

UTILISATION D'UN SIG POUR L'ARCHIVAGE ET L'EXPLOITATION DES RELEVÉS GÉOMORPHOLOGIQUES DESTINÉS À L'ARCHÉOLOGIE

1. INTRODUCTION

De manière explicite ou non, les recherches archéologiques de terrain visent la collecte de deux types d'informations. D'une part, des observations "géomorphologiques" serviront à décrire l'évolution d'un paysage, en précisant la nature des dépôts sédimentaires, et en distinguant les périodes d'érosion et de sédimentation. D'autre part, les "indices archéologiques" définiront la manière dont ce paysage fut occupé, en datant les épisodes sédimentaires qui s'y succèdent, et on pourra, à la lumière de la géomorphologie, préciser la taphonomie de chaque période représentée.

Implicite, au travers du cahier des charges scientifiques annexé aux arrêtés de prescription, les services régionaux de l'archéologie (SRA) adhèrent à ce principe en imposant des relevés de logs systématiques, dans une visée souvent minimaliste, supposant qu'un nombre limité d'observations suffirait à décrire la variété des contextes sur une surface donnée.

Dans une visée plus ambitieuse, pour pouvoir proposer une restitution précise de la géométrie des ensembles sédimentaires en présence, il est nécessaire de multiplier le nombre de relevés, afin de disposer d'un maillage plus serré, même si les variations sont minimales entre deux logs voisins.

En s'inspirant de logiciels conçus pour la recherche géologique et minière (LogPlot, RockWare, Equuis), une base de données a été construite (avec MS Access) pour archiver la position, la description et les côtes d'altitude des unités sédimentaires successives et des indices archéologiques observables dans les différents relevés. Régulièrement utilisée, à l'occasion de diagnostics le plus souvent, ce système d'enregistrement demeure indépendant du type d'intervention archéologique (diagnostic, fouille et même observation isolée), et a maintes fois montré son efficacité, en facilitant la production rapide des rapports.

À condition d'adopter un descriptif homogène, qui doit être élaboré en concertation avec des géologues patentés et rompus aux spécificités locales, on peut donc extraire, sous forme de points, les cotes d'altitude de toutes les US représentées sur une parcelle. Ils servent alors à calculer des MNT, extrapolant la surface de chaque US (sous forme de TIN ou de Grid). Ces surfaces peuvent alors intervenir dans toutes sortes de calculs, visant des estimations volumétriques et des restitutions de profils stratigraphiques. Par essence, ces données étant localisées dans les 3 dimensions, elles peuvent aussi servir pour des restitutions en volume et des analyses de pente, d'ensoleillement et d'inter-visibilité.

À partir d'exemples concrets, montrant l'utilisation de cette base de données et son interfaçage à un logiciel de SIG, on propose de démontrer la pertinence de cette manière d'archiver l'information dans l'optique d'une meilleure compréhension générale des sites et de leur contexte. On soulignera également ses points faibles, résultant d'une démarche individuelle isolée, et les manières possibles de les réduire, par l'ouverture d'une concertation auprès d'utilisateurs potentiels.

Au-delà du service ponctuel que peut rendre ce système d'enregistrement de l'information stratigraphique dans le cadre d'une restitution au sein d'un rapport d'intervention, il répond également à l'ambition d'une accumulation du savoir archéologique, qu'il serait facile de largement ouvrir à la communauté scientifique.

2. STRUCTURATION DU SYSTÈME D'ENREGISTREMENT

Bien que le système ait concrètement été développé autour du logiciel ArcGIS (ESRI), en utilisant le SGBDR MS Access, et en mobilisant quelques lignes de programmation en Visual Basic, il peut théoriquement être adapté à tous types d'environnement. L'expérience a été faite en utilisant des solutions libres, qui ne permettent cependant pas à ce jour la même souplesse de manipulation des visualisations en volume (utilisation de gvSIG et son module 3D).

Pour cette raison, on s'attachera essentiellement à décrire la structuration du système d'enregistrement, permettant de répondre aux ambitions affichées, que l'on peut résumer de la manière suivante:

- localisation (en x, y et z) des enregistrements sédimentaires,
- cotation et description des formations en présence,
- position des indices archéologiques et d'autres observations pédologiques (pédogénèses, aquifères, autres...),
- calculs de profils,
- restitutions volumétriques.

