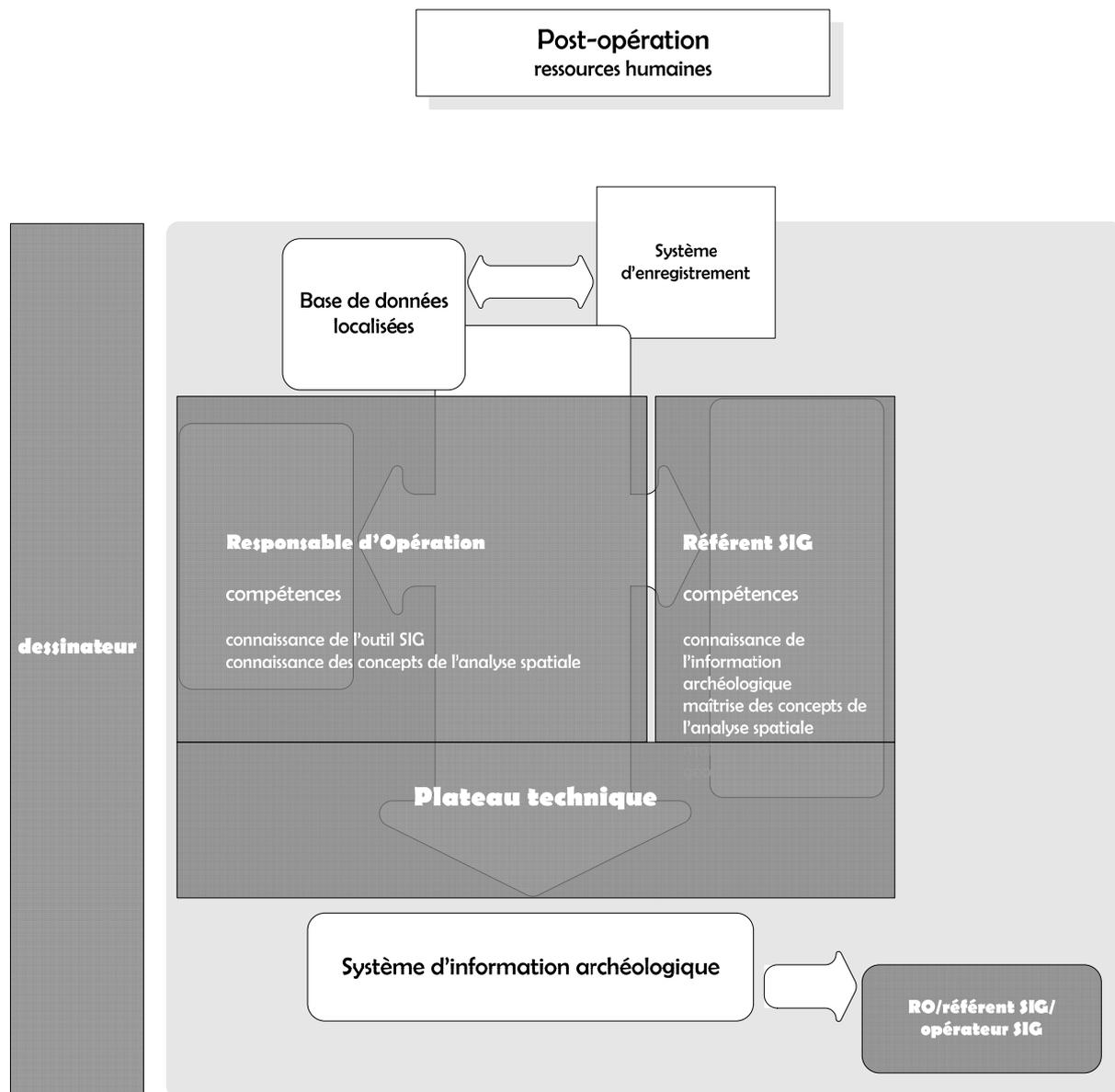


3.2.4.2 Ressources humaines sollicitées

L'exploitation et l'analyse des données relève de la responsabilité du RO. Dans ce domaine, cela signifie nécessairement l'élargissement de son champ de compétence à l'utilisation des outils SIG et à la connaissance des concepts de l'analyse spatiale. Pour autant, il n'est pas question de prétendre transformer les archéologues en géomaticiens ou en géographes. Aussi, le RO doit pouvoir s'appuyer sur les compétences spécifiques d'un **réfèrent SIG**, qui lui doit maîtriser les concepts de l'analyse spatiale et les outils géomatiques mais aussi avoir une excellente connaissance de l'information archéologique. Cette personne ressource doit donc avoir une double compétence pour assurer un rôle d'assistance et d'encadrement des RO et des opérateurs SIG le cas échéant. Le réfèrent aura également pour mission de seconder tous les utilisateurs potentiels du SIG (topographes, dessinateurs, techniciens) qui devront pouvoir trouver un relais, dans les bases, auprès de correspondants ayant un niveau de pratique avancé des outils SIG et des compétences en analyse

spatiale. Il peut s'agir à la fois d'agents ayant déjà acquis ce savoir-faire, d'autres souhaitant s'y investir ou encore de nouvelles recrues.

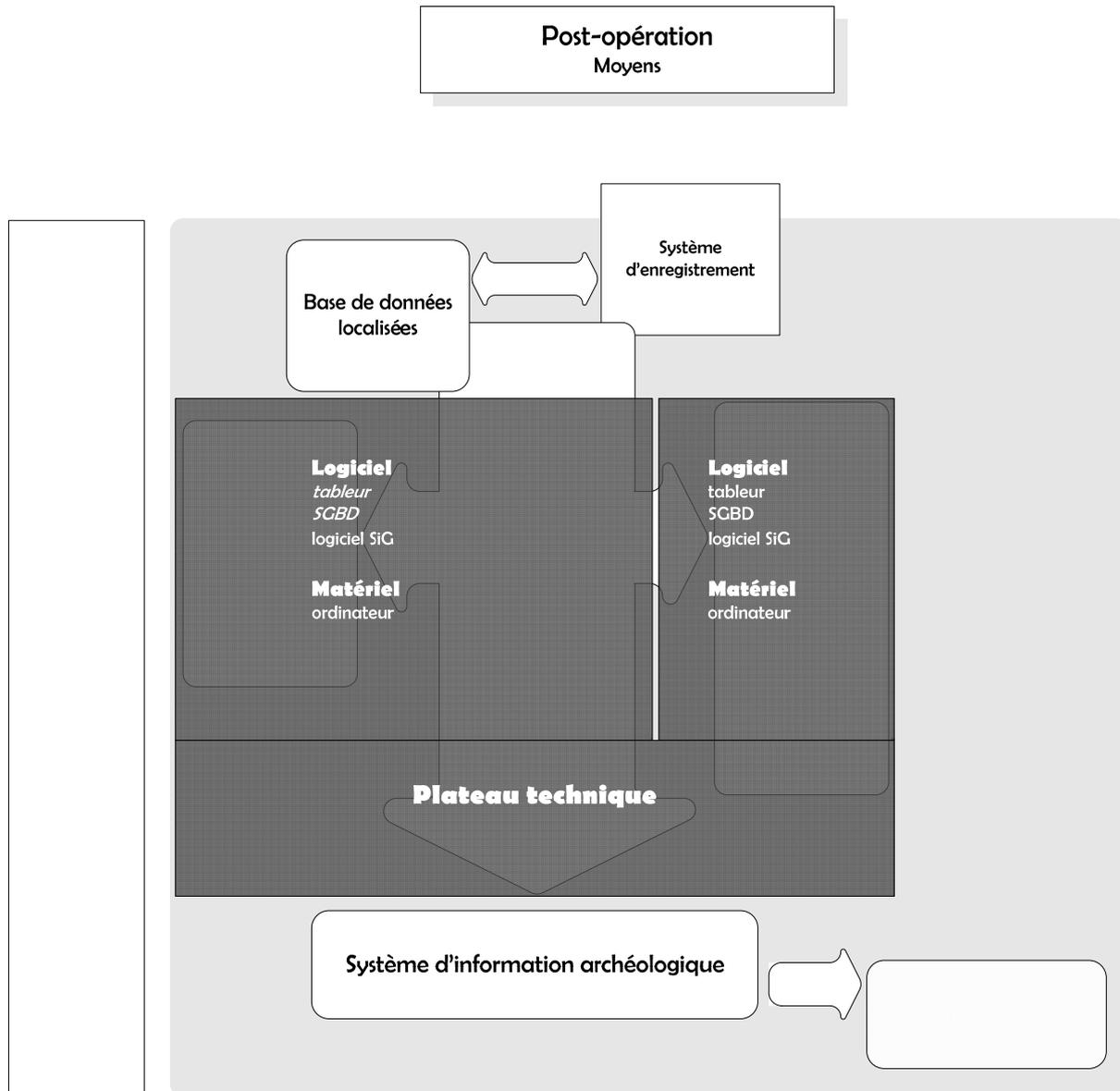
Le rôle du référent SIG s'inscrit dans la notion de plateau technique, ou plate-forme technologique, dans une acception large qui ne se résume pas à une offre de moyen mais comprend également les compétences qui y sont associées. Il va de soi qu'il ne s'agit pas d'une fonction d'exécution. La mission du référent SIG n'est pas de ni de saisir, ni de traiter les données à la demande des RO mais de les accompagner dans leurs démarches de traitement et d'analyse des données.



