

# Préhistoire et système d'information géographique

## Processus appliqué à une occupation épipaléolithique

Bertrand MOULIN, Frédéric JALLET, Najla TOUATI et Jean-François PASTY

**Résumé :** Un système d'information géographique (SIG) en archéologie peut s'élaborer pour l'enregistrement et la conduite stratégique d'un chantier de fouille, pour la création d'une base de données spatialisée et l'édition de documents d'aide à la réflexion et destinés à la publication. Dans le cadre de la réflexion scientifique archéologique, le SIG devient aujourd'hui un outil incontournable. Cet article expose les méthodes et les premiers résultats obtenus lors de la mise en place d'un SIG sur un site de la plaine de Vaise à Lyon. La démarche se situe dans la continuité des principes méthodologiques décrits dès le début de la seconde moitié du xx<sup>e</sup> siècle notamment par Laplace-Jauretche et Méroc en 1954. L'emprise archéologique se situe dans le département du Rhône, à Lyon au 35, rue Auguste-Isaac (9<sup>e</sup> arrondissement). Le site (1900 m<sup>2</sup>) se caractérise par une succession d'occupations de la fin du Paléolithique (Azilien) à l'époque médiévale. Les vestiges épipaléolithiques constituent la plus ancienne installation humaine identifiée sur l'agglomération lyonnaise. Ils s'inscrivent dans une séquence sédimentaire à dominante sableuse peu favorable à la lecture des vestiges. Dès la mise au jour des vestiges épipaléolithiques, le protocole de terrain et l'étude archéologique ont été structurés afin de permettre la mise en place d'un SIG dédié avec pour principaux objectifs d'optimiser le traitement exhaustif des données en proposant une structuration normalisée et d'intégrer la puissance exploratoire de l'outil SIG comme support indispensable de l'analyse archéologique. Cette dynamique a favorisé l'émergence d'une vision objective intégrale. Chaque zone de fouille a fait l'objet d'un carroyage métrique. La fouille manuelle a été conduite par quarts de mètres carrés et par passe technique. Une passe technique constitue un volume autonome localisé par maille qui contient des informations archéologiques (silex, vestiges osseux...) dont la répartition spatiale (verticale ou horizontale) permet de restituer la stratigraphie et l'occupation archéologique. Les quarts de mètres carrés ont fait l'objet d'une couverture par clichés numériques des aménagements et épandages structurant l'occupation azilienne; ils ont été assemblés en mosaïques géoréférencées sur la trame des angles de quart de mètres carrés levés en topographie. Les éléments ont été digitalisés sous ArcGis©. Cette étape a permis de géoréférencer chaque composant lié à l'occupation azilienne et l'attribution d'un identifiant dans la base de données. Lors de la fouille, les outils sur silex ou autre ont été enregistrés en trois dimensions à l'aide d'une station totale avec numéro d'ordre attributaire. La totalité des sédiments extraits (56 t) a fait l'objet d'un tamisage systématique. Dans les deux cas, les mobiliers inventoriés sous forme de tableurs sont liés, à l'aide de l'index spatial de référence à chaque passe technique. Les données sont rassemblées sous le logiciel ArcGis. Lors de la phase post-fouille, ces « jeux de données spatialisées » sont structurés et intégrés en continu au SIG. Cette étape de structuration, de normalisation et de hiérarchisation de la donnée archéologique constitue un préalable fondamental du processus SIG. La robustesse des traitements et des analyses spatiales est dépendante de l'organisation et de la qualité de la base de données. Le SIG devient aujourd'hui la seule alternative possible dans le cadre d'une réflexion spatialisée à partir de bases de données archéologiques de plus en plus riches. Les pratiques classiques de l'archéologie sont actualisées par l'émergence de nouvelles méthodes, de nouvelles approches de terrain et un potentiel d'analyse dont la mise en œuvre et la maîtrise sont relativement simples mais clairement dépendantes de la robustesse de la base de données. Dans le cas de la rue Isaac, le SIG a été l'outil de retranscription du mode opératoire habituel en Préhistoire. Si la méthode mise en place pour l'acquisition des données n'est pas inédite, elle se pose comme une traduction « SIG » des processus d'analyse des vestiges archéologiques.

**Mots-clefs :** Analyse spatiale, SIG, Épipaléolithique, Lyon, Rhône-Alpes.

**Abstract:** A geographic information system (GIS) in archaeology can be developed for the registration and the organization of excavations, to create a spatial database and to edit documents intended for publication. GIS is becoming a necessary tool as part of archaeological scientific reflection. This paper describes the methods and first results obtained during the implementation of a GIS on a site in the Vaise plain in Lyon (France). The approach lies in the continuity of the methodological principles described at the beginning of the second half of the twentieth century, notably by Laplace and Jauretche Méroc in 1954. The excavations took place in the Rhone département, 35 rue Auguste Isaac (Lyon, 9th arrondissement). The remains were discovered during a rescue excavation in 2010 by Institut national de recherches

archéologiques préventives (INRAP) on the Vaise plain, on the right bank of the Saone and the alluvial deposits of Rochedardon, a tributary of the Saône. The site (1,900 m<sup>2</sup>) is characterized by a succession of occupations from the late Palaeolithic (Azilian) to the Middle Ages. The Epipalaeolithic remains presented a major scientific challenge: it is the oldest human settlement identified in Lyon. The vestiges are part of a sandy sedimentary sequence unfavourable for identifying and interpreting remains. Because of the unexpected nature of the discovery and the taphonomic context three 'excavation areas' were defined with the service régional de l'Archéologie (direction régionale des Affaires culturelles de Rhône-Alpes). The Rue Isaac Azilian is a major discovery in the regional context, poorly documented for that period. In this context, the study of this well-preserved settlement, organized with an abundant lithic industry (about 16,000 elements for flint alone), provides an opportunity to understand the complexity of human behaviour related to procurement and the exploitation of lithic raw materials, as well as the spatial organization of an open-air site. From the very discovery of the Epipalaeolithic remains, the archaeological methods and study were structured to establish a dedicated GIS to optimize the treatment of data by providing a standardized structure and to integrate the GIS as an essential support for archaeological analysis. This approach provided an objective full view. The archaeological methods aimed at restoring the archaeological role in the natural stratigraphy and understanding the spatial organization of ancient prehistoric occupations. Each search area was given a metric grid. The manual excavation was conducted by sections measuring a quarter of a square metre and technical blocks ('passe technique', or the manual stripping of 5 cm). A technical block is a localized independent volume that contains archaeological information (flint, bone remains, ...) whose spatial distribution (vertical or horizontal) can reproduce the stratigraphy and archaeological occupation. The corners of each quarter square metre were systematically georeferenced. The name of each technical block is the spatial index reference in the GIS for each volume created and takes the following form: "technical block number+quarter square metre" or P\_Quart\_M2 (e.g. 1 AA1d: first technical block from the quarter square metre AA1d). It contains the geographical position (X, Y, Z) of the centroid of the volume excavated and is represented as a polygon feature (polygon). Each quarter square metre was digitally photographed. These digital images of Azilian structures and layers were assembled to create georeferenced images using the corners of each topographically recorded quarter square metre. The quartzite pebbles and local anatexite plaque were digitized in ArcGIS, version 10 software tool incorporating Bezier curves. This step allowed georeferencing for each component linked to the Azilian occupation and the assignment of an identifier in the database. During the excavations, flint tools or other petrographic components were recorded in three dimensions (PI: 'pièces isolées', isolated artefacts) and sequentially numbered. All sediments (56 t) were sieved. After sorting by types, the inventories of artefacts by spreadsheets were linked, using the spatial index reference of each technical block. The same was done for the three-dimensionally listed items. Data were collected with ArcGIS © software. Prior to the study, all the archaeological data were formatted in compatible spreadsheets for ArcGIS software. The different databases, joined using the spatial index reference, were completed during specialized studies. During the post excavation study, these 'spatial datasets' are structured and integrated with the GIS. This patterning phase, the standardization and prioritization of archaeological data, is a fundamental prerequisite for the GIS process. The robustness of the treatment and spatial analysis is dependent on the organization and quality of the database. Structuring it in the research context has led to different spatial and statistical analyses being carried out. Horizontal projections (profiles) were made by combining the 'PI' and 'petrographic elements' spreadsheets to restore the stratigraphic context and locate potential archaeological horizons 'in situ'. Axes projections reflect the general topographic relief—a TIN (Triangular Irregular Network) was created during the excavation. Different GIS projects (attribute query and automatic creation of polylines in particular) have allowed automatic mapping of connections between fragments. Maps (density maps, distribution maps for the presence/absence of certain tool types, percentage distributions of plant macrofossils and bone remains) are a methodological specificity inherent in the practice of archaeology. GIS is the only alternative in the context of reflection based on numerous archaeological spatial databases. Customary archaeological practices are updated by the emergence of new methods, new approaches and a potential field of analysis; the implementation and control are relatively simple but clearly dependent on the robustness of the database. In the Rue Isaac case, the GIS tool transcribed the usual procedure in prehistory. While the method established for data acquisition is not new, it appears as a 'GIS' translation of the analysis process for archaeological remains.

**Keywords:** Spatial Analysis, GIS, Lyon, Epipalaeolithic, Rhône-Alpes.

**UN SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE** (SIG) en archéologie peut s'élaborer pour l'enregistrement et la conduite stratégique d'un chantier de fouille, pour la création d'une base de données spatialisée et l'édition de documents d'aide à la réflexion et destinés à la publication. Dans le cadre de la réflexion scientifique archéologique, le SIG devient aujourd'hui un outil incontournable (Costa, 2010).

Cet article expose les méthodes et une partie des résultats obtenus lors de la mise en place d'un SIG sur un site de la plaine de Vaise située à Lyon (Rhône). Il s'agit

d'exposer le *processus* (Djindjian, 2010 et 2011) ou mode opératoire élaboré pour la fouille et l'étude de l'occupation épipaléolithique mise au jour lors de cette intervention. Ce SIG a été mis en place pour répondre aux exigences classiques des analyses pour ce type de gisement. Il s'inscrit en continuité des pratiques développées sur la base des principes décrits dès 1954 (Laplace-Jauretche et Méroc, 1954) et dont l'évolution méthodologique a été détaillée notamment par Djindjian (1990), Lacrampe-Cuyabère (1997), Chiotti et Nespoulet (2004). Il constitue aussi une évolution logique de l'informatisation des

données lors de la fouille depuis les années quatre vingt (Dibble et McPherron, 1988). En outre, cette démarche s'inscrit dans la politique de déploiement des SIG en archéologie préventive, telle qu'elle a été définie depuis 2006 (Rodier, dir., 2011).