Au départ, ces objectifs nécessitent seulement deux couches de données spatialisées, dont on tirera un certain nombre de dérivés, à la suite de géotraitements simples, réalisables par les solutions logicielles gratuites (scripts Sextante). On décrira donc ces opérations, sans s'attarder sur les manipulations concrètes qu'elles supposent. Sous une forme tabulaire, la description des logs et les cotes des US est destinée à être liée à la localisation des points de logs.

2.1 *Un modèle numérique de terrain*

En premier lieu, et dans l'ambition des restituer des données en volume, il est nécessaire de disposer d'un modèle numérique de terrain, décrivant la

topographie superficielle au moment des observations. N'importe quel format de MNT peut être utilisé, de type vectoriel (TIN) ou matriciel (GeoTif ou Grid). Il peut être obtenu de différentes manières, distinguant différents degrés de précision.

Par exemple, il peut être calculé à partir d'une vectorisation des courbes de niveau de la carte IGN et s'approchera alors de la précision de la BDAlti. Il peut aussi être restitué à partir des objets cotés en Z au sein d'un document de géomètre (type DXF ou DWG) et rendra alors mieux compte de l'état réel du terrain. Enfin, il peut intégralement résulter d'un relevé au théodolite, où l'on aura arpenté un maillage plus ou moins serré pour en relever les reliefs. Cette source sera alors d'autant plus précise qu'on aura apporté plus de soin au relevé topographique.

2.2 Un plan de localisation des relevés de logs

En second lieu, et dans l'optique d'une exploitation au sein de logiciels de SIG, il faut disposer du plan de localisation des relevés de logs, sous la forme d'un fichier de formes contenant des points. En l'occurrence, le format "shapefile" d'ESRI a été adopté (.shp), en passe de devenir un standard courant, exploitable par tous les logiciels clients SIG. La table d'attributs devra au moins contenir l'indication du nom du log, qui devra être une clé primaire (non vide et sans doublon); ce champ est conçu pour permettre le lien avec les données tabulaires.

Comme pour le MNT, plusieurs manières sont possibles pour constituer cette couche de données. Dans le meilleur des cas, les points auront été levés par le topographe et participeront alors au calcul du MNT. Dans la pratique, la position des logs dans les tranchées est généralement indiquée sur des minutes de terrain, en utilisant une chaîne d'arpenteur. Il faut alors mettre à jour le plan rétrospectivement, en abondant un fichier de forme prévu à cet effet.

2.3 Les données tabulaires

Destinées à être jointes à la table attributaire des points de localisation des logs, plusieurs tables de données connectées sont nécessaires, que l'on a choisi d'organiser au sein d'une base MS Access (Fig. 1). Le nombre de tables dépend du niveau de précision souhaité dans la description des logs. En effet, à une simple table descriptive, accessible à des opérateurs généralistes, peuvent s'ajouter des tables pour la pédologie, la granulométrie, ou autre, qui nécessitent des compétences plus poussées dans la lecture du sol.

La position la plus minimaliste suppose l'utilisation de seulement deux tables liées, auxquelles s'appliquera une simple requête de sélection constituant donc une troisième table, qui sera à la base des exploitations cartographiques suivantes. Ces tables sont décrites ci-après, en précisant les identifiants et attributs utilisés.

- Table des logs (= identification et généralités)
 - Nom du log (= clé primaire),
 - Localisation en X, Y et Z (en mètres NGF, 3 champs, positionnant le sommet du relevé),
 - Profondeur atteinte (en mètres),
 - Zbas (calculé d'après Z – Profondeur),
 - autres (date et auteur du relevé, numéro de photo, etc.).

Dans cette table, où figurent autant d'enregistrements que de logs observés, les coordonnées et cotes peuvent naturellement être obtenues à partir de la localisation des points (utilisation d'un script Sextante à partir d'une couche de points en 3D, pour ajouter leurs coordonnées dans des champs XYZ de la table d'attributs). C'est nettement plus fastidieux, mais ils peuvent aussi être directement saisis à la main. En réalité, seule l'indication de la profondeur atteinte devrait être renseignée de cette manière, les autres valeurs étant restituées par les logiciels.