3.2.4.3 Moyens nécessaires

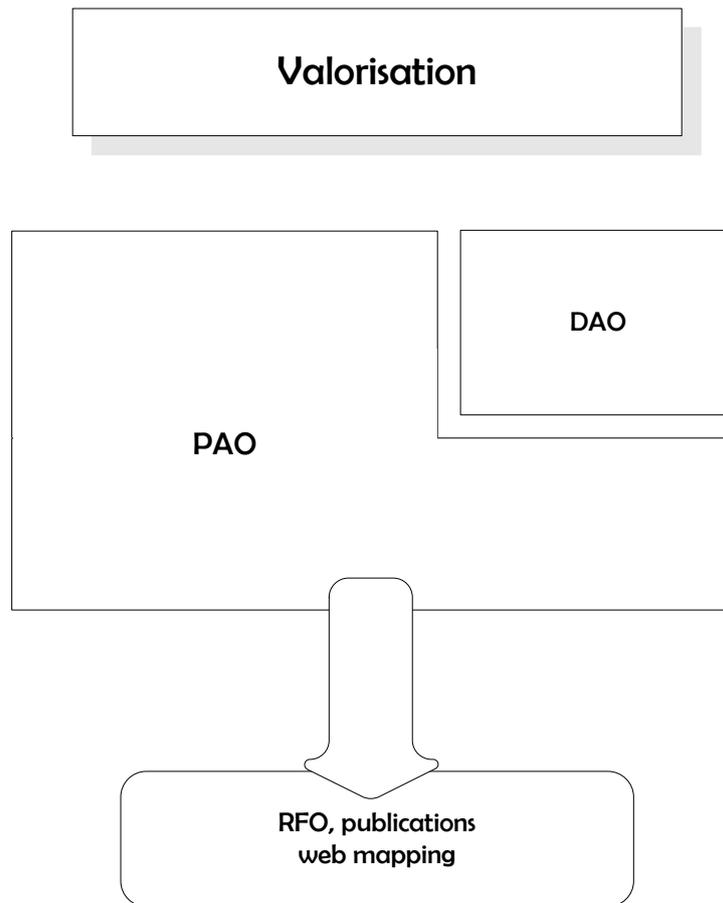
Outre les logiciels SIG et l'infrastructure informatique nécessaire pour les faire fonctionner, l'essentiel de es moyen nécessaire est la matière grise du RO ! L'inscription des moyens dans un plateau technique est essentiel pour la le développement de l'usage de ce processus. Cette plate-forme regroupe des outils et des ressources (logiciels SIG, SGBD...), des moyens informatiques (ordinateurs, serveur de stockage et archivage permettant l'archivage des données, accès réseaux), de la documentation de référence (traitement de donnée archéologique, traitement spatiaux en

archéologie, utilisation des outils, manuel d'analyse spatiale, de géographie, de statistique, de géomatique), des données numériques (bases de données spatiales de référence : carte, ortho photos, cartes et plans anciens, bases de données archéologiques), des compétences (cf. 3.2.4.2). Le fonctionnement de ce plateau technique repose sur son ouverture. Il faut envisager d'en déployer un par centre archéologique. A l'opposé d'une plate-forme de service, sa fonction est de permettre et de concentrer les échanges sur la manipulation des outils et des données, les traitements et les analyses. Selon ce principe il permettra dans un premier temps de favoriser l'autoformation et dans un second temps il sera une source de développement et d'innovation dans le domaine du traitement et de l'analyse de l'information archéologique spatialisée.



3.2.5 Valorisation

L'étape de valorisation, ultime étape, regroupe l'ensemble des tâches liées à la mise en forme des données et à l'illustration du discours archéologique. Il ne s'agit plus ici de traiter les données mais de transformer le résultat des traitements effectués en illustrations destinées au rapport ou à la publication à l'aide des outils de DAO et de PAO.

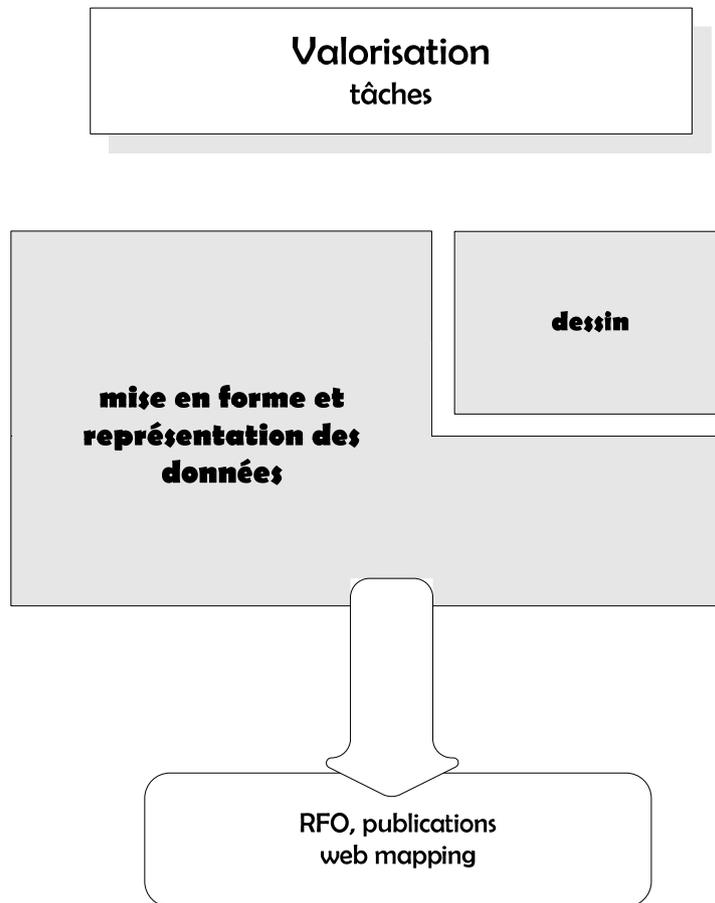


Le fait que l'intégralité des données spatiales puisse être gérée par le SIG depuis le montage de l'opération allège considérablement chacune des étapes d'exploitation et de valorisation des données : les fonctions multiples du SIG permettent d'assurer l'ensemble des tâches sans avoir à transférer ou copier les données, à multiplier les intermédiaires et les logiciels. Le SIG permet la production de cartes, de plans, de graphiques à partir de modèles de mise en page automatique réduisant au minimum les tâches répétitives et les manipulations hasardeuses. Les avantages de la mise en page depuis un SIG sont la mise à l'échelle et l'orientation au nord (avec les représentations graphiques adaptées) fondées sur le géoréférencement, la réutilisation de modèle pour des sélections de données différentes, la création de légendes automatiques en fonction des éléments présents sur une carte, la localisation de l'emprise d'une figure sur un plan masse de l'opération, la réutilisation du modèle d'une opération à l'autre avec la même charte graphique. Les documents ainsi fournis peuvent soit être versés tel quel dans les outils de PAO, soit transférés au préalable dans des outils de DAO pour y être peaufinés. Aussi, l'étape de valorisation peut-elle être consacrée pleinement à l'esthétique de l'illustration et à la mise en page.