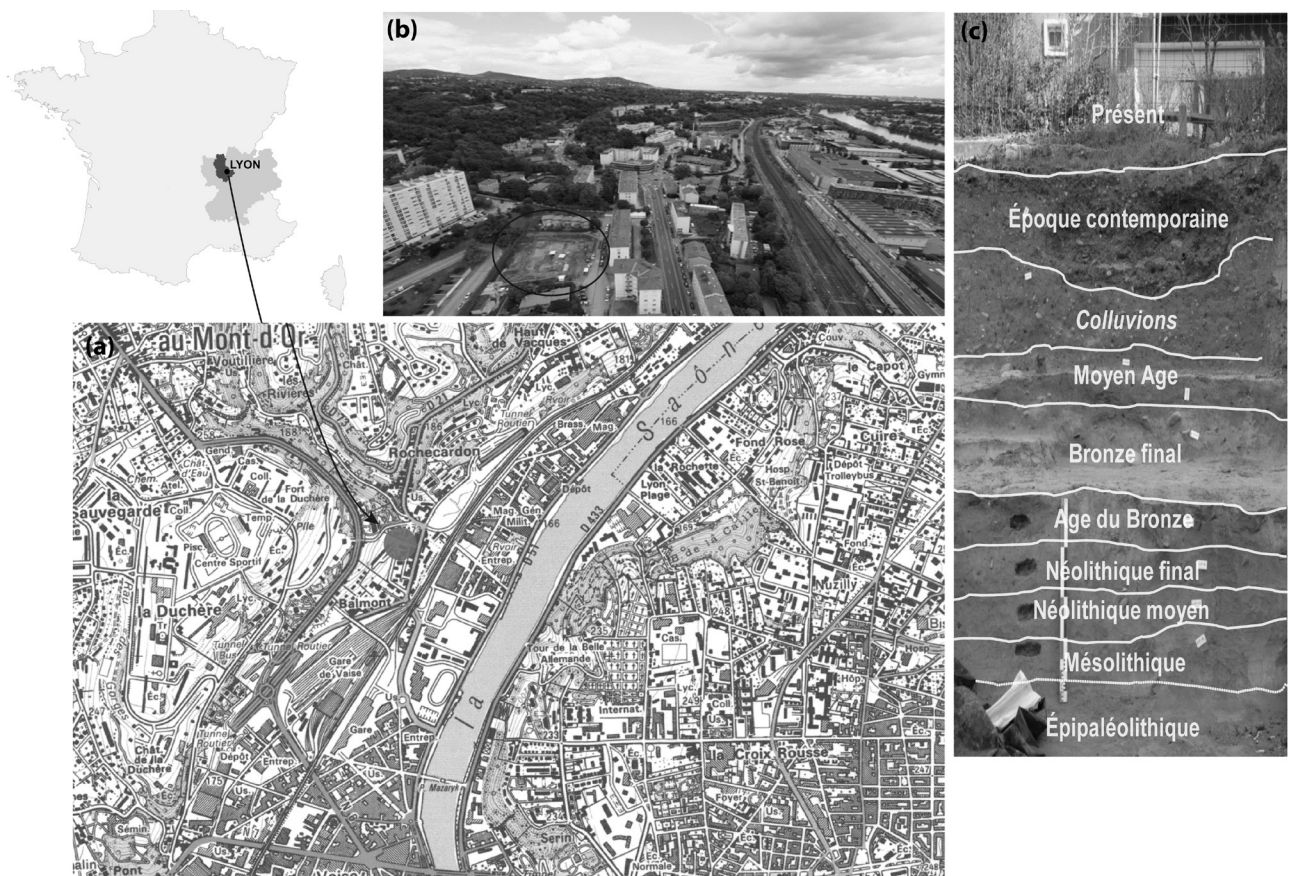
## CONTEXTES GÉOGRAPHIQUE ET TAPHONOMIQUE, PROBLÉMATIQUE

L'emprise archéologique se situe dans le département du Rhône, à Lyon au 35, rue Auguste-Isaac dans le 9<sup>e</sup> arrondissement. Les vestiges ont été mis au jour lors d'une fouille préventive réalisée en 2010 dans la plaine de Vaise, en rive droite de la Saône et sur le cône alluvial du Rochecardon, affluent de la Saône qui draine une partie des Monts d'Or. La plaine de Vaise est une petite unité géographique située à 167 m d'altitude au plus bas, de 2,5 km<sup>2</sup> de superficie, localisée au nord-ouest de Lyon, en amont de la confluence entre le Rhône et la Saône située à moins d'un kilomètre au sud. Elle s'inscrit dans les roches cristallines et crystallophyliennes primaires (granites et gneiss granulitiques essentiellement) du plateau Lyonnais, qui constituent le rebord oriental du

Massif central. Bien que plaine contiguë à la Saône, l'histoire géomorphologique de Vaise (au cours du Tertiaire et du Quaternaire) a été tributaire des fluctuations hydrologiques du Rhône transmises à la rivière par le biais de cette confluence. C'est donc dans un contexte géologique régional particulier qu'il faut replacer cette unité qui reste le support d'occupations anciennes, mésolithiques découvertes en 2008 (Maza et Silvino, 2009) et épipaléolithique découverte en 2010. Sur le versant occidental de la plaine de Vaise, ces deux périodes ont été mentionnées en contexte sédimentaire particulier (Bertran *et al.*, 1998a et b).

Le site (1900 m<sup>2</sup>) se caractérise par une succession d'occupations de la fin du Paléolithique à l'époque médiévale. Les vestiges épipaléolithiques (Azilien) constituent un enjeu scientifique majeur puisqu'il s'agit de la plus ancienne installation humaine identifiée sur l'agglomération lyonnaise. Ils s'inscrivent dans une séquence sédimentaire à dominante sableuse peu favorable à la lecture des vestiges (fig. 1).

En raison, du caractère imprévu de la découverte (occupation non caractérisée lors du diagnostic ; Bertrand *et al.*, 2009) et du contexte taphonomique complexe, trois fenêtres de fouille ont été définies en concertation avec le service régional de l'Archéologie de la DRAC Rhône-



**Fig. 1** – Carte de localisation du site de fouille 35, rue Auguste Isaac, Lyon, 69009. a : extrait de la carte IGN au 1/25 000 ; b : photographie aérienne oblique du site dans son contexte urbanisé ; c : illustration de la complexité taphonomique.

**Fig. 1** – Location of the excavation site: 35, rue Auguste Isaac, Lyon, 69009. a : IGN map extract (1:25 000); b : aerial photograph of the excavation site in its urban context; c : illustration of the taphonomic complexity.



Fig. 2 – Plan des trois zones de fouille, vestiges épipaléolithiques.

Fig. 2 – Plan of the three excavation areas, Epipalaeolithic remains.

Alpes (fig. 2). La fouille préventive de l'intégralité du site dans les temps impartis n'était pas envisageable.

L'occupation azilienne de la rue Isaac constitue un apport de données conséquent dans un contexte régional très mal documenté pour cette période. Les données régionales sont en effet peu nombreuses et très lacunaires. Les plus importantes et les plus proches géographiquement proviennent des fouilles de La Duchère, réalisées dans le cadre de la construction du périphérique nord de Lyon (Bertran *et al.*, 1998b). Malheureusement les conditions taphonomiques complexes des occupations mises au jour et la faiblesse numérique de l'industrie lithique recueillie n'apportent pas beaucoup de précisions sur la nature de l'occupation azilienne. Un nouvel examen du matériel recueilli et des modalités d'approvisionnement en matières premières serait certainement des plus bénéfiques. En se plaçant à plus petite échelle, l'isolement géographique du site de la rue Isaac est flagrant. Les sites pouvant servir à des fins comparatives sont situés dans des contextes géographiques différents, en Auvergne (Surmely *et al.*, 2000; Pasty *et al.*, 2002 et 2011) ou dans les massifs alpins (Pion, 1990; Monin, 2000).

Dans ce contexte, l'étude d'un site bien conservé, structuré et riche en industrie lithique (près de 16 000 éléments en silex) offre l'opportunité d'appréhender la complexité des comportements humains liés à l'approvisionnement et l'exploitation des matières premières lithiques, ainsi qu'à l'organisation spatiale d'un site de plein air.

## OBJECTIFS

Dès la mise au jour des vestiges épipaléolithiques, le protocole de terrain et l'étude archéologique ont été structurés afin de permettre la mise en place d'un SIG dédié. D'une part, elle a eu pour but d'optimiser le traitement exhaustif des données en proposant une structuration normalisée. D'autre part, il s'agissait d'intégrer la puissance exploratoire de l'outil SIG comme support indispensable de l'analyse archéologique. Dans ce cadre, les différentes réflexions ont relevé à la fois de critères de terrain et des *process* mis en place, cette dynamique a favorisé l'émergence d'une vision objective intégrale. Cette approche visait à tester la pertinence des processus taphonomiques afin de valider l'intégrité archéologique du gisement puis de générer les requêtes nécessaires à l'analyse archéologique proprement dite.

## Méthodes et matériels

### *SIG et archéologie*

Pour chaque fenêtre de fouille, les données ont été acquises grâce à la mise en place d'un protocole méthodologique reposant sur des compétences intégrées à une plateforme technique (fouilleur-tamiseur-topographe-SIG).

Le protocole de terrain visait deux objectifs :

- restituer la succession archéologique dans la stratigraphie naturelle;
- percevoir l'organisation spatiale des occupations de la Préhistoire ancienne.

Chaque « espace » (ou fenêtre ou zone) de fouille a fait l'objet d'un carroyage métrique.

La fouille manuelle a été conduite par quarts de mètres carrés indiqués par les lettres minuscules : a, b, c, d. Chaque quart de mètre carré a été fouillé par passe technique (décapage manuel d'une hauteur de 5 cm) numérotée, sur le préfixe du quart de mètre carré, de P0 à Pn (quart m<sup>2</sup>+Pn0: AA21bP1 est la passe 1 du quart b du mètre carré AA21). Une passe technique constitue un volume autonome localisé par maille. Elle contient des informations archéologiques (silex, vestiges osseux,...) dont la répartition spatiale (verticale ou horizontale) permet de restituer la stratigraphie et l'occupation archéologique. Lors de chaque passe technique, les angles de quart de mètre carré ont systématiquement été géoréférencés (fig. 3). La dénomination enregistrée sur le terrain pour chaque passe tient lieu d'index spatial de référence dans le SIG pour chaque volume créé et prend la forme suivante : « numéro de passe + quart de mètre carré fouillé », soit P-Quart-M2 (ex : 1 AA1d, passe 1 du quart de mètre carré AA1d). Il contient la position géographique en (x, y, z) du centroïde du volume fouillé et est représenté sous la forme d'une entité surfacique (polygone).

Les quarts de mètres carrés ont fait l'objet d'une couverture par clichés numériques pris à la potence. Ces clichés numériques des aménagements et épandages structurant l'occupation azilienne ont été assemblés en mosaïques géoréférencées (une par espace de fouille) à l'aide de la trame des angles de quarts de mètres carrés relevés en topographie. Les galets de quartzite et plaquettes d'anatexite locales ont été digitalisés sous ArcGis, la version 10 du logiciel intégrant un outil proche des courbes de Bézier. Cette étape a permis d'une part d'individualiser et de géoréférencer chaque composant pétrographique (galets de quartzite et plaques d'anatexite, ainsi que leurs fragments) lié à l'occupation azilienne par l'attribution d'un identifiant associé au quart de mètre carré et à la passe technique concernés dans la base de données. D'autre part elle a favorisé la création d'une mosaïque photographique des vestiges (foyers et aménagements en galets de quartzite et plaquettes d'anatexite) sur les trois fenêtres qui constitue, en l'absence de traitement 3D, une reconstitution ou un premier résultat archéologique, notamment dans le cadre de la réflexion archéologique (document de travail) ou de communications préliminaires par exemple (fig. 4).