- Table des formations sédimentaires
 - Nom du log (clé étrangère issue de la première table),
 - Nom de la couche (devrait être une clé étrangère se référant à une base US connexe),
 - Profondeur du sommet et de la base (2 champs, en mètres),
 - Type de sédiment,
 - Description (charbons, éléments archéologiques, pédogénèses, etc.).

Dans cette seconde table, comprenant autant d'enregistrements que de couches successives dans tous les logs observés, le nom de la couche devrait théoriquement être hérité d'un inventaire descriptif des US, contenant des indications plus complètes, notamment des regroupements en "faits" et "ensembles", qui pourraient être utiles pour des développements ultérieurs. C'est là que devrait figurer la description sédimentaire, basée sur une liste de valeurs close, qui seront mobilisées pour les figurés géologiques conventionnels. Les indications de profondeur (sommet et base) serviront à calculer des altitudes absolues (Zhaut, Zbas) dans le référentiel NGF.

Dans l'objectif des résultats recherchés, un certain niveau de synthèse est nécessaire pour pouvoir déduire des indications de portée spatiale élargie. En effet, afin de pouvoir restituer le modelé des couches de sédiments en présence, il est nécessaire qu'elles soient désignées de manière uniforme dans les différents logs où elles apparaissent, ce que n'autorise pas toujours certaines pratiques de terrain, qui privilégient un retour à zéro de la numérotation des couches, pour chaque nouveau log observé, ou bien une numérotation linéaire sans regroupements. Ces pratiques imposent donc un post-traitement, consistant rétrospectivement à associer des US réputées appartenir au

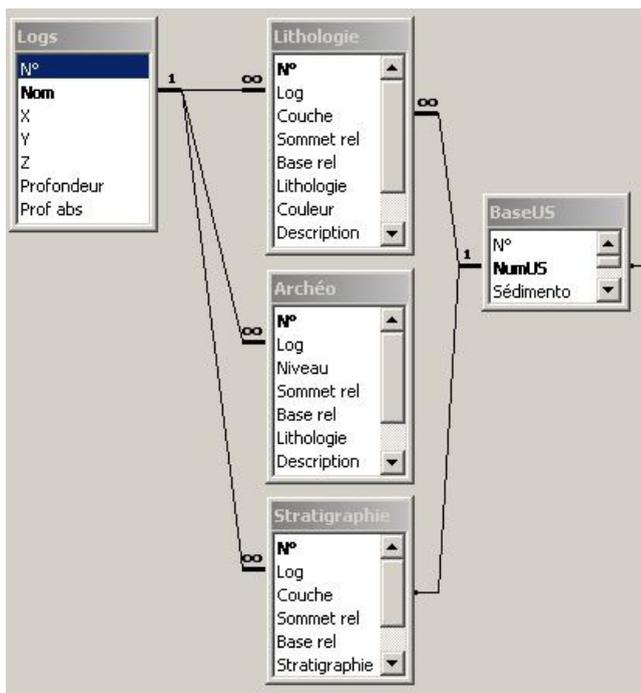


Fig. 1 – Schéma relationnel du système d'enregistrement des logs stratigraphiques.

Le formulaire de saisie des données géomorphologiques est divisé en plusieurs sections :

- Coordonnées** : X (457875,2821), Z som (103,4), Y (1987670,28), Prof (2,8), Z bas (100,6). Bouton "Editer".
- Lithologie** : Tableau à 4 colonnes (Somr, Base, Lithologie, Description).

| Somr | Base | Lithologie | Description |
|------|------|------------|-------------|
| 0 | 0,3 | LA | brun |
| 0,3 | 0,35 | LA | brun foncé |
| 0,35 | 0,6 | LA | orangé |
| 0,6 | 1,4 | A | orangé |
| 1,4 | 1,8 | Gravier | |
| 1,8 | 2,7 | A | brun-rouge |
- Stratigraphie** : Tableau à 2 colonnes (Base, Stratigraphie).