Au-delà de la documentation iconographique destinée à illustrer le RFO et la publication, le SIG offre la possibilité de réaliser des animations en 2D ou en 3D ou encore de diffuser des données via des médias électroniques via du web mapping par exemple. Cela ouvre de nouvelles perspectives de valorisation et de diffusion de l'information archéologique produite par l'Inrap.

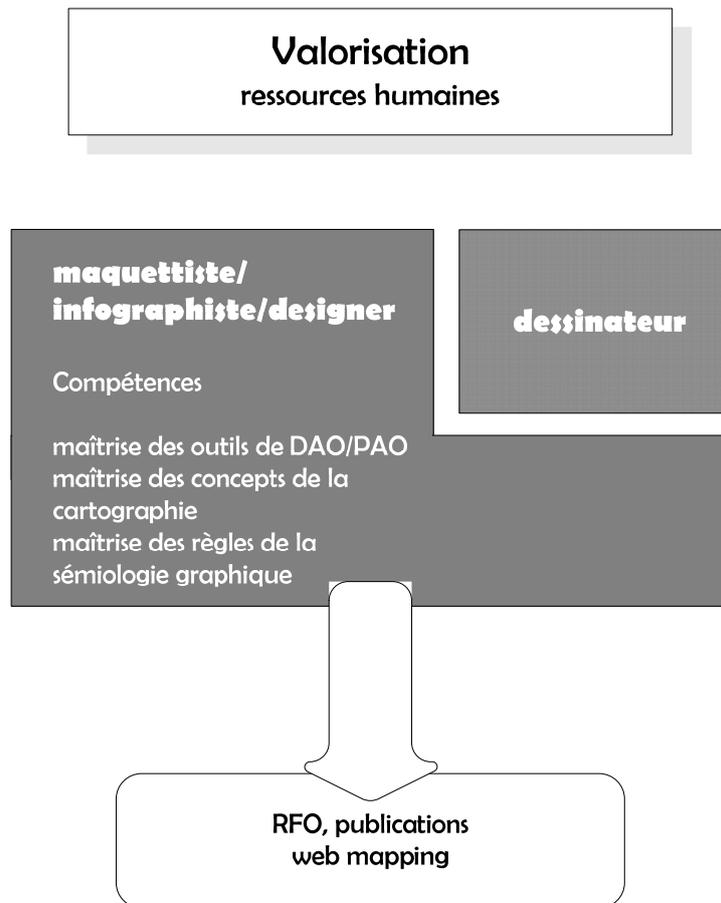
3.2.5.1 Tâches à effectuées

A ce stade, le changement de registre du traitement de données à l'illustration se traduit par un changement des tâches à effectuer qui ne relèvent plus du système d'information mais du dessin, de la mise en page, de l'infographie. Il s'agit de rendre lisibles et compréhensibles par leur mise en forme les résultats de fouilles et d'analyses.



3.2.5.2 Ressources humaines sollicitées

Le changement de perspective pour la valorisation entraîne un changement des compétences nécessaire. Autant dans les phases précédentes l'imbrication entre les aptitudes archéologique et géomatiques est essentielle et implique un travail en équipe et des profils à double compétence, autant la spécialisation du domaine de la valorisation est justifiée. A partir des requêtes établies par le Responsable d'Opération, l'infographiste chargé de la représentation et de la mise en forme des données va réaliser les documents définitifs et les insérer dans le rapport ou la publication ou l'exposition. Le travail de mise en forme et de représentation des données nécessite de la part de l'infographiste, la maîtrise des outils de DAO/PAO mais également une connaissance approfondie des concepts de la cartographie et des règles de la sémiologie graphique.



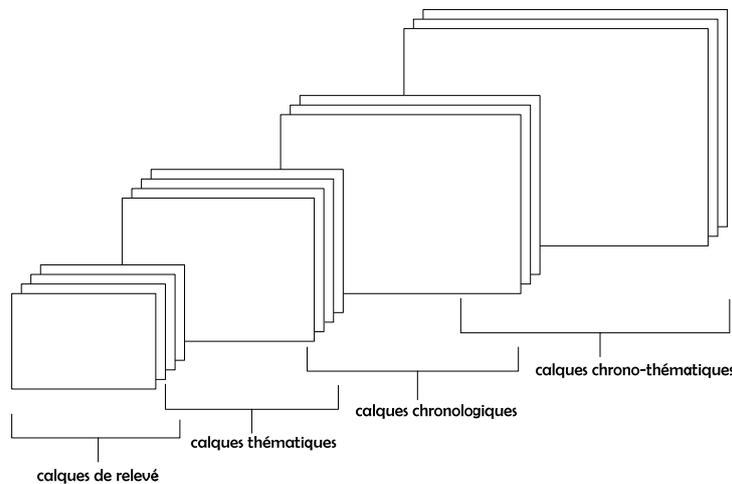
3.3 Modélisation

Au terme de la description du processus, il convient de revenir sur la phase d'abstraction (*cf.* 3.2.1) afin d'expliquer le choix du modèle de structuration des données retenu. Parmi les trois structures ci-dessous, la première, par calques, n'est rappelée que parce c'est celle du processus actuel qui fait appel à des outils de dessin. Les deux autres sont fondées sur l'utilisation d'un SIG. Un quatrième modèle fondé sur la structure des outils CAD utilisés en topographie aurait également pu être proposé mais il n'a jamais été envisagé au-delà de son utilisation pour la topographie. Il présente une structure par calques assez proche de celle des outils de DAO avec toutefois une gestion beaucoup plus précise de la géométrie des objets. Celle-ci convient parfaitement à la topographie mais ne permet pas l'approche "objet" des systèmes d'information particulièrement adaptée au raisonnement archéologique.

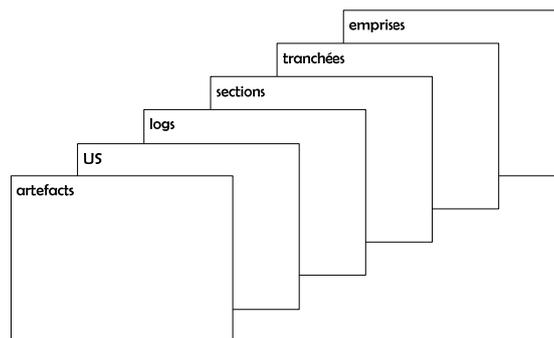
3.3.1 Structure par calques

Dans le cas du traitement des données à l'aide d'un outil de dessin (DAO), les données sont organisées en autant de calques que de représentations souhaitées. C'est-à-dire que chaque regroupement de relevés constitue un calque (points topo, faits, tranchées, limites de fouilles, logs, sections...) ainsi que chaque regroupement thématique (plan des silos, des dépotoirs, des trous de poteaux, plan de bâtiments...), comme chaque regroupement chronologique (plans par phases, par période...) ou encore chaque regroupement chrono-thématique (plan de bâtiment par état...). Cette structuration des données imposée par les outils de dessins utilisés implique une très forte redondance de l'information puisque chaque objet est dupliqué sur tous les calques où il est sollicité.

Outre la multiplication des manipulations que cela engendre, une telle redondance d'informations est un facteur important de risque d'erreur. Aucun lien avec les données attributaires des systèmes d'enregistrement archéologique n'est possible.