Lors de la fouille, les éléments remarquables sur matière première siliceuse ou autre composante pétrographique (dénommées « pièces isolées » ou PI) ont été enregistrés en trois dimensions par station totale avec numéro d'ordre attributaire (Lacrampe-Cuyaubère, 1997). Pour chaque zone de fouille, la totalité des sédiments extraits (56 t) a fait l'objet d'un tamisage systématique par dispositif électrique vibratoire (tamis vibrant) à sec (colonne

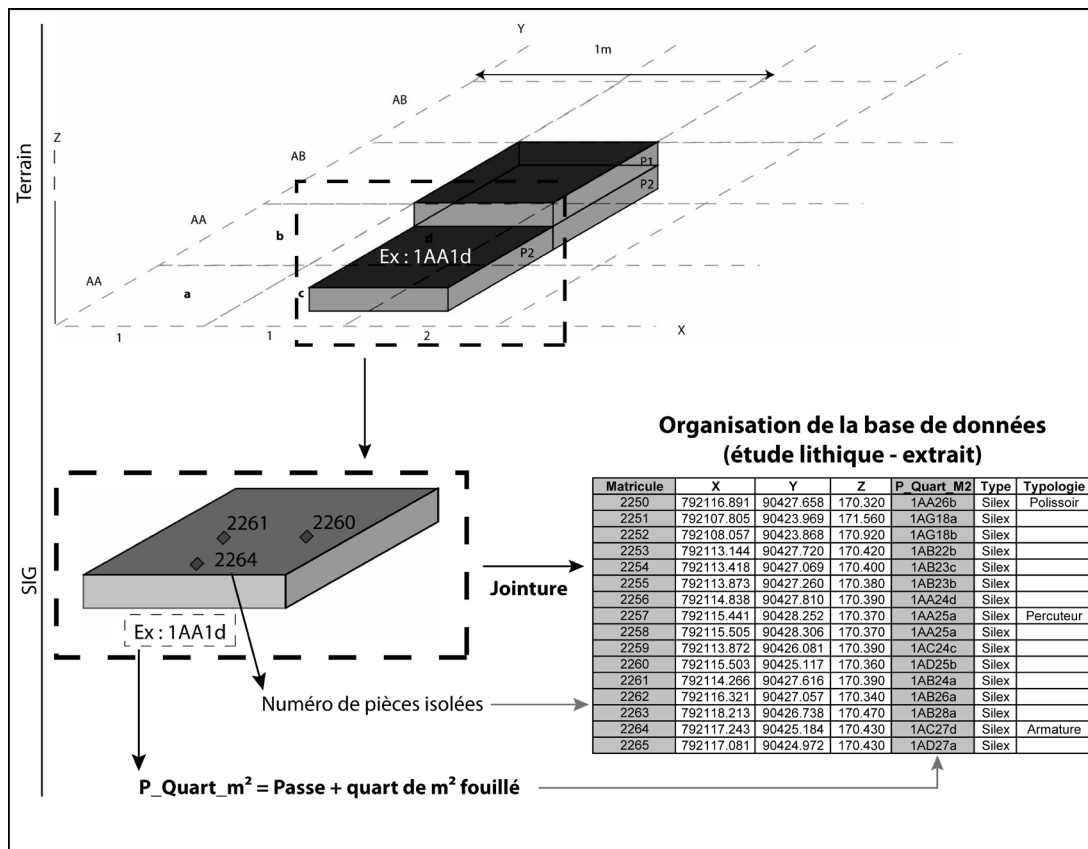


Fig. 3 – Protocoles de terrain et SIG.

Fig. 3 – GIS and field protocols.

de deux tamis : 1 et 0,5 cm) produisant des refus traités à l'eau puis triés par type de mobilier. Pour les macrorestes végétaux carbonisés et les vestiges osseux, les faibles quantités ont contraint à un pesage systématique par quart de m² et passe technique pour les nécessités de l'analyse archéologique. Les composantes des industries lithiques ont été triées et dénombrées. Après le tamisage des sédiments et le tri par catégorie de vestiges, les mobiliers inventoriés sous formes de tableurs sont liés, à l'aide de l'index spatial de référence décrit précédemment, à chaque passe technique. Le même type de manipulation est réalisé pour les pièces cotées par levé tridimensionnel à l'aide de la station totale.

*Le processus SIG – analyse spatiale*

ArcGis© est le logiciel sous lequel sont rassemblées toutes les données concernant les trois fenêtres de fouille. Préalablement à l'étude, l'ensemble des données archéologiques a été mis en forme sous un format tableur compatible avec le logiciel ArcGis et accessible à tous les acteurs de l'analyse archéologique. Par exemple, les « pièces isolées » ont été listées par leur numéro d'ordre attributaire et les champs attributaires comme les coordonnées géographiques (x, y, z), la nature pétrographique (quartzite, anatexite, silex) et la passe technique ont été renseignés. Le quart de mètre carré auquel chaque « pièce isolée » appartient a été calculé par requête spatiale de type

« objet ID contenu dans » sous ArcGis. Les différentes tables de données (PI, passes techniques, éléments pétrographiques...) qu'il est possible de joindre spatialement et « attributairement » de « 1 à 1 ou de 1 à n » à l'aide de l'index spatial de référence, ont été complétées au cours des études spécialisées (industrie lithique et déterminations pétrographiques : J.-F. Pasty et M. Piboule).

Lors de la phase post-fouille, ces « jeux de données spatialisées », ou données archéologiques géolocalisées (expression en soi redondante), sont structurés et intégrés en continu au SIG. Ils contiennent des informations liées à la position géographique de chaque objet et les données attributaires les caractérisant.

Cette étape de structuration, de normalisation et de hiérarchisation de la donnée archéologique constitue un préalable fondamental du processus SIG. La robustesse des traitements et des analyses spatiales est dépendante de l'organisation et de la qualité de la base de données. La structuration de celle-ci dans le cadre de la rue Isaac a permis la réalisation de différentes analyses spatiales et statistiques.

Des projections horizontales des objets lithiques cotés – silex, galets de quartzite et plaquettes d'anatexite – sur un axe (profils) ont été réalisées afin de restituer le contexte stratigraphique et de situer les horizons archéologiques potentiellement « en place ». Les axes des projections tiennent compte du relief topographique général – un modèle TIN (Triangular Irregular Network)

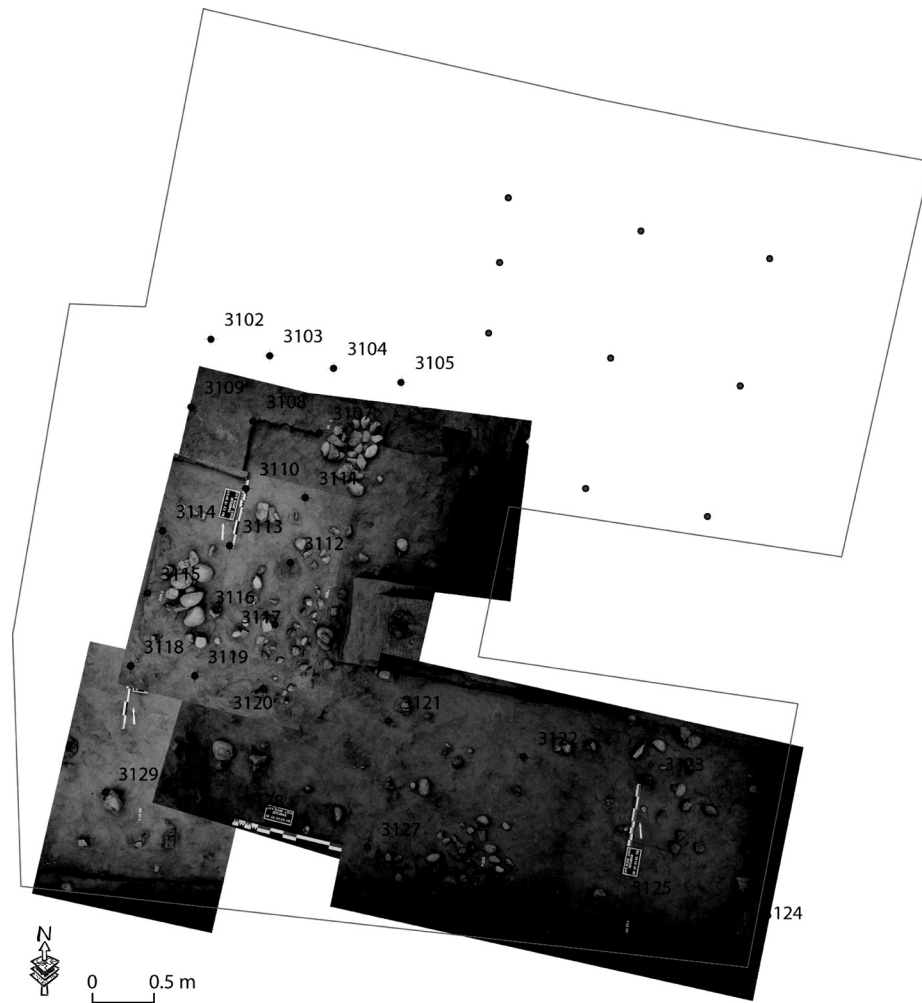


Fig. 4 – Exemple de mosaïque obtenue sur l'espace Sud-Ouest..

Fig. 4 – Example of the photographic mosaic produced for the southwestern area.

a été réalisé lors de la fouille – et de la densité des structures et/ou d'outils. Pour chaque quart de mètre carré, les passes techniques où apparaissent les aménagements et les épandages (galets de quartzite et plaquettes d'anatexite) matérialisant l'occupation azilienne ont été regroupées, chacune de ces entités a été numérotée (espace nord : US 355 ; espace sud-ouest : US 330 ; espace ouest : US 309). Lors de l'étude des mobiliers issus des passes techniques strictement associées à l'occupation, les volumes ont été pondérés par rapport au volume total et les vestiges ont été représentés sous forme de cartes de densité (exprimée par maille). Ce type de traitement statistique permet de visualiser quantitativement les zones de fortes concentrations par types de vestiges.

Une cartographie des raccords de fractures et des remontages archéologiques permet de visualiser la dispersion des éléments lithiques issus du même bloc de matière première (silex, quartzite ou anatexite par exemple). Dans le cas de la rue Isaac, cette vue en plan, sans constituer en soi un résultat, répond à deux objectifs : élaborer l'argumentation permettant d'asseoir l'intégrité du niveau archéologique azilien et fournir le support indispensable à l'approche spatiale de l'occupation.

## RÉSULTATS

L'apport du SIG mis en place pour l'étude de l'occupation azilienne de la rue Isaac est fondamental. Le processus élaboré sur le terrain et pour l'analyse a permis le traitement exhaustif des données archéologiques, ce qui est exceptionnel au regard de leur quantité (20 000 données environ).

### Témoins objectifs de vestiges en position primaire

#### *Validité verticale : les profils par projection*

Plusieurs projections horizontales (profils) d'objets lithiques (silex, galets de quartzite, plaquettes d'anatexite) ont été réalisées par combinaison des tableurs « PI » et « éléments pétrographiques » afin de restituer le contexte stratigraphique et de situer les horizons archéologiques potentiellement « en place ».