| Base | Stratigraphie |
|------|---------------------------|
| 0,6 | Colluvions fines récentes |
| 1,4 | Sol pléistocène |
| 1,8 | Grain de sel |
| 2,7 | Décarbonatation |
| 2,8 | Bedrock |
- Aquifère** : Tableau à 3 colonnes (Ident, Somr, Base).

| Ident | Somr | Base |
|-------|------|------|
| | 0 | 0 |
- Archéo** : Tableau à 6 colonnes (Niv, Som, Base, Lithologie, Description).

| Niv | Som | Base | Lithologie | Description |
|-----|-----|------|------------|-----------------|
| 1 | 0,3 | 0,35 | LA | contient du Néo |
| 3ba | 1,2 | 1,3 | LA | Paléo moyen |
| 4sc | 1,4 | 1,55 | Gravier | Paléo moyen |
| * | 0 | 0 | | |
- Pétrogénèse** : Tableau à 4 colonnes (Ident, Somr, Base).

| Ident | Somr | Base |
|-------|------|------|
| Fe-Mn | 1,2 | 1,3 |
| * | 0 | 0 |

Fig. 2 – Exemple de formulaire de saisie des données géomorphologiques.

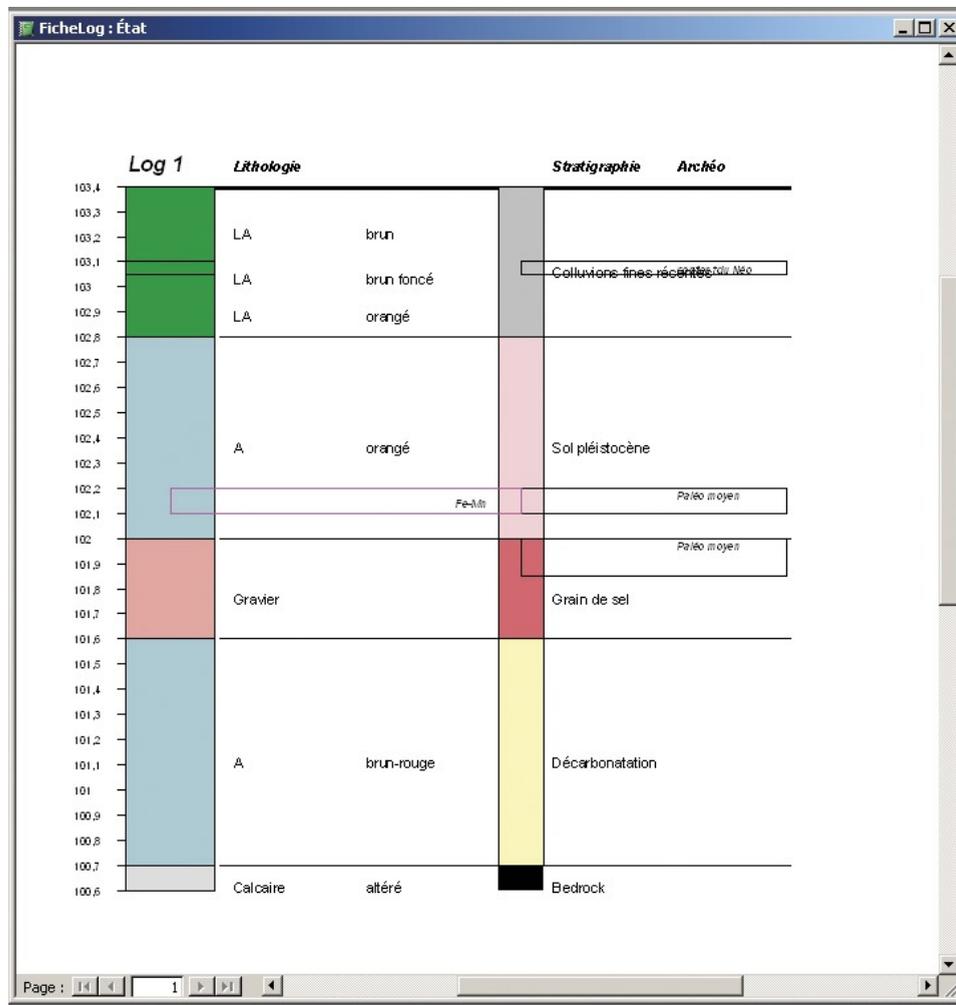


Fig. 3 – Exemple de fiche synthétique produite à partir des données chiffrées renseignées dans le formulaire descriptif.