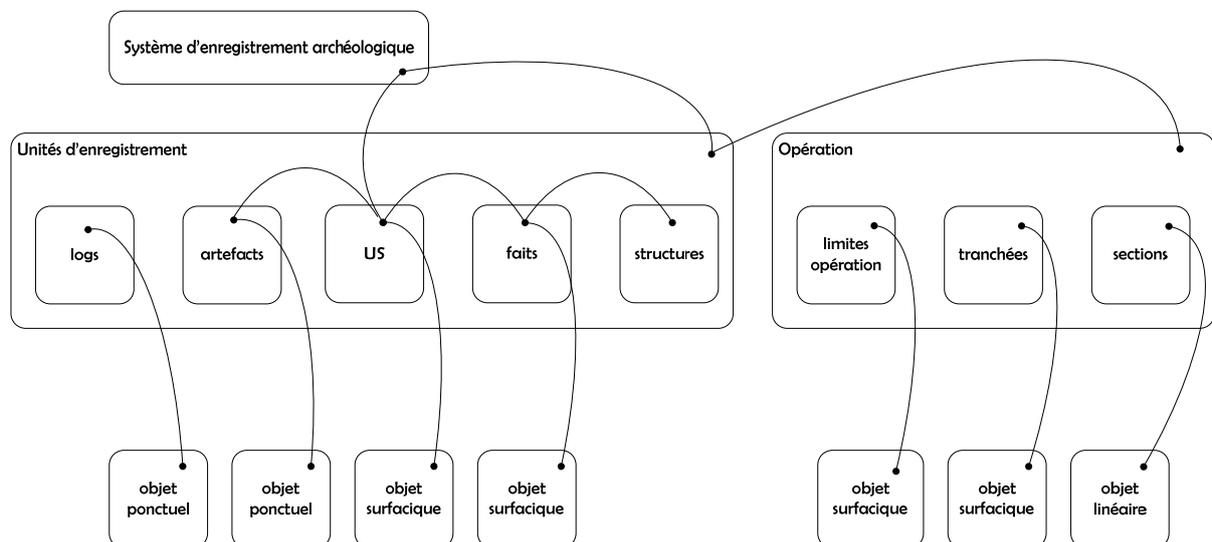


3.3.2 Structure par couches

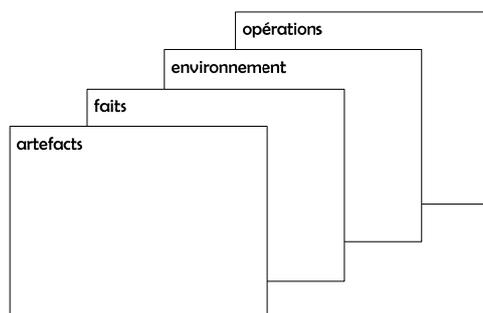


L'utilisation d'un SIG permet de palier cette redondance d'informations en créant une base de données spatiale dans laquelle chaque objet archéologique n'est représenté qu'une seule fois. Toutes les représentations souhaitées sont ensuite obtenues par une requête dans la base de données. Le modèle de structuration des données est alors radicalement différent. Il est centré sur les objets manipulés. Il convient pour cela de les définir au préalable et donc de revenir sur l'étape de formalisation de l'objet archéologique. Les questions de l'enregistrement archéologique et des systèmes d'enregistrement associés constituent un champ méthodologique spécifique qu'il n'est pas question d'aborder ici. Néanmoins, ces questions ne peuvent pas être évacuées aussi facilement. Nous avons sciemment fait le choix de nous limiter ce qui concerne la spatialisation de l'information en considérant que la définition des unités d'enregistrement archéologique relève de la responsabilité du RO. Pour autant, il a été nécessaire de déterminer les unités de localisation en correspondance avec l'enregistrement archéologique. Le niveau de correspondance a été choisi suffisamment global d'une part afin de ne pas interférer avec les questions intrinsèques aux systèmes d'enregistrement, d'autre part pour répondre à tous les cas de figure selon la nature des opérations et les aires chrono-culturelles. Le modèle est donc relativement simple puisque généraliste à ce stade. Il peut ensuite être modulé selon les besoins. Le modèle est fondé sur l'unicité des unités d'enregistrement et de localisation. Nous retenons comme unité d'enregistrement l'artefact, l'US, le Fait (i.e. mur, sépulture, fosse, trou de poteau, sol, foyer...), le log, la tranchée.

Chacune de ces unités d'enregistrement peut avoir sa propre représentation spatiale. On notera cependant que la localisation des US reste exceptionnelle. En règle générale, seuls les faits sont localisés. A ce stade de modélisation la traduction dans un SIG se fait encore par des couches thématiques correspondant à chaque unité d'enregistrement. En revanche, toutes les représentations thématiques, chronologiques ou chrono-thématique sont obtenues par des requêtes dans le système d'information. Par exemple, ce choix de modélisation consiste à regrouper dans une même couche tous les contours de Fait sans distinction typologique ou chronologique exactement comme dans tout système d'enregistrement construit avec un système gestionnaire de base de données. Graphiquement tous les contours de fait sont alors superposés ; les requêtes attributaires dans la base de données permettent de les sélectionner selon les critères choisis. Par rapport aux outils de dessins, ce modèle présente l'avantage de supprimer les redondances. En outre il est en parfaite adéquation avec les systèmes d'enregistrement archéologiques. En revanche il ne contient pas de modélisation géométrique.

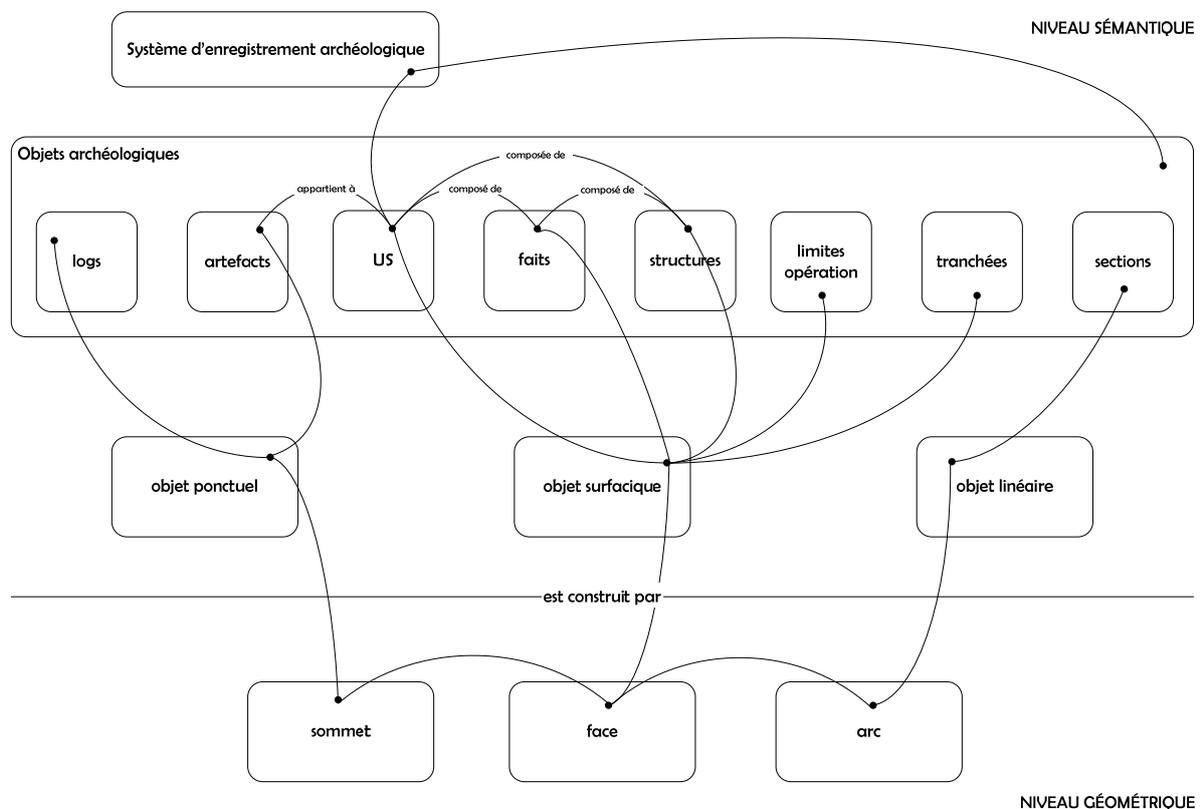


3.3.3 Structure par thème avec modélisation spatiale



Pour aller plus loin, les SIG permettent d'implémenter une modélisation spatiale fondée sur la construction pour chaque thème du SIG d'un seul graphe planaire (Denègre, Salgé 1996). La mise en œuvre de ce modèle implique un niveau d'abstraction supplémentaire. Pour simplifier, cela revient à regrouper au sein d'une même couche géométrique tous les objets géographiques d'un même thème afin de considérer la géométrie de la couche comme un seul graphe planaire. L'espace est alors décomposé par les intersections précalculées entre les objets d'un même thème. Cette