Les concentrations de vestiges lithiques, la localisation des structures et le pendage naturel (cf. microtopo-

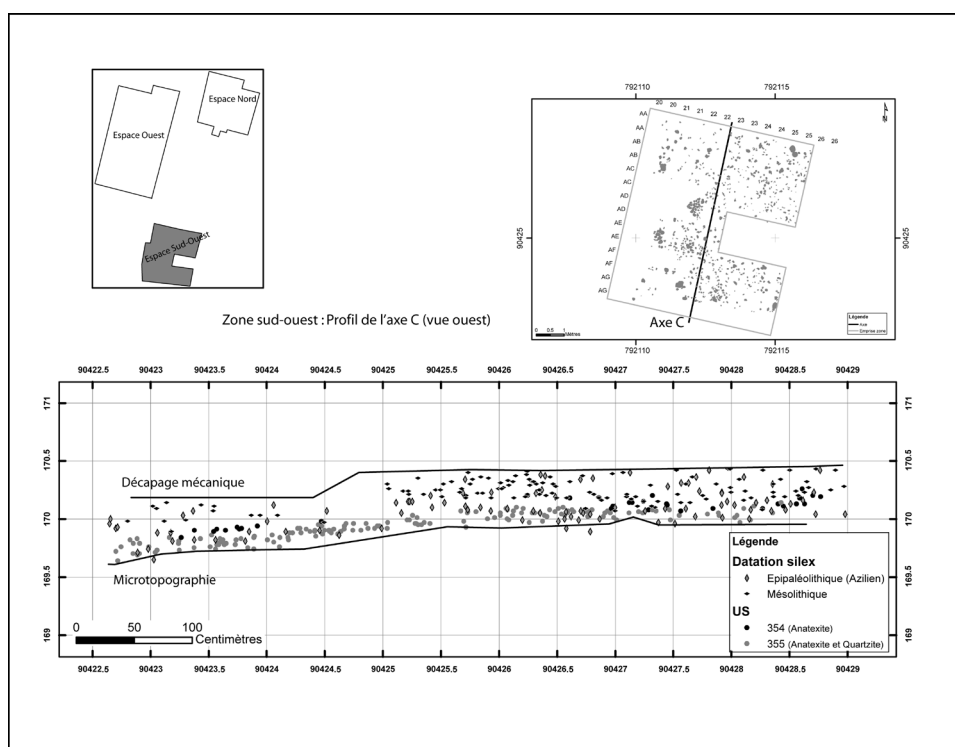


Fig. 5 – Exemple de projection horizontale.

Fig. 5 – Example of horizontal projection.

graphie) ont déterminé la localisation des axes de projections. Les projections verticales des profils A, B, C, D et E concernent deux coordonnées (y, z) des objets situés à 25 cm de part et d'autre de l'axe (voir figures des projections). Le profil C (fig. 5) : dans la partie inférieure, les points gris symbolisent les éléments pétrographiques (galets de quartzite et plaquettes d'anatexite) constituant les aménagements (foyers...) et l'épandage qui constituent l'occupation épipaléolithique (US 355); les losanges gris se rapportent aux produits aziliens en silex. Malgré le pendage du terrain naturel, le niveau épipaléolithique présente une épaisseur constante et de faible puissance (inférieure à 25 cm). Complémentaire de l'approche en plan, cette projection constitue un argument supplémentaire utile à l'identification d'un sol archéologique bien fossilisé. Cette intégrité de la couche archéologique permet d'affirmer que les vestiges de l'occupation épipaléolithique gisent en position primaire. Au-dessus de l'occupation épipaléolithique, les points noirs symbolisent un horizon de fragments d'anatexite auquel est associé un épandage d'esquilles de silex. La nature (anthropique ou naturelle) de ce faciès n'est pas clairement définie. Il marque la base de la partie supérieure de la stratigraphie. Cette séquence relève de nouveaux technocomplexes, ils appartiennent au Mésolithique (9500-7000 av. J.-C.; losanges noirs).

#### Validité horizontale : les remontages

Différents traitements SIG (requête attributaire et création automatique de polygones notamment) ont per-

mis une cartographie automatique des raccords entre fragments de galets ou plaquettes d'anatexite recensés dans la table attributaire. Pour la zone nord, les remontages de galets et de silex montrent une dispersion des éléments aziliens de faible amplitude (fig. 6). Cette vue en plan répond à deux objectifs : élaborer les données permettant d'estimer l'ampleur des perturbations post-dépositionnelles de l'occupation et fournir un support à l'approche spatiale de l'occupation.

#### Analyses spatiales

Perception de l'espace organisé : éléments pour une ethnologie en Préhistoire

Le travail sur plan constitue une spécificité méthodologique de fouille inhérente à la pratique de l'archéologie nonobstant l'avènement de l'ordinateur. Le SIG constitue naturellement l'outil de spatialisation du contenu des bases de données archéologiques de plus en plus riches, à l'aide duquel la réflexion s'articule et se met en place. Face à la richesse et la diversité des données archéologiques, il représente de plus en plus la seule alternative possible dans le cadre d'une réflexion spatialisée. Quelques exemples de cheminement associant SIG et archéologie sont présentés ci après.

Les cartes de densité à l'échelle du quart de mètre carré et de chaque fenêtre d'observation, renseignent sur l'intensité et l'extension spatiale des activités. La répartition de ces concentrations est étudiée selon les différentes catégories d'éléments. La concentration et la distribution de vestiges peu mobiles comme les esquilles de silex



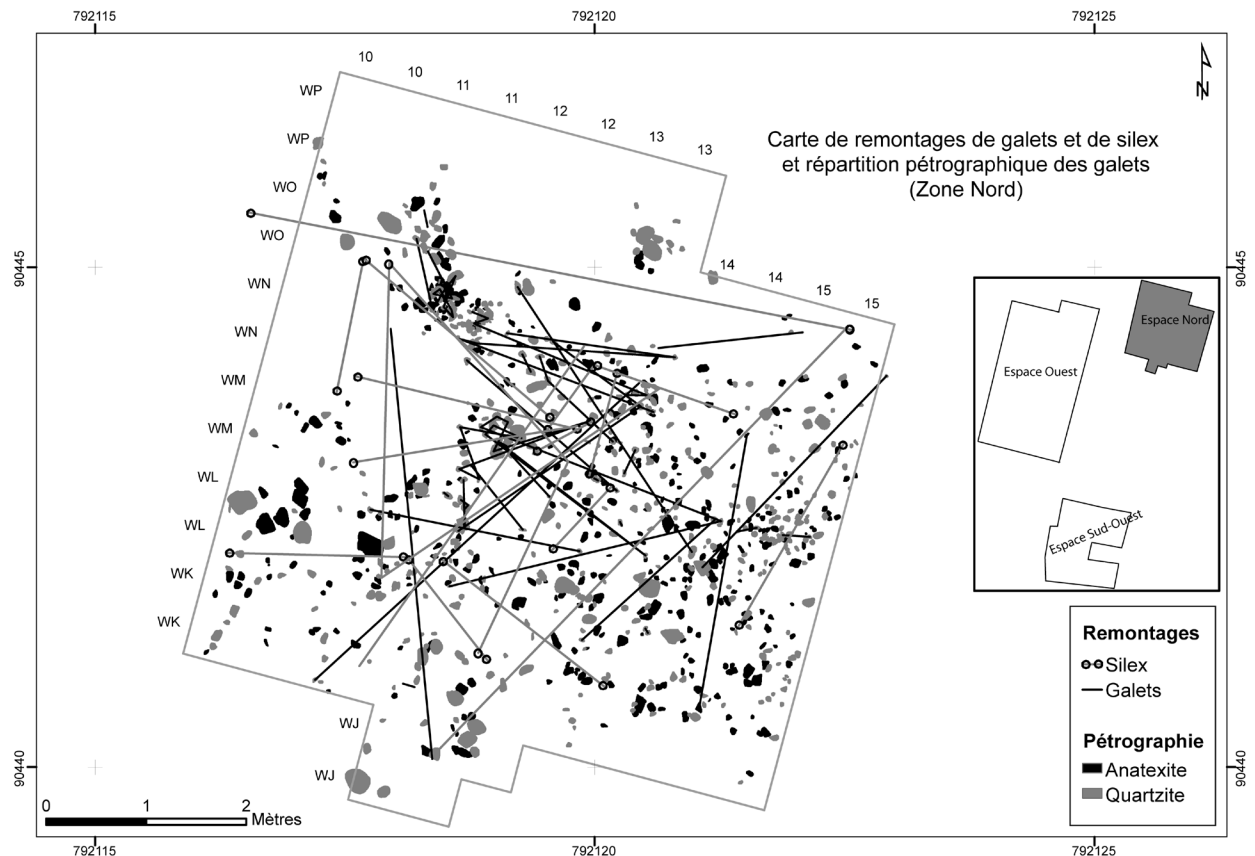


Fig. 6 – Exemple de carte des déterminations pétrographiques et des remontages.

Fig. 6 – Example of petrographic determination map and rejoining.

(chauffées et non chauffées) permettent de localiser des aires d'activités liées au débitage (fig. 7).

Les cartes de répartition en présence ou absence de certains types d'outils combinant les « pièces isolées » et les données issues du tamisage ont été réalisées. La zone sud-ouest montre des concentrations et des assemblages de types d'outils (fig. 8) pouvant évoquer des aires spécialisées.

Les artefacts ne sont pas les seuls supports à l'interprétation de l'occupation azilienne (pour le cas pris en exemple, mais la remarque est valide pour toute installation anthropique). Les autres vecteurs sont supportés par les écofactes (végétaux carbonisés, restes ostéologiques).

Les distributions en pourcentage des macrorestes végétaux et des vestiges osseux mettent également en évidence des zones de distribution préférentielles indépendantes du pendage naturel. Zone sud-ouest, les macrorestes végétaux se distribuent « en couronne » dans la moitié sud-est de l'emprise, marquant la périphérie d'un espace d'habitat (fig. 9) dont les aménagements de blocs délimitent l'espace interne.

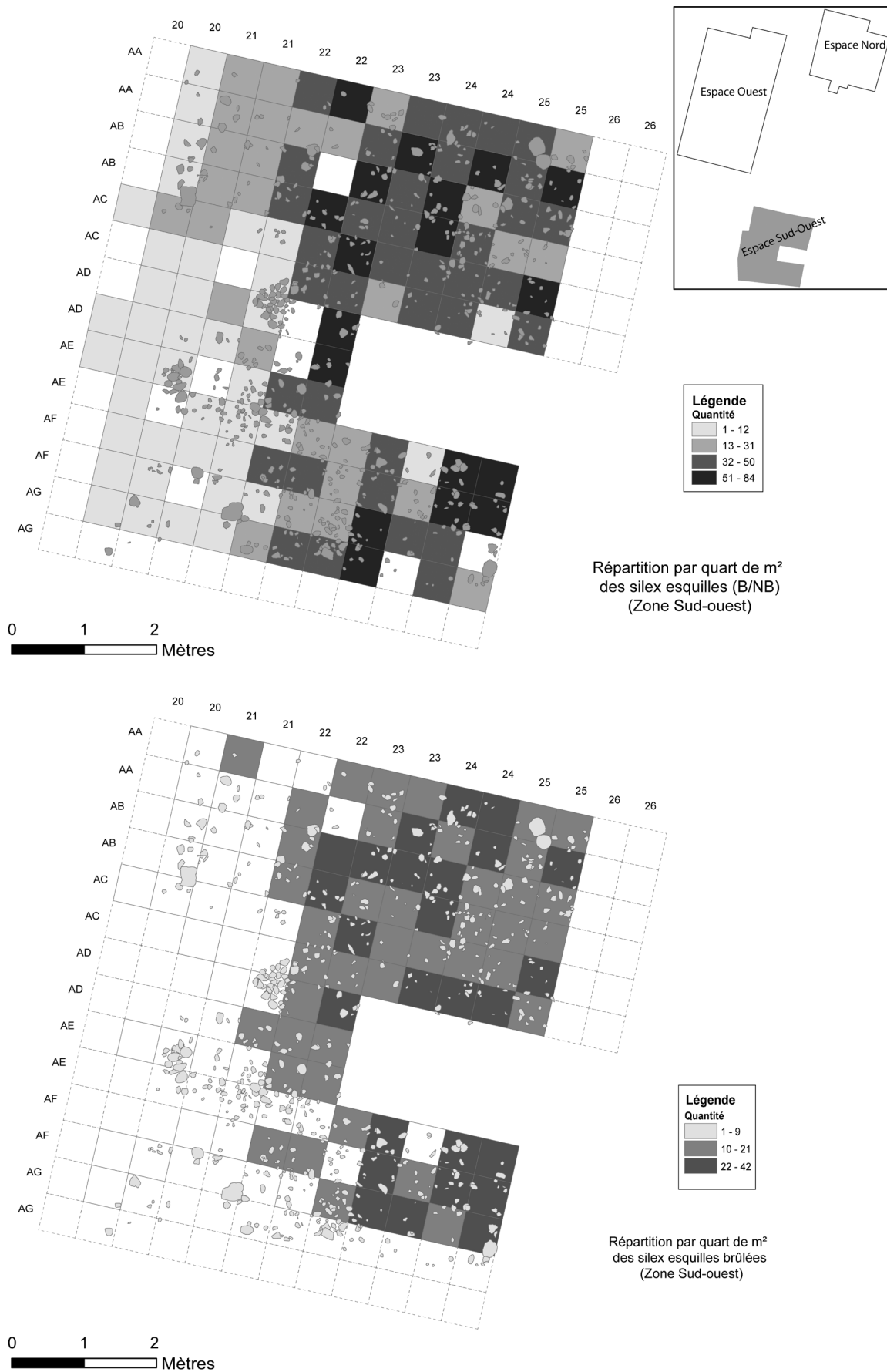
Structuration spatiale de l'occupation épipaléolithique : l'exemple appliqué de la zone ouest

Différentes analyses des données ont été réalisées afin d'identifier des tendances dans la structuration spatiale de

l'occupation épipaléolithique du site de la rue Auguste-Isaac. Malgré leur faible densité relative, les vestiges de la zone ouest traités selon le *process* mis en place donnent une bonne illustration du potentiel analytique de l'outil SIG support de l'étude archéologique.