même ensemble sédimentaire. C’est là qu’interviennent les géomorphologues spécialistes, mieux à même de réaliser ce travail, en l’accompagnant d’interprétations de portée élargie (datation des faciès, dynamique sédimentaire). Leur contribution deviendra indispensable lorsqu’il s’agira de décrire des phénomènes de portée régionale.

La saisie de cette table constitue l’épisode le plus fastidieux de la démarche, mais ce labour pourrait se trouver alléger par le développement de

| Log | Couche | Sommet | Base | Lithologie | Description | X | Y | Zoom | Zbas | Epais |
|-----|--------|--------|------|----------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 42 | 1 | 0 | 0,2 | Terre végétale | Terre végétale (avec nombreux cailloux calcaire) | 426062,4364 | 2093863,927 | 120,4304886 | 120,2304886 | 0,2000000000 |
| 42 | 2 | 0,2 | 0,25 | Graviers | Graviers calcaires centimétriques dans matrice limono-argileuse | 426062,4364 | 2093863,927 | 120,2304886 | 120,1804886 | 0,05 |
| 42 | 3 | 0,25 | 0,65 | Calcaire | Blocs calcaire dans passées mameuses | 426062,4364 | 2093863,927 | 120,1804886 | 119,8904886 | 0,3 |
| 43 | 1 | 0 | 0,25 | Terre végétale | Terre végétale (avec nombreux cailloux calcaire) | 426060,332 | 2093861,742 | 121,1019897 | 120,8519897 | 0,25 |
| 43 | 2 | 0,25 | 0,35 | Graviers | Graviers calcaires centimétriques dans matrice limono-argileuse | 426060,332 | 2093861,742 | 120,8519897 | 120,7519897 | 0,1 |
| 43 | 3 | 0,35 | 0,6 | Calcaire | Blocs calcaire dans passées mameuses | 426060,332 | 2093861,742 | 120,7519897 | 120,5019897 | 0,25 |
| 44 | 1 | 0 | 0,15 | Terre végétale | Terre végétale (avec nombreux cailloux calcaire) | 426057,2905 | 2093837,765 | 121,9236984 | 121,7736984 | 0,1500000000 |
| 44 | 2 | 0,15 | 0,2 | Graviers | Graviers calcaires centimétriques dans matrice limono-argileuse | 426057,2905 | 2093837,765 | 121,7736984 | 121,7236984 | 0,05 |
| 44 | 3 | 0,2 | 0,4 | Calcaire | Blocs calcaire dans passées mameuses | 426057,2905 | 2093837,765 | 121,7236984 | 121,5236984 | 0,2000000000 |
| 45 | 1 | 0 | 0,2 | Terre végétale | Terre végétale (avec nombreux cailloux calcaire) | 426054,4745 | 2093823,008 | 122,7226663 | 122,5226663 | 0,2000000000 |
| 45 | 2 | 0,2 | 0,55 | Calcaire | Blocs calcaire dans passées mameuses | 426054,4745 | 2093823,008 | 122,5226663 | 122,1726663 | 0,35 |