modélisation permet, au-delà de la simple spatialisation des requêtes thématiques, d'entrer dans l'analyse des données par la structure de l'espace et ainsi d'aborder des questions comme la densité d'utilisation de l'espace, la pérennité ou la discontinuité fonctionnelle, la variabilité des usages de l'espace. L'élaboration relativement complexe de ce modèle a été mise en œuvre à l'échelle de la ville (Galinié, Rodier, Saligny 2004 ; Rodier, Saligny 2008) et d'un quartier urbain (Lefebvre 2008 ; Lefebvre, Rodier, Saligny 2008). En revanche, il n'est pas certain que le modèle soit pertinent pour l'analyse des données à l'échelle de la fouille. Il s'agit pour l'instant d'une piste de recherche qui reste à explorer. Si dans l'absolu rien ne s'oppose à l'application de ce modèle à des données de fouille, cela aurait pour effet d'alourdir considérablement les manipulations de données. Il n'est donc pas certain que l'apport en nouvelles possibilités d'analyse compense la complexité de traitement engendrée par le modèle et le temps à y consacrer.



Dans l'état actuel la structure par couches reste la plus adaptée à l'échelle des opérations archéologiques.

4. Les moyens

4.1 L'équipement nécessaire à chaque étape

Le tableau ci-dessous recense les besoins matériels indispensables à la réalisation de chaque étape.

étapes	équipement	ressources humaines	lieu de travail
montage opération	ordinateur équipé des licences de l'outil choisi	opérateur SIG	plateau technique, base Inrap
	scanner		
	jeu de données numériques (Scan 25 IGN, cadastre actuel, ortho-photoplan...)		
opération	appareil photo numérique haute définition	opérateur SIG	terrain
	tachéomètre		
	ordinateur équipé des licences des outils choisis (SIG, système d'enregistrement)		
	imprimante		
post-opération	ordinateur équipé des licences des outils choisis (SIG, système d'enregistrement)	RO/référent SIG	plateau technique, base Inrap
	imprimante		
valorisation	ordinateur équipé des licences des outils choisis (SIG, DAO, PAO)	dessinateur, maquettiste/infographiste/ designer	plateau technique, base Inrap
	imprimante		

4.2 Administration réseau, serveur et données

Selon le processus décrit, la quasi totalité des données devient numérique dès son acquisition. Il est donc indispensable de mettre en place un système de stockage et d'archivage adapté aux grands volumes de données qui vont être engendrées. En outre, le processus implique également le partage des données : d'une part entre les membres d'une même équipe qui sont susceptibles d'accéder aux données simultanément, en particulier pendant la phase post-opératoire ; d'autre part à l'échelle d'un centre archéologique pour les bases de données géographiques et les systèmes d'information archéologiques constitués. Il faut donc prévoir l'administration des moyens informatiques (serveurs et réseau). L'administration des bases de données quant à elle pourrait être confiée aux référents SIG par exemple. A moyen terme, ce partage d'informations doit être également envisagé à l'échelle de l'établissement.

4.3 Le choix de l'outil SIG

Vient ensuite la question du choix de l'outil SIG. Les considérations énoncées dans l'expertise de 2006 à ce sujet sont toujours d'actualité.

Sauf à assurer le développement complet de son propre outil, il faut acquérir le ou les logiciels qui constitueront le moteur technique du SIG. Il existe plusieurs solutions des logiciels libres aux applications métiers. Dans tous les cas ce choix ne doit pas intervenir trop tôt dans le processus

d'élaboration d'un SIG car il peut s'avérer très contraignant. Actuellement il est possible de lister les arguments et les contraintes à prendre en compte lors de l'élaboration du cahier des charges pour l'acquisition d'un outil SIG. On retiendra donc :

- ses capacités à répondre aux objectifs fixés ;
- la présence de fonctions standard et avancées ;
- l'intégration d'algorithmes explicites et paramétrables d'analyses spatiales ;
- l'existence d'un langage de développement ;
- l'utilisation à plusieurs niveaux (consultation, manipulation, développement) ;
- le fonctionnement en clients/serveur permettant le partage des données et l'accès simultané ;
- les possibilités de Web mapping pour développer des outils de travail en ligne ;
- l'interopérabilité avec les autres outils utilisés à l'Inrap (topographie, dessins, bases de données) ;
- la compatibilité avec les partenaires de l'Inrap ;
- la robustesse et la dynamique d'évolution de l'éditeur ;
- le coût.

5. Ressources humaines

5.1 Les profils de poste

L'utilisation du SIG implique le recrutement et/ou la formation d'agents spécialisés dans le maniement de l'outil SIG. Parmi les profils de poste mentionnés dans le chapitre précédent, **l'opérateur SIG** et le **réfèrent SIG** n'ont pas d'équivalents à l'Inrap à l'heure actuelle. Le profil d'infographiste ne trouve également aucun équivalent à l'Inrap même si les tâches décrites s'apparentent partiellement aux tâches des techniciens en DAO. Les autres métiers cités existent déjà à l'Inrap. L'adoption du SIG peut toutefois être à l'origine de quelques modifications dans les profils de poste existants.

Les profils de poste présentés ci-dessous ont été réalisés sur le modèle des fiches métiers des Branches d'Activités Professionnelles du Ministère de l'enseignement supérieur et de la Recherche et du Ministère de l'Education Nationale : REFérentiel des Emplois-types de la Recherche et de l'ENseignement Supérieur (REFERENS)

5.1.1 Nouveaux profils

L'OPERATEUR SIG

Source : technicien en production et analyse de données de terrain, assistant en production et analyse de données, technicien cartographe (BAP D), technicien photographe (BAP F/T)

Mission

L'opérateur SIG participe à la conception d'un protocole de collecte et de traitement des données défini dans le cadre d'une opération archéologique et en assure la mise en œuvre.

Il contribue aux études réalisées dans le cadre d'une équipe de recherche en assurant le recueil et la saisie des données.

Il assure la collecte et le traitement des informations spatiales et thématiques en vue de leur analyse et de leur représentation cartographique.

Il réalise des prises de vues photographiques numériques en vue de leur géoréférencement dans un SIG.

Tendances d'évolution

Adaptation à l'évolution rapide des outils de traitement et d'analyse des données. Diversification des terrains d'étude

Accroissement des activités de valorisation et de diffusion scientifique.

Activités principales

- Mettre en place la logistique de recueil et réajuster les techniques aux « terrains » particuliers
- Réaliser des opérations de recueil de données lors de la phase de préparation de l'opération (numérisation) et de la phase de terrain (fouille, relevé topographique).
- Saisir les données et veiller à l'alimentation du corpus et/ou de la base de données d'une étude.
- Géoréférencer des documents (photographie aérienne et image satellitaire, carte topographique, plan, cartes anciennes...)
- Participer à la mise au point et à l'amélioration des techniques et méthodes de recueil des informations
- Effectuer les prises de vues photographiques sur support numérique
- Mettre à disposition les données et informations sous une forme facilitant leur appropriation
- Mettre à jour les bases de données spatiales (saisie de données)

Activités associées

Recueillir de la documentation sur l'objet de l'étude

Préparer le matériel pédagogique nécessaire à la diffusion des travaux de l'équipe de recherche

Actualiser ses connaissances disciplinaires et thématiques

LE REFERENT SIG

Source : *ingénieur de recherche en traitement, analyse et représentation de l'information spatiale, ingénieur d'études en traitement, analyse et représentation de l'information spatiale (BAP D)*

Mission

A partir d'une problématique scientifique, le référent SIG propose des méthodes et des techniques d'analyse et conduit les travaux de traitement de l'information spatiale. Il mène ce travail en expert et en interaction avec l'équipe de recherche. En réponse à la demande interne, il définit la problématique de recherche et la mène à son terme. Il garantit la validité des résultats issus de la recherche.