En premier lieu, une partie des données a été mobilisée pour une approche verticale d'ensemble du niveau épipaléolithique. La jonction physique des zones fouillées n'ayant pas été réalisée sur le terrain, le potentiel de l'outil SIG a été mis en œuvre pour réaliser des transects afin de percevoir la continuité archéologique de l'occupation épipaléolithique entre les différents secteurs de fouille. L'axe D (longueur : 22 m, fig. 10) montre un pendage régulier de la zone ouest vers la zone sud-ouest. Les éléments pétrographiques (galets et plaques d'anatexite) forment un niveau d'épaisseur constante (inférieur à 25 cm). La couche de base se caractérise par l'absence d'accumulation en bas de pente, il n'y a donc pas de dilatation du niveau archéologique consécutive au pendage. Malgré la déclivité naturelle, le niveau épipaléolithique présente une épaisseur constante et de faible puissance.

Dans l'emprise de la zone ouest (84 m<sup>2</sup>), l'occupation azilienne (US 309) prend la forme d'un épandage d'éléments pétrographiques (400 environ de petit calibre : 5-10 cm) discontinu dont certains portent les stigmates variables d'une chauffe; il faut noter la présence occasionnelle de galets massifs (module : 0,20 à 0,40 m). Les



**Fig. 7** – Exemple de carte de répartition des esquilles de silex (haut), chauffées (bas).

**Fig. 7** – Example of a distribution map of flint splinters (top), heated (bottom).

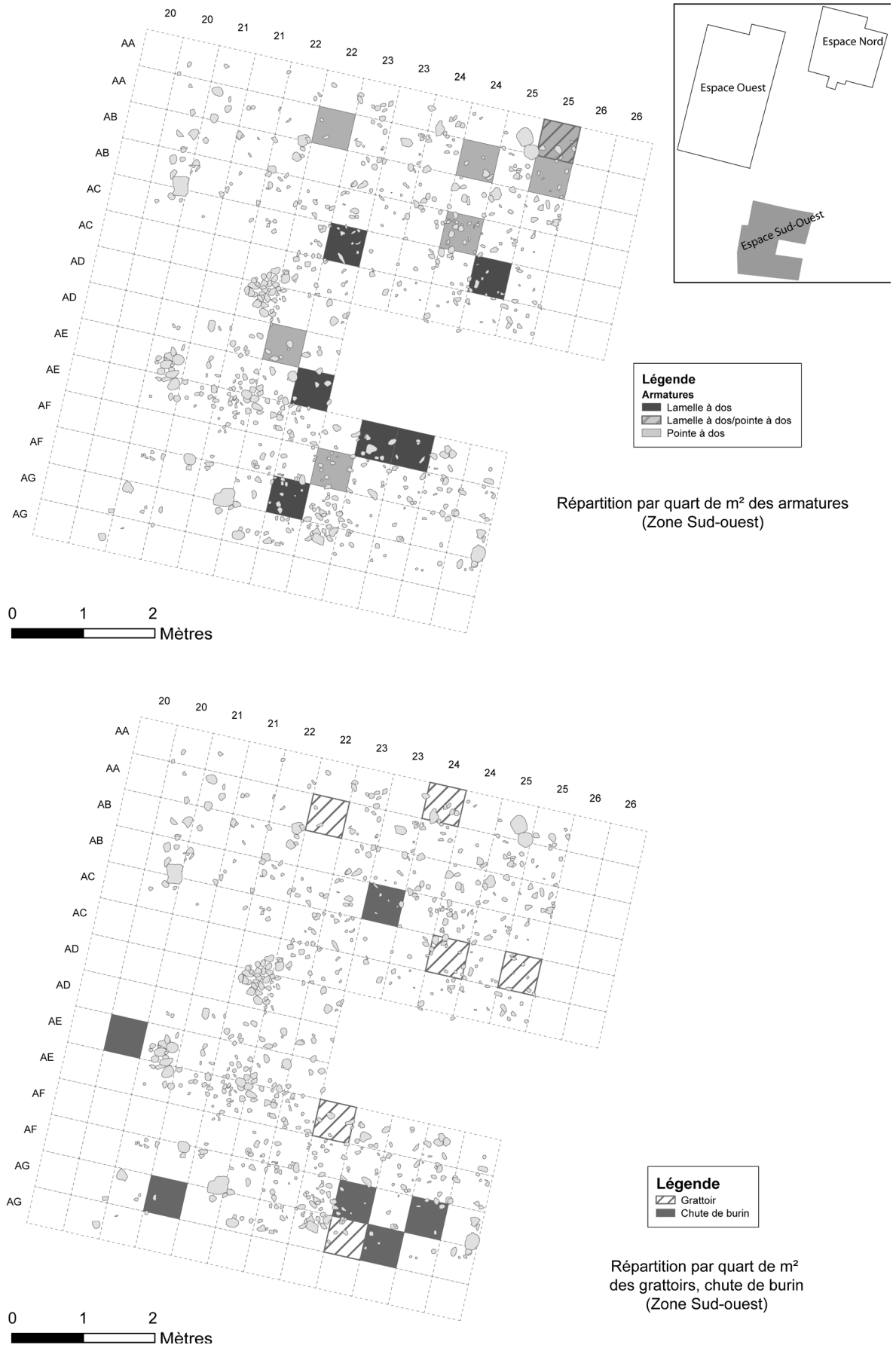


Fig. 8 – Exemple de carte de répartition des outils en silex par type.

Fig. 8 – Example of a distribution map of flint tools by type.

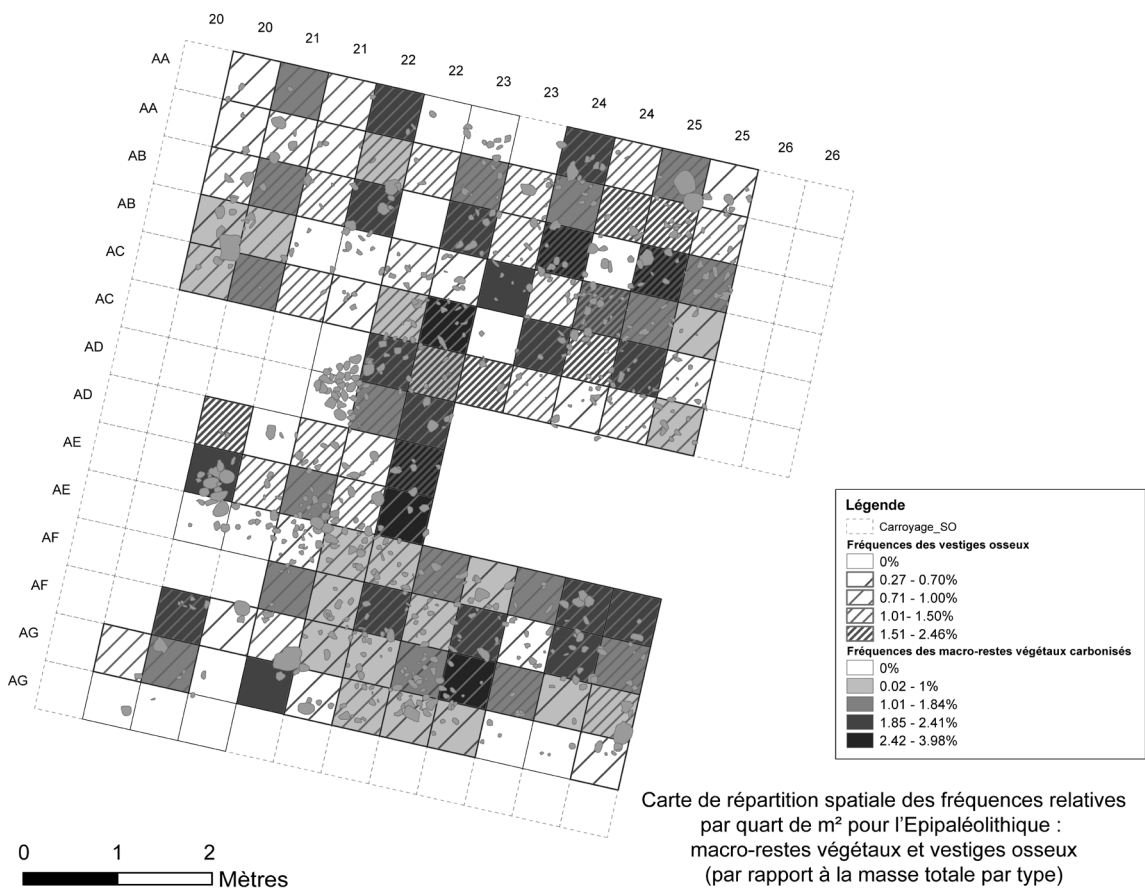
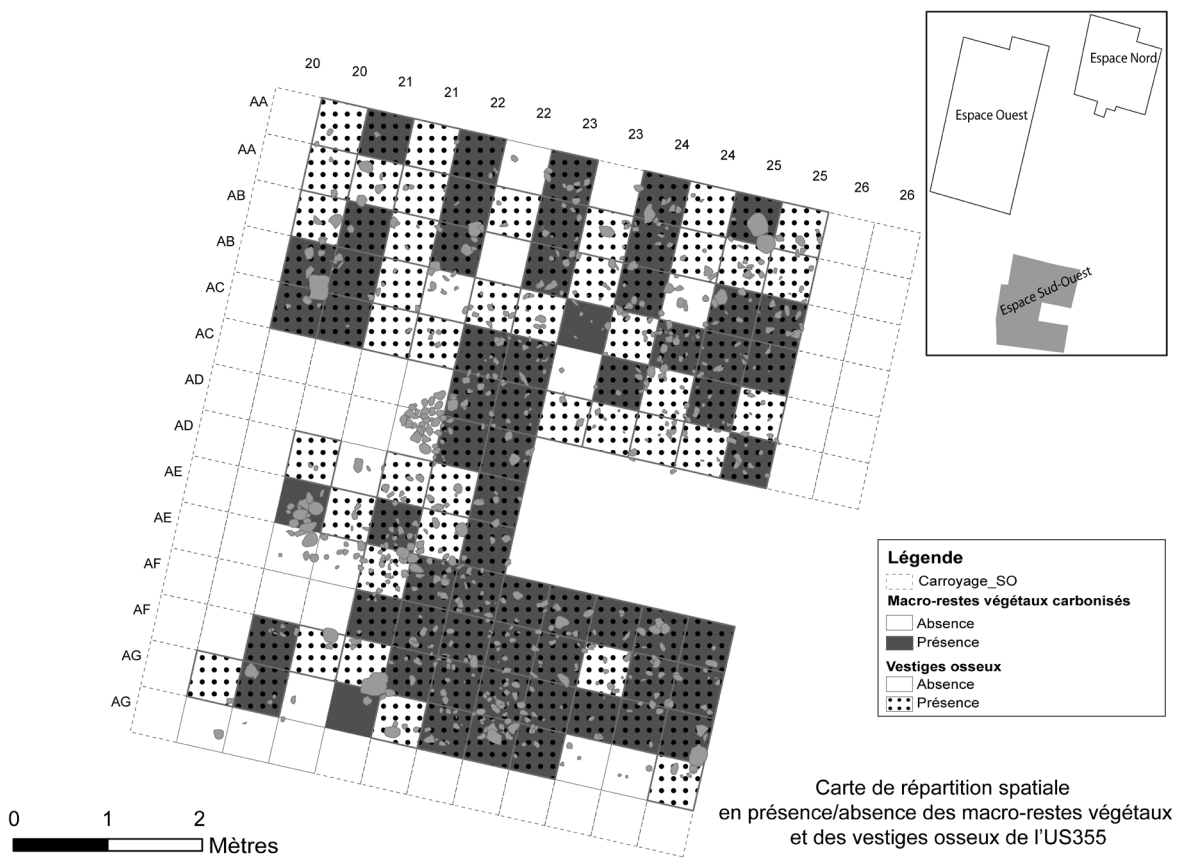