| 46 | 1 | 0 | 0,1 | Terre végétale | Terre végétale (avec nombreux cailloux calcaire) | 426052,2211 | 2093804,569 | 123,7296906 | 123,5296906 | 0,1 |
| 46 | 2 | 0,1 | 0,25 | Calcaire | Blocs calcaire dans passées mameuses | 426052,2211 | 2093804,569 | 123,5296906 | 123,4796906 | 0,1500000000 |
| 47 | 1 | 0 | 0,15 | Terre végétale | Terre végétale (avec nombreux cailloux calcaire) | 426046,4790 | 2093775,016 | 125,183342 | 125,033342 | 0,1500000000 |
| 47 | 2 | 0,15 | 0,4 | Calcaire | Blocs calcaire dans passées mameuses | 426046,4790 | 2093775,016 | 125,033342 | 124,783342 | 0,25 |
| 48 | 1 | 0 | 0,2 | Terre végétale | Terre végétale (avec nombreux cailloux calcaire) | 426040,5495 | 2093743,868 | 126,5700989 | 126,3700989 | 0,2000000000 |
| 48 | 2 | 0,2 | 0,45 | Calcaire | Blocs calcaire dans passées mameuses | 426040,5495 | 2093743,868 | 126,3700989 | 126,1200989 | 0,25 |
| 49 | 1 | 0 | 0,25 | Terre végétale | Terre végétale (avec nombreux cailloux calcaire) | 426033,902 | 2093710,003 | 126,0501404 | 127,8001404 | 0,25 |
| 49 | 2 | 0,25 | 0,45 | Calcaire | Blocs calcaire dans passées mameuses | 426033,902 | 2093710,003 | 127,8001404 | 127,6001404 | 0,2000000000 |
| 50 | 1 | 0 | 0,2 | Terre végétale | Terre végétale (avec nombreux cailloux calcaire) | 426030,0141 | 2093687,633 | 126,8785706 | 126,6785706 | 0,2 |
| 50 | 2 | 0,2 | 0,5 | Calcaire | Blocs calcaire dans passées mameuses | 426030,0141 | 2093687,633 | 126,6785706 | 126,3785706 | 0,3000000000 |
| 51 | 1 | 0 | 0,2 | Terre végétale | Terre végétale (avec nombreux cailloux calcaire) | 426023,081 | 2093655,467 | 130,1432495 | 129,9432495 | 0,2 |
| 51 | 2 | 0,2 | 0,5 | Calcaire | Blocs calcaire dans passées mameuses | 426023,081 | 2093655,467 | 129,9432495 | 129,6432495 | 0,3000000000 |
| 52 | 1 | 0 | 0,2 | Terre végétale | Terre végétale (avec nombreux cailloux calcaire) | 425989,3401 | 2093697,206 | 129,0247345 | 129,0247345 | 0,2 |
| 52 | 2 | 0,2 | 0,4 | Calcaire | Blocs calcaire dans passées mameuses | 425989,3401 | 2093697,206 | 129,0247345 | 129,0247345 | 0,2000000000 |
| 53 | 1 | 0 | 0,3 | Terre végétale | Terre végétale (avec nombreux cailloux calcaire) | 425997,1307 | 2093723,553 | 129,0693207 | 128,7693207 | 0,3000000000 |
| 53 | 2 | 0,3 | 0,6 | Calcaire | Blocs calcaire dans passées mameuses | 425997,1307 | 2093723,553 | 128,7693207 | 128,4693207 | 0,3 |