Tendances d'évolution

Adaptation à l'évolution des méthodes et outils relevant de la géomatique.

Ouverture sur des réseaux scientifiques nationaux et internationaux exigeant de nouvelles compétences relationnelles et linguistiques.

Ouverture croissante des organismes aux sollicitations de l'environnement institutionnel et économique.

Mobilisation du dispositif de recherche à des fins de formation

Activités principales

Déterminer et développer les méthodes d'analyse et de traitement de données spatialisés ainsi que les techniques associées, adaptées à des programmes de recherche disciplinaires et inter-disciplinaires en s'appuyant sur les Systèmes d'Information Géographique.

Réaliser le traitement des données statistiques (statistiques descriptives, analyses multivariées, analyses spatiales...)

Participer à l'élaboration des objectifs scientifiques des projets en s'appuyant sur la géomatique

Analyser et critiquer les informations (textes, bases de données, données de télédétection, images satellitaires...)

Coordonner les moyens matériels et humains nécessaires au déroulement d'un projet

Participer à la valorisation des résultats (colloques, publications...)

Transmettre son savoir faire en interne et en externe (méthodes et techniques, dans la discipline et les disciplines voisines)

Activités associées

Constituer et suivre le dossier de fabrication pour l'édition cartographique

Aider les équipes de recherche à constituer des ensembles d'informations compatibles entre elles.

Participer à l'organisation de manifestations scientifiques, nationales et internationales (colloques, journées d'études, séminaires...).

Exercer une veille scientifique et technologique pour l'unité

Actualiser ses connaissances disciplinaires et thématiques

L'INFOGRAPHISTE

Source : *dessinateur/maquettiste/infographiste, designer, technicien PAO multi-média, assistant cartographe, technicien cartographe (BAP F)*

Mission

L'infographiste met en forme des documents iconographiques ou typographiques et réalise des documents complexes pour répondre à un projet éditorial en ligne ou hors ligne (y compris les supports papiers), dans les domaines de la recherche scientifique et de la communication

Tendances d'évolution

Intégration des nouvelles techniques de communication et du multimédia : logiciels 2D et 3D et d'animation, web mapping

Adaptation à l'évolution des méthodes et outils relevant de la géomatique.

Polyvalence dans la maîtrise des technologies d'édition, des matériels et des logiciels

Forte évolution technologique en pré-impression (tout numérique), impression (vers le tout couleur) et diffusion plurimédia (support papier et exploitation en ligne d'un même document structuré et balisé)

Activités principales

- Réaliser d'un projet graphique.
- Sélectionner le matériau et le procédé de réalisation en réponse à un projet éditorial, une action de communication, un besoin de mise en image de la recherche
- Réaliser des illustrations cartographiques : scanner (mode raster), numériser (mode vecteur)
- Convertir des données scientifiques en représentation graphique.
- Définir et proposer les choix esthétiques et l'expression graphique pour répondre à un projet éditorial ou à une action de communication
- Appliquer une charte graphique
- Collecter, exploiter les informations et valider les fonds de cartes existants pour la réalisation du document final (données SIG, de terrain, cartographiques, photographies aériennes...).
- Créer et modifier les éléments visuels numérisés (photos, dessins, schémas,...), fixes ou animés destinés à être intégrés dans tous supports de communication (livre, cédéroms, page de site web...)
- Réaliser des maquettes à l'aide des logiciels de mise en page
- Rendre les fichiers exploitables pour l'imprimeur, le reprographe, l'intégrateur web
- Contrôler la conformité et la qualité du document tout au long du processus de publication

Activités associées

Créer des documents destinés à être insérés dans les différents supports de communication (web, cédérom, poster, ouvrage...)

Mettre en forme les documents en respectant les principes de bases de mise en page et de typographie

Calibrer les différents éléments de la chaîne graphique

Assurer la maintenance des matériels et le suivi de l'évolution logicielle

Transmettre son savoir-faire au sein de l'équipe.

Actualiser ses connaissances disciplinaires et thématiques

5.1.1 Profils affectés

LE RESPONSABLE D'OPERATION

Source : Ingénieur de recherche en archéologie, BAP D

Mission

L'ingénieur de recherche est responsable d'un chantier de fouille et/ou de l'étude du matériel issu de la fouille. Il détermine la stratégie de fouille, choisit, développe les méthodes et techniques à mettre en œuvre sur le terrain et en laboratoire, dans le cadre des programmes archéologiques définis au sein de l'équipe de recherche

Tendances d'évolution

Ouverture croissante sur les réseaux professionnels internationaux.

Recours à l'imagerie 3D.

Ouverture sur la société civile et culturelle.

Activités principales

- Piloter la stratégie de fouille définie dans le cadre d'un programme scientifique.
- Gérer l'ensemble des moyens humains, techniques, financiers, logistiques alloués à l'activité de la fouille.
- Assurer la coordination de l'ensemble des travaux liés à un chantier de fouille (travaux de terrain, saisie informatique des données stratigraphiques, études de spécialistes...).
- Assurer l'enregistrement et l'exploitation des données par le biais d'un Système d'Information Géographique (SIG)
- Rédiger le « rapport de fouille » pour transmettre l'ensemble des données et des observations de terrain.
- Diffuser et valoriser ses résultats sous la forme de rapports techniques, publications, présentations orales.
- Elaborer et faire respecter les règles de sécurité sur un chantier.
- Etablir et exploiter la bibliographie sur le programme.

Activités associées

Collaborer à l'élaboration d'un programme scientifique.

Composer une équipe de spécialistes en vue de l'analyse et de la caractérisation du matériel de fouille

Assurer une veille méthodologique et technologique

Concevoir et organiser des actions de formation aux techniques de fouille, d'enregistrement et de traitement du matériel archéologique.

Participer à l'encadrement des travaux des étudiants et stagiaires dans le cadre des recherches du laboratoire ou d'un chantier-école.

S'impliquer dans les réseaux professionnels

LE DESSINATEUR

Source : *technicien en graphisme, opérateur en graphisme (BAP F)*

Mission

L'opérateur en graphisme réalise des dessins d'exécution pour répondre à une commande précise dans les domaines de l'édition ou de la communication, selon les techniques de graphisme adaptées à leur exploitation finale

Tendances d'évolution

Maîtrise des logiciels de DAO, PAO et SIG

Changements d'outils

Polyvalence dans la maîtrise des logiciels d'édition et de graphisme.

Intégration des nouvelles techniques de communication et du multimédia

Activités principales

- Réaliser des croquis, des dessins et des mises en page à l'aide des moyens appropriés au mode de reproduction et de diffusion choisi
- Acquérir, numériser, retoucher, convertir et mettre à l'échelle des images
- Préparer les fichiers et les transmettre

Activités associées

Appliquer ou contrôler le respect des règles de typographie et la charte graphique

Calibrer les éléments de la chaîne graphiques

Intégrer l'évolution des techniques graphiques pour la réalisation de reproduction d'images

5.2 Mutualisation des tâches et des compétences vers un travail d'équipe

La présentation des profils de poste selon une forme traditionnelle, par métier ou spécialité, ne doit pas occulter l'aspect fédérateur de l'adoption des SIG censée favoriser considérablement les échanges entre chacun des métiers exposés ci-dessus et contribuer à l'amélioration de la qualité du raisonnement archéologique.

Le regroupement des fonctions d'acquisition, de stockage/archivage, d'analyse et d'affichage au sein d'un seul et même outil devrait, à terme, conduire les utilisateurs à intervenir à plusieurs niveaux du processus et non plus seulement à un moment précis, déconnecté du contexte, comme c'est parfois le cas actuellement. La mise en œuvre d'un SIG implique en effet que l'utilisateur se familiarise et adopte l'ensemble des fonctionnalités de l'outil, qu'elle que soit la mission qui lui aura été confiée. L'adoption du SIG va ainsi à l'encontre d'une hyperspécialisation des tâches puisque l'outil nécessite d'acquérir des compétences multiples qui étaient auparavant réparties entre plusieurs spécialistes.