Fig. 9 – Exemple de carte de répartition des écofactes en présence/absence (haut), en fréquence (bas).

Fig. 9 – Example of a distribution map of presence/absence (top), and frequency (bottom) of ecofacts.

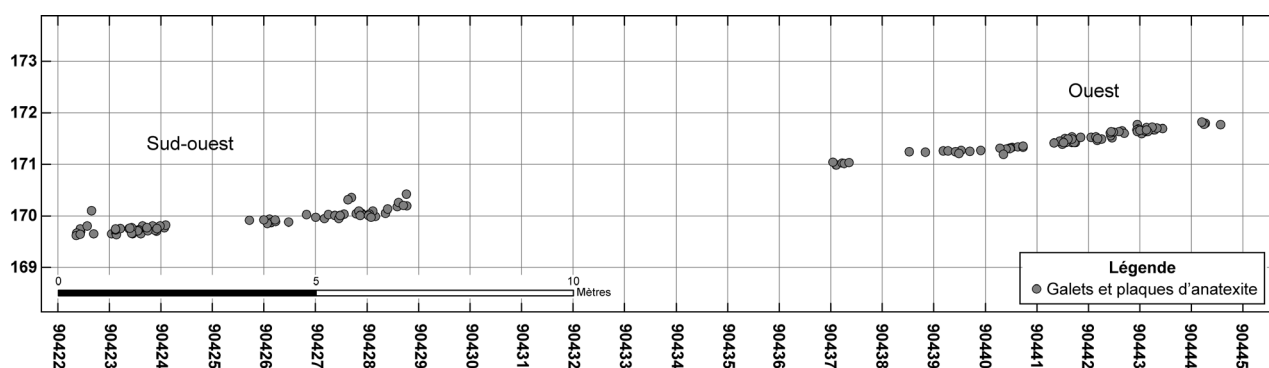


Fig. 10 – Zones ouest et sud-ouest : profil de l'axe D (vue ouest)..

Fig. 10 – West and southwest areas : profile of the axis D (west view).

concentrations ont été mises au jour en partie haute de la pente (nord) dont le pendage est très faible. Le cône sableux sur lequel se sont installés les Aziliens ne contenant naturellement pas de matériaux grossiers (galets, blocs), les occupants du site ont importé la totalité des blocs et des galets depuis des secteurs géographiques probablement peu éloignés étant donné le poids de certains de ces blocs (10 kg environ ; masse totale pour la zone ouest : 110 kg). La dispersion des vestiges montre que l'occupation est structurée par différents types d'aménagements. Il s'agit d'une part des structures qui permettent de délimiter les différents espaces et d'autre part de celles liées à l'utilisation du feu. Les caractéristiques des galets de quartzite et plaques d'anatexite ont été intégrées à la base de données puis cartographiées par requête spatiale.

La zone ouest a livré les témoins d'une première concentration qui occupe la moitié nord de la fenêtre. Elle semble être limitée, au moins au sud et à l'ouest, par une couronne de blocs de quartzite de dimensions relativement importantes (fig. 11). Les aménagements bloquent la diffusion des vestiges lithiques hors des concentrations. Ils matérialisent certainement au sol l'emplacement d'une structure d'habitat.

La principale structure de combustion de la zone ouest occupe le nord de la fenêtre (F307). Il s'agit d'un gros empierrement (40 kg) de forme ovale (2 m × 1 m) orienté nord-sud (fig. 11). La partie centrale de cette structure (WK5c) est presque exclusivement constituée de plaquettes d'anatexite. Ces dernières sont également nombreuses dans la partie sud de l'empierrement (WK5a et b). Les galets sont, quant à eux, disposés en arc de cercle sur toute la moitié est de la structure avec une forte concentration dans la partie nord (WL5c). À moins d'un mètre au sud-ouest de F307 se trouve F308 qui est un aménagement circulaire de 60 cm de diamètre environ composé presque exclusivement d'éléments chauffés ou thermofractés. Cette petite structure (poids total : 4,4 kg) ne montre aucune relation apparente avec F307 et pourrait correspondre à un petit foyer annexe.

La cartographie des pierres portant des stigmates de chauffe a permis l'identification de deux foyers dans la zone ouest. Afin de consolider cette interprétation, une

requête spatiale par quart de mètre de carré a été réalisée concernant la répartition des macro-restes végétaux carbonisés. Ces vestiges sont issus du tamisage systématique des 322 passes techniques concernant la fouille de la zone ouest (298 quarts de mètres carrés), soit un volume de sédiment de 8,21 m<sup>3</sup>.

Dans la base de données, les macro-restes végétaux carbonisés associés à l'occupation azilienne sont attestés dans quatorze passes techniques. Les masses varient entre 4 et 4,4 g (moyenne : 4,06 g ; total : 56,80 g ; tare non déduite). En présence/absence, la répartition de ces vestiges n'est pas homogène. En données pondérées, exprimées en fréquence relative pondérée par le total rapportée au volume cumulé des passes pour chaque quart de mètre carré concerné (fig. 12), l'image est plus nuancée puisque des zones limitées de densité sont identifiables notamment en lien avec le foyer F307. L'absence de macro-restes végétaux carbonisés associés au foyer F308 est à noter : nettoyage de la structure de combustion ou concentration de pierres chauffées ?

Les dynamiques de répartition des macro-restes végétaux carbonisés et des restes osseux de l'occupation azilienne sont différenciées (fig. 12), ce qui consolide encore l'argumentation en faveur de vestiges en position primaire. La dispersion des écofactes, malgré des quantités réduites, tend à favoriser une aire d'activités localisée dans la partie nord de la zone ouest. Les aménagements structurent l'espace dont l'organisation interne est perçue par les vestiges.

Les requêtes spatiales cumulées ont permis de percevoir une structuration de l'occupation azilienne dans la zone ouest notamment par la cartographie des stigmates et vestiges d'ustion. Ce modèle d'organisation a été également évalué par interrogation de la base de données concernant les informations relatives aux remontages de fragments de roche. Cette requête a permis de réaliser une cartographie automatique des connexions pour la zone ouest.

En premier lieu, un raccord entre deux fragments de galets thermofractés relie ce secteur avec la zone sud-ouest (fig. 13). Cette donnée vient confirmer l'intégrité et la continuité de l'occupation azilienne (fig. 10) entre les différents secteurs fouillés.

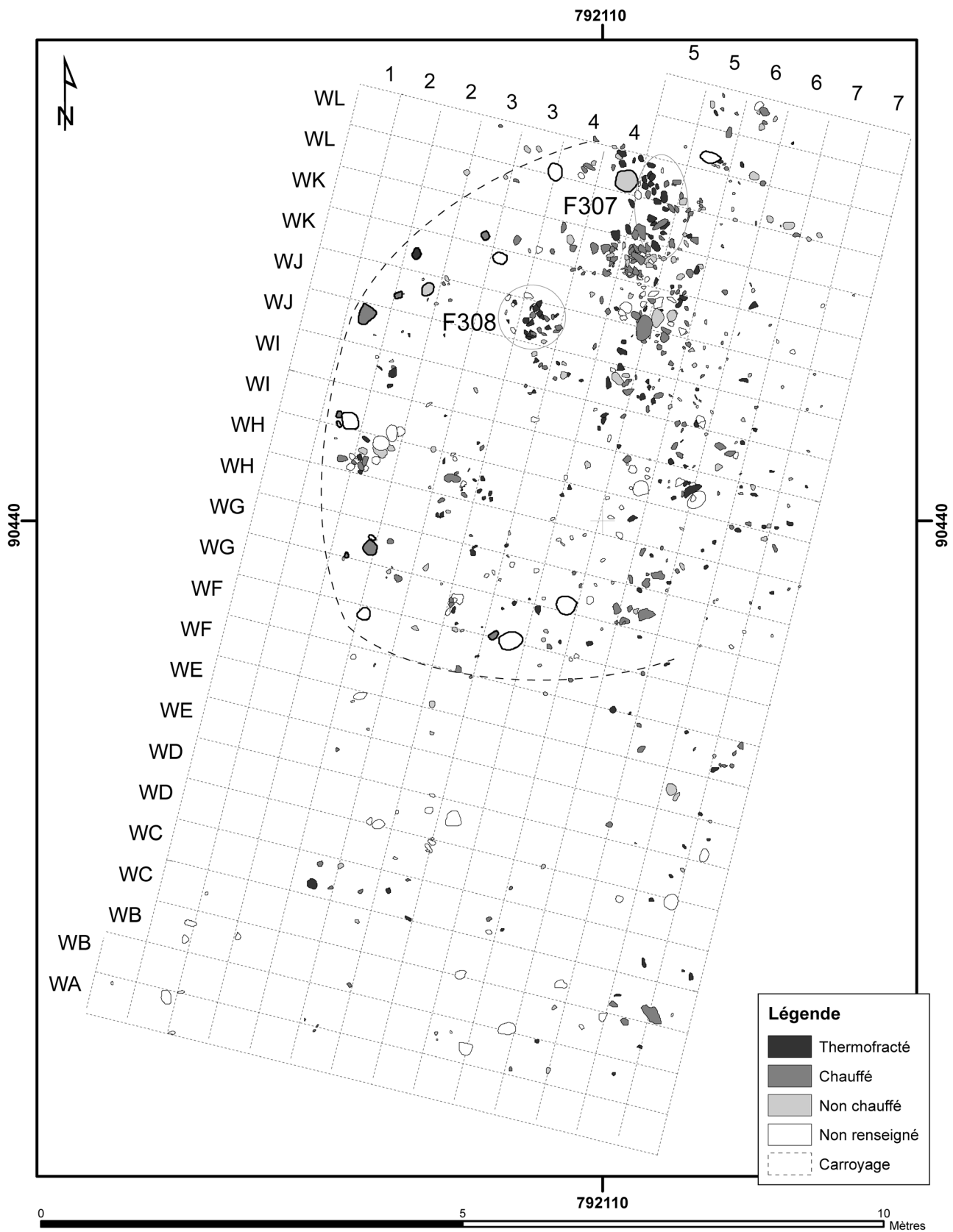


Fig. 11 – Zone ouest : épandage et structures de l’occupation azilienne.