Fig. 4 – Exemple de résultat de la requête appliquée aux tables liées. Cette requête sert à produire un nouveau fichier de forme, positionnant des points aux coordonnées indiquées, soit un point pour chaque couche observée dans chaque log.

l'utilisation des tablettes PC, permettant une saisie informatique directe sur le terrain, et en recourant à des listes déroulantes pour certains champs.

Bien qu'elles soient généralement d'abord renseignées dans un tableur simple (MS Excel), les deux premières tables sont manipulées dans MS Access, pour être associées au sein d'un formulaire permettant une consultation et une saisie plus ergonomiques (Fig. 2). Celui-ci comporte un bouton qui déclenche une macro en VBA, conçu pour transcrire les données chiffrées sous une forme graphique (Fig. 3, Pl. VII).

- Requête de sélection sur les deux tables précédentes, liées par le nom du log
- Nom du log
- Nom de la couche (synthétisé sur la parcelle considérée)
- Localisation en X, Y (2 champs)
- Localisation en Z du sommet et de la base (2 champs, en mètres NGF, calculés d'après Z et les indications de profondeur)
- Epaisseur (calculé d'après Zhaut – Zbas)
- Type de sédiment
- Description (charbons, éléments archéologiques, pédogénèses, etc.)

Le but de cette requête est d'obtenir une table contenant un enregistrement pour toutes les couches observées successivement sur les différents logs d'un site donné (Fig. 4). Pour chacun, on récupère 4 coordonnées cartésiennes, précisant X, Y, le Z au sommet et le Z à la base de la couche. Naturellement, les autres champs descriptifs suivent également et serviront à des sélections et pour les figurés cartographiques.

Cette nouvelle table permet de générer un nouveau thème de données géospatiales, en positionnant des points aux coordonnées indiquées (SHP). Les différentes cotes d'altitude de la table d'attributs permettent alors de générer différents types de fichiers de formes en 3D, utilisables à différentes fins dans le logiciel de SIG, pour des productions cartographiques et des calculs de MNT.

3. EXPLOITATION

3.1 *Fiches normalisées*

La structuration des données selon le schéma ci-dessus se prête à de nombreux développements utiles dans la pratique quotidienne de l'archéologie. Avant même d'envisager une restitution cartographique des données géomorphologiques enregistrées, l'exploitation des données tabulaires permet immédiatement de produire des fiches normalisées, qui comptent parmi les documents réglementaires souhaités par les SRA.

Pour cela, les données des deux tables de départ sont regroupées dans un formulaire utilisé pour la saisie des descriptions de logs (Fig. 2). A partir de là, un script en VBA est chargé d'afficher, dans un état, les données du formulaire sous une forme graphique (Fig. 3, Pl. VII). Dans la pratique, cela consiste à demander au logiciel de dessiner un certain nombre de rectangles et autres contrôles, avec leurs labels, selon des dimensions et aux emplacements fixés par les données du formulaire courant, en respectant les échelles souhaitées (dessin d'une échelle au 1/20 avec indication des cotes NGF, restitution d'une "carotte", description des couches en vis-à-vis de leur présentation, etc.). Le figuré des couches se base sur la description sédimentaire. Il est "récupéré" sur un autre état, contenant toutes les légendes, sous forme de contrôles portant les noms de la liste de valeurs des types de sédiments. Dans l'état actuel du développement, et Access ne gérant pas les figurés sous forme de trames, un post-traitement du PDF généré est nécessaire dans un logiciel de dessin vectoriel, pour remplacer les aplats de couleurs par des figurés géologiques conventionnels.

Cette seule application remplace avantageusement le travail débilant consistant à dessiner manuellement ces logs dans un logiciel de dessin vectoriel pour en faire des illustrations.

3.2 *Vues en plan*

Pour les vues en plan, on peut envisager plusieurs niveaux d'exploitation à partir des données en présence.

En premier lieu, grâce à une jointure entre le SHP des logs et leur table descriptive (Table 1), fondée sur le numéro du log, on peut avancer une première représentation graphique des profondeurs atteintes, sous la forme

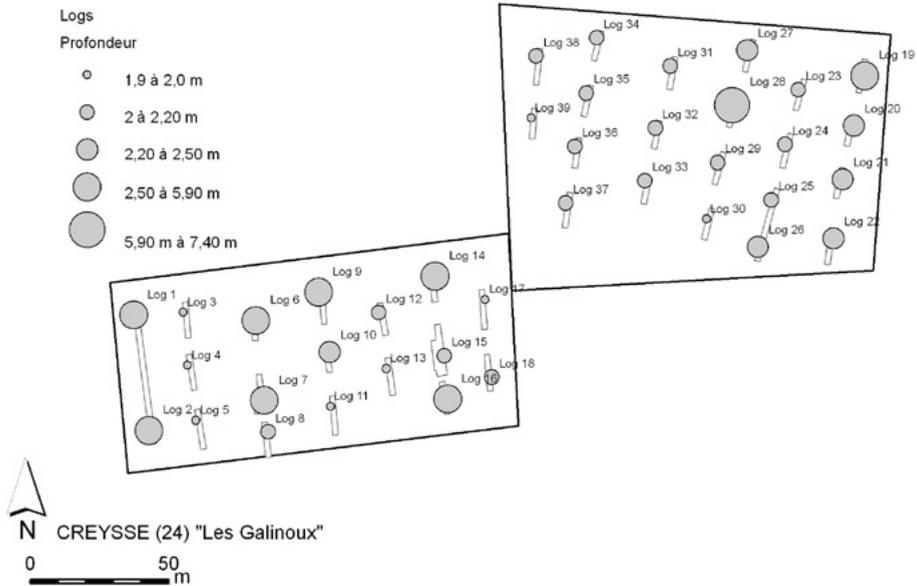


Fig. 5 – Au terme d'un diagnostic, exemple d'indication des profondeurs atteintes dans les logs, par des cercles proportionnels. Après avoir précisé à quoi correspondent ces profondeurs (toit d'une formation homogène ou arrêt arbitraire), ce type de figure peut permettre une première caractérisation des puissances sédimentaires en présence.