On peut penser qu'à terme, la plupart des agents de l'Inrap auront acquis les compétences nécessaires pour l'utilisation du SIG. Ainsi, tous pourront remplir la presque totalité des tâches du processus – à l'exception des analyses exploratoires qui demandent une formation plus poussée. Cela engendrera davantage de souplesse dans la gestion du personnel et entraînera par ailleurs une autonomie accrue des Responsables d'Opération.

Si l'organisation du travail en fonction de spécialisation par secteurs d'activités réservés tend à disparaître avec l'adoption du SIG, il faut repenser le travail en équipe. D'une part à l'échelle d'une opération qu'une même équipe devrait être en mesure d'assurer du montage à la valorisation des résultats, d'autre part à l'échelle d'un centre archéologique autour des échanges de compétence et du partage des données. Ce travail en équipe stimulant devrait favoriser l'implication des agents et par extension, être profitable à la qualité du raisonnement archéologique.

5.3 La formation

L'impact du processus sur la définition des rôles et des compétences nécessite la mise en œuvre d'un plan de formation spécifique à long terme. La programmation de formations adaptées est une des clefs de la réussite du déploiement du processus qu'elle doit accompagner.

Pour être efficace, le plan de formation doit concerner en priorité les agents directement impliqués mais au-delà il doit atteindre tous les échelons du personnel. En effet, d'un côté tous les membres des équipes de fouille sont susceptibles d'intervenir à un moment ou un autre dans la manipulation des outils SIG. De l'autre, l'adaptation du processus ayant un impact sur l'ensemble de la conduite des opérations, il est nécessaire que tous les acteurs intervenant à un titre ou un autre aient connaissance du processus SIG. Il ne s'agit donc pas uniquement de formation technique mais également de sensibilisation à l'ensemble de la démarche afin que chacun sache à la fois ce que cela signifie dans l'organisation du travail et ce que l'on est en droit d'en attendre.

5.3.1 Compréhension du processus SIG

Objectif : il s'agit d'une formation courte dont l'objectif est de présenter le processus complet de manière détaillée en abordant son déroulement, les contraintes que cela engendre et les bénéfices que cela apporte. Une attention particulière sera portée à l'intégration du processus dans la programmation des opérations. Elle ne comprend pas de manipulation d'outil SIG.

Public : cette formation s'adresse aux AST, aux DIR, aux agents des DIR et du siège.

Durée : une demi-journée.

5.3.2 Les SIG et les concepts de l'analyse spatiale

Les deux formations proposées ci-dessous peuvent être décomposées en quatre, en séparant le volet conceptuel (objectif) de l'apprentissage des outils (manipulation).

5.3.2.1 niveau d'initiation

Cette formation comprend une présentation courte de l'ensemble du processus

Objectif : il s'agit de comprendre ce qu'est un SIG et d'acquérir la connaissance des concepts fondamentaux qui y sont associés (géoréférencement et localisation dans l'espace, modélisation des données spatialisées, opérateurs spatiaux, géotraitements).

Manipulation : la formation comprendra la prise en main du logiciel, son fonctionnement et ses fonctionnalités, la maîtrise des fonctions standard d'acquisition, d'interrogation et d'affichage des données.

Public : opérateur SIG, RO, dessinateur, topographe, technicien, infographiste

Durée : 4 jours ou 2 fois 2 jours

5.3.2.2 niveau avancé

Objectif : au niveau avancé, l'objectif est de maîtriser les principes et les concepts de l'analyse spatiale (compréhension et utilisation d'algorithmes et de modèles) afin de pouvoir les mettre en œuvre.

Manipulation : l'objectif est d'acquérir la maîtrise des fonctions de manipulation et d'analyse, l'enchaînement et l'écriture de procédures, le paramétrage d'algorithmes et d'analyses spatiales.

Public : référent SIG, RO.

Durée : 4 jours ou 2 fois 2 jours.

5.3.3 Statistiques spatiales et géostatistiques

Objectif : apprendre à maîtriser les outils de la statistique spatiale, analyse exploratoire, généralisation, estimation, lissage, interpolation, corrélation spatiale.

Public : référent SIG, RO.

Durée : 3 jours.

5.3.4 cartographie et sémiologie graphique

Objectif : comprendre et maîtriser les règles de la sémiologie graphique. Les mettre en œuvre dans l'outil SIG pour produire des cartes. Cartographier des jeux de données.

Public : opérateur SIG, référent SIG, RO, dessinateur.

Durée : 1 jour.

Conclusion

Dans la conclusion de mon rapport d'expertise en 2006, j'écrivais que l'ambition du projet doit être à la hauteur des enjeux, le reste n'étant qu'affaire de choix et de prise de décision. Plus loin, je terminais en jugeant mon rôle confortable en amont de la prise de décision, laissant à la direction scientifique et technique de l'Inrap le soin de faire les bons choix.

Assument parfaitement son rôle, la DST a fait le choix ambitieux d'engager l'Inrap dans l'intégration d'un outil dans ses procédures à l'échelle de la fouille. Je me suis efforcé de décrire le nouveau processus qui en découle tout en analysant les conséquences. Je suis convaincu, on l'aura compris, que c'est par cette étape que passe la réussite d'un tel projet avant et plutôt que par des propositions techniques séduisantes. Une fois consolidée la pratique du traitement de données, l'intégration de nouveaux outils ne sera plus un problème. Mais avant, cela devient soit un obstacle insurmontable, soit une fuite en avant permettant d'ignorer la question du traitement de données passablement moins attirantes. Evidemment, il faut d'abord s'entendre sur l'objectif qui n'est ni de faciliter la tâche en automatisant certaines étapes, ni de gagner du temps en optimisant le processus. Là où j'ai identifié comme enjeu de passer de l'illustration au traitement de données, la DST a fixé l'objectif d'améliorer la qualité du raisonnement archéologique.

Les réticences et les objections sont bien identifiées elles aussi. Elles sont de trois ordres :

- la peur de la nouveauté associée au rejet plus ou moins systématique de l'outil informatique au-delà d'Internet et de quelques outils bureautiques ; celle-là vient de personnes n'ayant aucune expérience en la matière ;
- le fait de ne pas aller assez loin et pas assez vite : celle-ci en revanche, vient de ceux qui ont déjà beaucoup investi dans ce domaine et qui ont acquis une solide expérience ;
- la crainte face aux changements de procédures et d'outils ; le paradoxe est que pour des raisons différentes, cette opposition est commune aux deux groupes précédents.

La différence fondamentale entre le processus actuel et le processus avec SIG intégré réside dans les possibilités offertes en termes d'interprétation/exploitation des données spatiales. A l'heure actuelle, le travail sur l'agencement spatial des vestiges reste souvent limité ; la réflexion spatiale n'intervient guère avant la cartographie des données qui n'est pas tant une opération destinée à stimuler le raisonnement archéologique qu'un moyen d'illustrer le discours de l'archéologue. L'interprétation et la lecture synthétique des données sont réalisées, pour l'essentiel, en post-opération, à partir du diagramme, des plans d'ensemble établis par les topographes et des résultats

partiels des études spécifiques. A ce stade, le raisonnement archéologique n'est que faiblement étayé par un support cartographique ; l'espace est accessoire et, faute de temps et d'outils adaptés, les données ne font généralement pas l'objet d'analyses spatiales au delà des plans de répartition des vestiges par période. La phase de DAO et de cartographie sert avant tout à illustrer les conclusions obtenues lors du traitement des données stratigraphiques et chronologiques et non pas à alimenter le raisonnement archéologique. Bien sûr, la cartographie des données peut donner lieu à un retour sur leur interprétation mais en aucun cas les moyens mis en œuvre ne permettent un travail de fond sur la spatialité des entités archéologiques.