Fig. 11 – West area: Azilian occupation structures and spatial pattern.

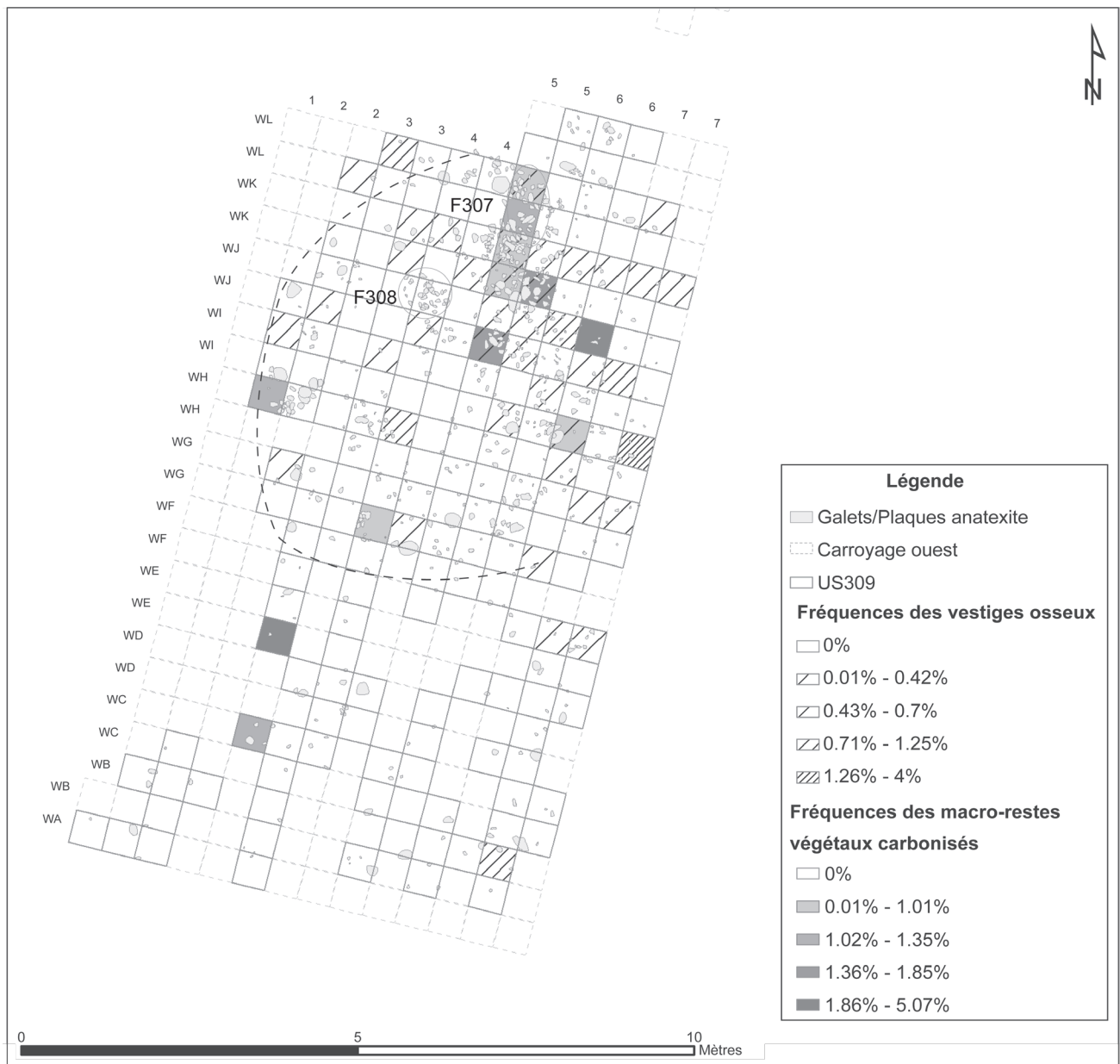
Les foyers F307 et F308 présentent des remontages à courte distance d'éléments fracturés au feu (fig. 13). Les remontages à courte distance sont fréquents dans le secteur de F307, ainsi qu'entre la partie sud du foyer et la petite concentration située au sud de WJ5. Dans le cas de F308, la plupart des éléments chauffés ou thermofractés participent à des remontages internes à la structure ou à proximité (zones de rejet?).

Pour la zone ouest, l'application du processus SIG associée à une architecture de base de données robuste a permis de cartographier plusieurs types d'informations. Le cumul des données tridimensionnelles et volumétriques donne une image de l'organisation spatiale de

l'occupation azilienne dans ce secteur de fouille. Malgré une faible densité des différents types de vestiges, l'information spatiale est pertinente pour l'interprétation archéologique.

Les exemples présentés constituent une partie des informations traitées pour l'analyse du sol d'habitat épipaléolithique mis au jour dans la zone ouest. L'étude est notamment complétée par la répartition des fragments et outils en silex couplée à une cartographie de leur état (chauffés ou non chauffés).

L'ensemble de ces protocoles a été systématiquement appliqué à l'occupation azilienne dans les trois secteurs de fouille. Projections et remontages par raccord montrent



**Fig. 12** – Zone ouest : carte de répartition spatiale des fréquences relatives par quart de mètre carré pour l'Épipaléolithique : macro-restes végétaux carbonisés et vestiges osseux de US 309 (par rapport à la masse totale par type).

**Fig. 12** – West area: spatial distribution map of relative frequencies per quarter square metre for the Epipalaeolithic: macro-vegetal remains and carbonised bone remains of US 309 (compared to the total mass by type).

la cohérence archéologique et stratigraphique de cet épipaléolithique dont l'état de fossilisation est très satisfaisant. Dans le cadre de l'étude, la totalité des données (objets en trois dimensions, vestiges issus du tamisage, épandages et structures anthropiques) a été traitée par application du processus SIG. Le bilan de l'analyse archéologique de la première occupation humaine identifiée sur le territoire de l'agglomération lyonnaise, le site azilien de la rue Auguste-Isaac, est en cours d'élaboration (Jallet et Pasty, en cours).

## DISCUSSION

### Temps et échange – un outil de gestion ?

En archéologie, la mise en place du SIG modifie sensiblement l'organisation et la nature des échanges sur le terrain lors de la fouille et pendant les phases d'études (Rodier, dir., 2011). Le traitement informatique des données quantitatives favorisé par la mise en place du SIG est un moyen, non une fin, qui nécessite collaborations et échanges dynamiques entre les acteurs (archéologue, géomaticien, statisticien : Ducasse, 1986 ; Djindjian, 1986, 1999 et 2009). Intégrateur, le SIG s'impose rapidement et devient le *nœud gordien* de la démarche archéologique (fig. 14). Plus qu'une interface, il centralise l'information dont il impose la structuration et favorise l'émergence de rendu à la demande. Comme le suggère le schéma qui restitue le praxisme de l'opération, la mise en place favorise une augmentation sensible des interactions entre les différents acteurs de l'opération archéologique au cours du temps. La fréquence et l'intensité des échanges entre les intervenants s'accroissent et s'amplifient au cours des différentes phases opérationnelles. Elle ne s'atténue que lors de la conception de la publication, le schéma n'intégrant pas les processus en lien avec la sauvegarde des données. L'intensité maximale, hors acquisition topographique, s'exprime à travers le dialogue complice entre l'archéologue et le géomaticien. Cette relation est vouée à s'éteindre progressivement, dès lors que le responsable - l'archéologue, séduit, acquiert son propre savoir et sa propre expérience sur la mise en place, le fonctionnement et les traitements et représentations en SIG. Le SIG s'impose alors comme l'outil de gestion spatialisée de l'information archéologique ; il ne se substitue en rien à la réflexion mais contribue à l'enrichir (Barge *et al.*, 2004).

### Limites ?

La mise en œuvre d'un système d'information géographique pour l'étude du site préhistorique de la rue Auguste-Isaac constitue une première scientifique à l'échelle régionale dans un contexte similaire. L'application élaborée, adaptée aux contextes sédimentaire et chronoculturel du gisement, n'a eu comme limite que celle relevant de rares réticences en lien avec une méconnaissance de l'outil. Elles ont constitué une limite relative, traduisant surtout un besoin d'information et de diffusion de

l'outil non plus uniquement aux responsables de fouilles archéologiques mais plus globalement aux gestionnaires et aux administrations en lien avec l'archéologie.

En outre, la mise en place tardive du SIG – non systématique pour ces périodes chronologiques – a contribué à légèrement accroître l'inertie lors du déploiement sur le terrain. L'expérience montre, d'une part, que dans le cadre spécifique de cette période chronologique, les méthodologies développées sur le terrain et lors de l'étude sont parfaitement adaptées à une structuration SIG. D'autre part, le processus élaboré pour ce site d'habitat épipaléolithique lyonnais (vestiges appréhendés par volumes notamment) est susceptible de trouver d'autres terrains d'application. Quel que soit le contexte, la chronologie, la zone géographique, le *process* élaboré est adapté aux gisements dont les vestiges (ou une partie de ceux-ci) apparaissent en « masse » dès lors que les protocoles de terrain reposent sur la trame d'un carroyage et le tamisage des sédiments, couplés éventuellement à l'enregistrement tridimensionnel des objets. La mise en place du SIG, son potentiel analytiques et exploratoires, accroît sensiblement les possibilités de reconnaissance de la structuration spatiale des vestiges, de l'interprétation archéologique des gisements et de la restitution de leur fonctionnement.

## CONCLUSION

Bien que les SIG ne constituent qu'un support technique (Rodier, dir., 2011), ils permettent de répondre aux attentes majeures des archéologues telles la restitution de stratigraphies, la perception de densités de vestiges ou la répartition spatiale des mobiliers par types. Les pratiques classiques de l'archéologie sont actualisées par l'émergence de nouvelles méthodes, de nouvelles approches de terrain et un potentiel d'analyse dont la mise en œuvre et la maîtrise sont relativement simples mais clairement dépendantes de la robustesse de la base de données. Dans le cas de la rue Isaac, le SIG a été l'outil de retranscription du mode opératoire habituel en préhistoire. Si la méthode mise en place pour l'acquisition des données n'est pas inédite, elle se pose comme une traduction « SIG » des *process* d'analyse des vestiges archéologiques, notamment ceux appréhendés en volumes. Les potentialités de l'outil suscitent des ouvertures dans les attentes scientifiques des spécialistes (ex : lithiciens), des changements dans les pratiques et les perceptions...des perspectives pour l'archéologue.

**Remerciements** : Les auteurs souhaitent remercier Sylvaine Couteau, topographe qui a réalisé l'ensemble des relevés et Odile Franc, géomorphologue (INRAP).



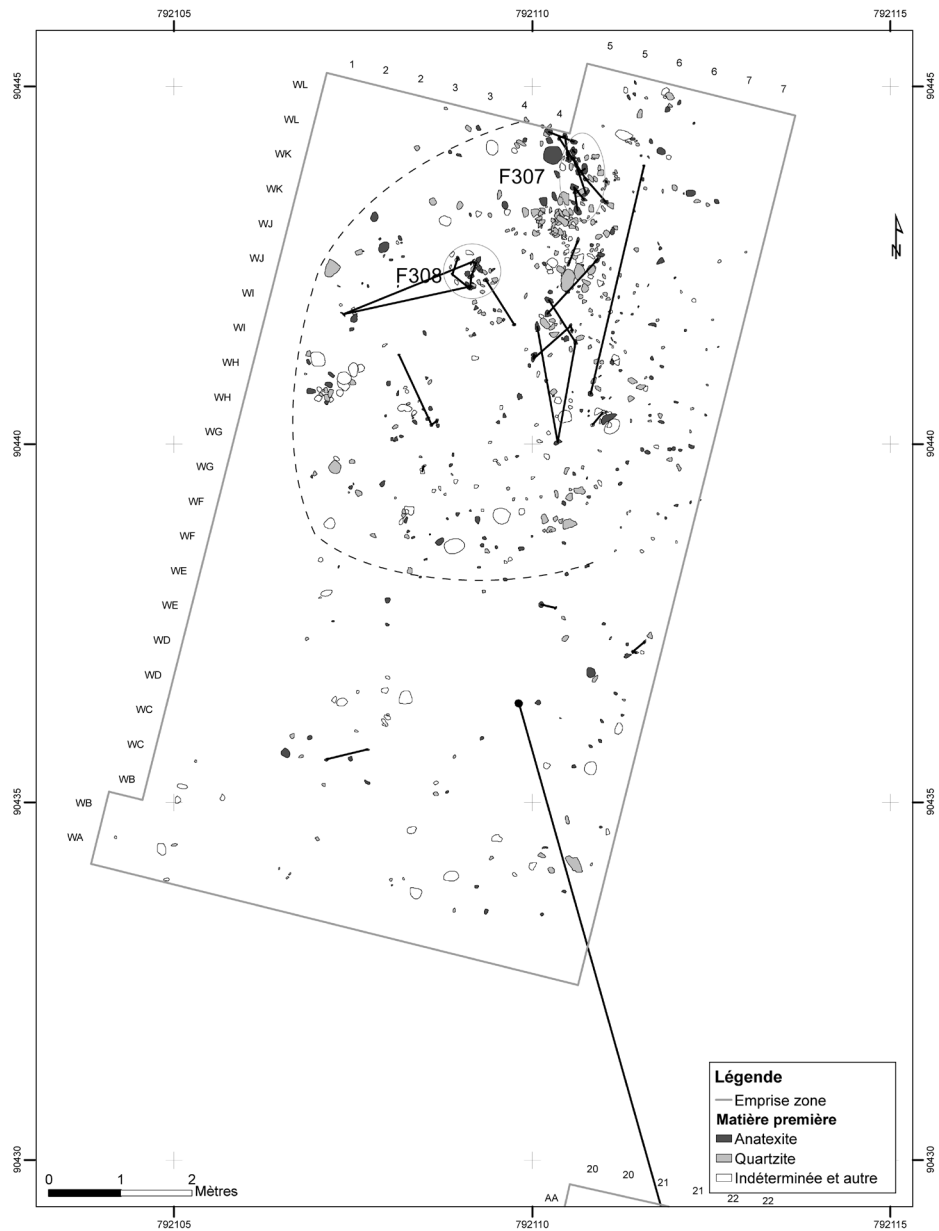


Fig. 13 – Zone ouest : carte des remontages et distribution spatiale des types pétrographiques.

Fig. 13 – West area: map for rejoining and spatial distribution of petrographic types.

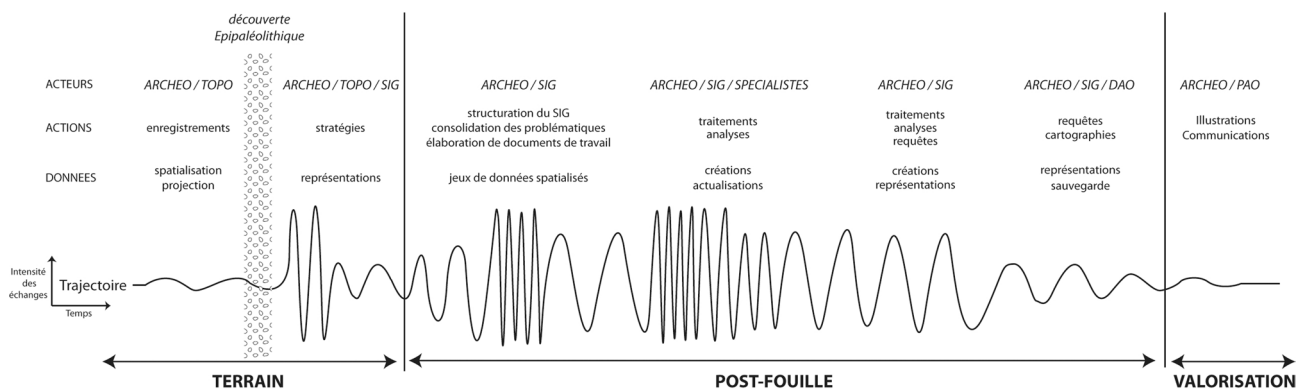


Fig. 14 – Trajectoire temporelle de l'application SIG dédiée à l'étude du site épipaléolithique du 35, rue Auguste-Isaac.

Fig. 14 – Temporal trajectory of the GIS application dedicated to the Epipaleolithic study site located 35, rue Auguste Isaac.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARGE O., RODIER X., DAVTIAN G., SALIGNY L. (2004) – L'utilisation des systèmes d'information géographique appliquée à l'archéologie française, *Revue d'archéométrie*, 28, p. 15-24.
- BERTRAN P., FABRE L., FRANC O., LIMONDIN-LOZOUET N., THIEBAULT S. (1998a) – Évolution d'un versant au cours de l'Holocène à Vaise (France), *Géographie physique et quantitative*, 52, 1, p. 69-90.
- BERTRAN P., NOURISSAT S., FRANC O., BEST C. (1998b) – Rôle des processus naturels dans la constitution du site épipaléolithique, mésolithique et néolithique de La Duchère à Vaise (Rhône), *Paléo*, 10, p. 211-232.
- BERTRAND E., BOUVARD E., CARRARA S., DESSAINT P., GAILLOT S., LATOUR-ARGANT C., LE MER A.-C., LIAGRE J., MAUGER A.-C., MEGE C., SAISON A. (2009) – 35 rue Auguste-Isaac, 69009 Lyon, rapport de diagnostic archéologique, service régional de l'Archéologie de Rhône-Alpes, service archéologique de la ville de Lyon, 188 p.
- CHIOTTI L., NESPOULET R. (2004) – L'apport méthodologique des fouilles de Hallam L. Movius à l'abri Pataud (Les Eyzies-de-Tayac, Dordogne), in J. Évin (dir.), *Un siècle de construction du discours scientifique en Préhistoire*, actes du 26<sup>e</sup> Congrès préhistorique de France (Avignon, 21-25 septembre 2004), Paris, Société préhistorique française, vol. 1, p. 185-195.
- COSTA L. (2010) – *Impact des approches géomatiques dans les organisations de l'archéologie*, thèse de doctorat, université Paris Ouest – Nanterre-La Défense, Nanterre, 122 p.
- DIBBLE H. L., MCPHERRON S. P. (1988) – On the Computerization of Archaeological Projects, *Journal of Field Archaeology*, 15, p. 431-440.
- DJINDJIAN F. (1986) – Apport des techniques statistiques et informatiques aux méthodes et aux théories de l'archéologie, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 83, 10, p. 372-380.
- DJINDJIAN F. (1990) – Nouvelles méthodes pour l'analyse spatiale des sites archéologiques, *Histoire et mesure*, 5, 1-2, p. 11-34.
- DJINDJIAN F. (1999) – L'analyse spatiale de l'habitat : un état de l'art, *Archeologia e calcolatori*, 10, p. 17-32.
- DJINDJIAN F. (2009) – The Golden Years for Mathematics and Computers in Archaeology (1965-1985), *Archeologia e calcolatori*, 20, p. 61-73.
- DJINDJIAN F. (2010) – Quantifier les processus archéologiques, *Archeologia e calcolatori*, 21, p. 233-247.
- DJINDJIAN F. (2011) – *Manuel d'archéologie*, Paris, Armand Colin (collection U), 590 p.
- DUCASSE H. (1986) – La néo-archéo-informatique ou les possibilités de faire du neuf avec de l'ancien, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 83, 10, p. 291-293.
- LACRAMPE-CUYAUBÈRE F. (1997) – Utilisation du logiciel Data Desk™ pour la construction de projections de vestiges archéologiques : une application automatisée à l'usage des préhistoriens, *Paléo*, 9, p. 335-349.
- LAPLACE-JAURETCHE G., MÉROC L. (1954) – Application des coordonnées cartésiennes à la fouille d'un gisement, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 51, 1-2, p. 58-66.
- MAZA G., SILVINO T., avec la coll. de ARGANT C., ARGANT T., BERNARD-GUELLE S., CARRARA S., GASC J., KENNEL S., MOREAU C., MOULIN B., PICQUES G., ROBIN L., PICAVET R., RUE M., SSCHALL C. (2009) – *Lyon-Vaise, 14 rue des Tuileries « Les Printanières » (69009)*, rapport d'opération d'archéologie préventive, service régional de l'Archéologie de Rhône-Alpes, Archéodunum, 3 vol. + 1 addendum, 254 p.
- MONIN G. (2000) – Apport de la technologie lithique à l'étude des séries anciennes. Les assemblages tardiglaciaires des chasseurs de marmottes des grottes Colomb et de la Passagère à Méaudre (Vercors, Isère), in G. Pion (dir.), *Le Paléolithique supérieur récent : nouvelles données sur le peuplement et l'environnement*, actes de la table ronde (Chambéry, 12-13 mars 1999), Paris, Société préhistorique française (Mémoires, 28), p. 271-287.
- PASTY J.-F., ALIX P., BALLUT C., GRIGGO C., MURAT R. (2002) – Le gisement épipaléolithique à pointes de Malaurie de Champ Chalatras (Les Martres d'Artière, Puy-de-Dôme), *Paléo*, 14, p. 101-176.
- PASTY J.-F., ALIX P., PELLETIER D., COMBES P. (2011) – Approche économique et spatiale du campement azilien des Varennes à Pérignat-sur-Allier (Puy-de-Dôme), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 108, 1, p. 53-72.
- PTON G. (1990) – L'abri de La Fru à Saint-Christophe (Savoie), *Gallia Préhistoire*, 32, p. 65-123.
- RODIER X., dir. (2011) – *Information spatiale et archéologie*, Paris, Errance (Archéologiques), 255 p.
- SURMELY F., FONTANA L., LAGUILLAUMIE B. DE (2000) – Le Cheix (Saint-Diéry, Puy-de-Dôme) : une occupation épipaléolithique de la moyenne montagne auvergnate, in *Les derniers chasseurs-cueilleurs d'Europe occidentale (13000-5500 av. J.-C.)*, actes du colloque international (Besançon, 23-25 octobre 1998), Besançon, Presses universitaires franc-comtoises (Annales littéraires de l'université de Besançon, 699; Environnement, société et archéologie, 1), p. 187-196.

**Bertrand MOULIN, Frédéric JALLET,**  
**Najla TOUATI**  
 INRAP Rhône-Alpes  
 12, rue Louis Maggiorini, 69500 Bron  
 bertrand.moulin@inrap.fr  
 frederic.jallet@inrap.fr  
 najla.touati@inrap.fr

**Jean-François PASTY**  
 UMR 7269 « LAMPEA »  
 INRAP Auvergne  
 13 bis, rue Pierre Boulanger,  
 63017 Clermont-Ferrand  
 jf.pasty@inrap.fr