L'utilisation du SIG en routine permet de ne pas dissocier l'interprétation archéologique des analyses exploratoires et de la cartographie, ce qui enrichit la qualité du raisonnement. L'analyse et la cartographie sont au service du raisonnement sans que l'une soit nécessairement réalisée après l'autre. Ce regroupement des tâches favorise les connexions entre les différentes étapes de l'interprétation archéologique : étant donné que les fonctions de stockage, de traitement et de cartographie des données se trouvent réunies dans un seul et même outil, l'exploitation de données peut être menée en parallèle de la production de données. L'effet induit du processus SIG est la diminution du cloisonnement des tâches et de la tendance à l'hyperspécialisation des agents. Le déploiement du processus SIG entraînera la construction progressive d'une démarche systémique mettant en étroite relation la production, l'interprétation et l'exploitation des données. C'est cette démarche qui contribuera à l'amélioration du raisonnement archéologique.

Au terme de cette étude, il convient d'insister à nouveau sur les implications fortes dans les domaines de compétences de trois directions de l'Inrap. La DST est concernée par la validation du processus et la définition des tâches. La définition des métiers et des profils de postes comme le plan de formation relève de la DRH. La DSI aura à mettre en œuvre les moyens nécessaires et à gérer les contraintes techniques associées. Si la cohésion entre ces trois directions est indispensable à la bonne conduite de ce projet, la clef de sa réussite se trouve dans la définition des tâches et des métiers, à l'interface entre la DST et la DRH.

En accord avec les trois directions concernées, une phase d'expérimentation a d'ores et déjà été engagée. La DST a choisi de la mener au centre archéologique de Tours en raison de la proximité avec le LAT, bien entendu, mais avant tout pour deux raisons stratégiques. La première est le choix de tenter l'expérience en impliquant plusieurs opérations d'un même centre. Cette configuration permettra une meilleure évaluation des conséquences que si l'on avait retenu des projets pilotes dispersés. La seconde est de mettre en œuvre ce processus dans un cadre standard n'ayant pas nécessairement déjà une expérience d'utilisation des SIG.

L'expérience se déroule depuis le début de l'année 2009 et s'achèvera à la fin de l'été, le LAT y joue le rôle de référent SIG. Elle porte sur sept opérations de natures différentes (4 fouilles et 3 diagnostics) qui permettent d'aborder toutes les étapes du processus. Le bilan de l'expérience donnera lieu à un rapport d'évaluation du processus et des modifications à y apporter. Viendra alors le temps de la décision des modalités de son déploiement.

A suivre...

BIBLIOGRAPHIE

Barge, Rodier, Davtian, Saligny 2004

Barge O., Rodier X., Davtian G., Saligny L. - L'utilisation des systèmes d'information géographique appliquée à l'archéologie française. *Revue d'Archéométrie*. 28, 2004 : 15-24.

Berger *et al.* 2005

Berger J.-F., Bertoncello F., Braemer F., Davtian G., Gazenbeek M. (dir.) - *Temps et espaces de l'homme en société, analyses et modèles spatiaux en archéologie*. actes des XXVe rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, 21-23 octobre 2004, Antibes : Editions APDCA, 2005, 534 p.

Buchsenschutz 1991

Buchsenschutz O. - Arkéoplan : premiers tests sur le chantier de fouilles de Riebemont-sur-Ancre, *Les nouvelles de l'archéologie*, n°46 : 18-19.

Denègre, Salgé 1996

Denègre J., Salgé F. – *Les systèmes d'information géographique*, Que sais-je ? n°3122, PUF, 1996 (réédité en 2004).

Gaffney, Stancic 1991

Gaffney V., Stancic Z. – *GIS approaches to regional analysis : a case study of the island of Hvar*, Znanstveni institut Filozofske fakultete, Ljubljana, 1991.

Galinié *et al.*, 2005

Galinié H., Husi P., Rodier X., Theureau C., Zadora-Rio E. - ArSol, La chaîne de gestion des données de fouilles du Laboratoire Archéologie et territoires, *Les petits cahiers d'Anatole*, n° 17, 27/05/2005, 36772 signes, http://www.univ-tours.fr/lat/pdf/F2_17.pdf

Galinié, Rodier, Saligny 2004

Galinié H., Rodier X., Saligny L., Entité fonctionnelles, entités spatiale et dynamique urbaine dans la longue durée, *Histoire & Mesure*, volume XIX-3/4, CNRS, Paris, 2004 : 223-242, <http://histoiremesure.revues.org/document761.html>.

Gallay 1986

Gallay A. – *L'archéologie demain*, Paris, 1986.

Histoire et mesure 2004

Système d'Information Géographique, Archéologie et histoire. *Histoire & Mesure*. volume XIX - n° 3/4, Paris : CNRS, 2004.

Joliveau 2005

Joliveau T. – La géographie des SIG : questions et débats, *Colloque Géomatique et applications, apport des SIG au monde de la recherche*, colloque Université d'Orléans-IRD. in : Fotsing Jean-Marie - *Apport des SIG à la recherche*, Collection du CEDETE, Actes du colloque international Géomatique et application n° 1 Apport des Systèmes d'information géographiques au monde de la recherche, 13 et 14 mars 2003, Orléans : Presse Universitaires d'Orléans, 2005 : 35-55.

Lefebvre 2008

Lefebvre B. – La formation d'un tissu urbain dans la Cité de Tours : du site de l'amphithéâtre antique au quartier canonial (5e-18e s.), Thèse de l'Université François Rabelais de Tours, 2008, http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/34/95/80/PDF/These_BLefebvre_texte.pdf

Lefebvre, Rodier, Saligny, 2008

Lefebvre B., Rodier X., Saligny L. – Understanding urban fabric with the OH_FET model based on social use, space and time *in Archeologia e Calcolatori*, 19, 2008

Losier, Pouillot, Fortin 2006

Losier L.-M., Pouillot J., Fortin M. – 3Dgeometrical modeling of excavation units at the archaeological site of Tell 'Acharneh (Syria), *Journal of archaeological science*, Elsevier, Article in Press (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/03054403>), 2006.

Mappemonde 2006

Mappemonde 83 (3-2006), <http://mappemonde.mgm.fr/num11/index.html>, dossier « L'archéologie en cartes ».

Portet 2006

Portet P. (dir.) – - [Les systèmes d'information géographique](#). *Le Médiéviste et l'ordinateur*, 44, Orléans : IRHT, 2006.

Rodier, Saligny 2004

Rodier X., Saligny L. – Social features, Spatial features, Time features: An urban archaeological data model *in*, Posluschny A., Lambers K., Hertog I. (eds.) - *Layers of Perception*, Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA) Berlin, Germany, April 2-6, 2007, Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte, vol.10, Bonn 2008.

Wheatley, Gillings 2002

Wheatley D., Gillings M. – *Spatial technology and archaeology The archaeological applications of GIS*, Taylor & Francis, London, New York, 2002.

Résumé du processus SIG

SIG	Aquisition/gestion de l'information		Stockage/ archivage	Analyse	Stockage/ archivage	Cartographie/ mise en page			
produits	Plan stratégique d'intervention		Documents d'interprétation des vestiges		Documents d'aide à l'interprétation		Production automatique d'illustrations		
Etapes	Montage opération		opération		Post-opération		valorisation		
Tâches	Compilation données	Intégration de données	Acquisition de données	Base de données localisées Système d'enregistrement	Manipulation et analyse des données	Requête et sélection des données	Mise en forme et représentation des données		
			topographie relevés						
			dessin						
Ressources humaines	AST/RO	Opérateur SIG	opérateur sig		RO	Référent SIG	RO	Référent Opérateur SIG	Dessinateur/ infographiste
			topographe						
			dessinateur		dessinateur				
Moyens	Fonds cartographiques logiciels SIG, tableur, SGBD, logiciel DAO ordinateur scanner		Outils de transfert de données topo logiciel SIG, tableur tachéomètre appareil photo numérique ordinateur imprimante		Logiciel SIG, Tableur, SGBD ordinateur				Logiciel DAO, PAO ordinateur imprimante
					Plateau Technique				