de cercles proportionnels (Fig. 5). Dans l'hypothèse où la même formation sédimentaire aura été systématiquement suivie, on disposera alors d'une première représentation de sa topographie superficielle. Si c'est une profondeur arbitraire qui a été respectée, le plan transcrira ce choix stratégique.

Les développements suivants nécessitent des sélections, extractions et géotraitements, qui seront réalisés à partir d'un nouveau fichier de forme, constitué de points, relocalisés aux coordonnées indiquées par le résultat de la requête appliquée aux tables 1 et 2 (Fig. 4). Cette nouvelle couche de points, qui, par construction, se superpose à celle des logs, autorise de nouvelles exploitations cartographiques.

Par exemple, on pourra choisir d'afficher "uniquement les points répondant au critère Couche = XXX" avec des diamètres proportionnés à l'épaisseur de la formation (valeur calculée). Cette représentation sera alors démonstrative des variations d'épaisseur d'un ensemble sédimentaire donné.

Au terme de ce travail, et en se bornant à des représentations en plan, on considère que les plans et fiches fournis, dûment sélectionnés, sont à même de soutenir un discours, développé par le responsable d'opération ou le géomorphologue, décrivant précisément les formations sédimentaires en

présence, ce qui était le but recherché. Il est cependant possible d'aller plus loin, en mobilisant les logiciels nécessaires pour une visualisation et des calculs "en volume".

3.3 Restitutions en volume

Compte tenu de la qualité intrinsèque des données géoréférencées manipulées par les logiciels de SIG, et pour peu que les informations y soient cotées en Z, on peut naturellement les visualiser "en volume" et en tirer des mesures de cet ordre (calcul de MNT et opérations sur ceux-ci).

Il faut alors utiliser les logiciels idoines, parmi lesquels les modules 3D d'ArcGIS (ESRI, ArcScene, 3DAnalyst) apparaissent à ce jour comme les plus ergonomiques et fonctionnels. Les mêmes opérations sont réalisables avec des solutions libres (notamment le module 3D de gvSIG), mais elles se heurtent encore à de nombreux bugs (d'affichage et de compatibilité Java) et souffrent de fonctions non implémentées, qui réduisent leur compétitivité (projections à la volée des données matricielles).

Dans le domaine du calcul des données en revanche (abstraction faite des questions d'affichage), de nombreuses solutions libres permettent de calculer des TIN et des Grid, qui sont les formats de MNT qu'on cherche à calculer et manipuler (Grass, Saga).

Ceux-ci sont réalisés à partir du fichier de formes généré depuis la requête appliquée aux tables 1 et 2 (Fig. 4). Sa table attributaire contient donc autant d'entrées que de couches sédimentaires successivement observées dans les différents logs. Pour chacune, on dispose d'une cote calculée (en NGF) pour le sommet et la base. On dispose donc de toutes les informations nécessaires pour calculer autant de MNT que de "surfaces de couches" (inf et sup).

Dans la pratique, et à partir du SHP initial contenant un point pour toutes les couches de tous les logs, avec cotation en XYZ du sommet et de la base:

- sélection des points répondant au critère Couche = XXX
- calcul d'un MNT pour le sommet (à partir de la valeur Zhaut) et d'un autre pour la base (valeur Zbas) de la couche
- selon la conformation des données de base, il sera souvent nécessaire de "découper" ces MNT sur des "zones d'intérêts" limitées aux emprises observées. Il faudra alors dessiner cette surface sur un autre fichier de formes (polygone utilisé comme clip), qui servira par ailleurs à figurer des "murs" sur les blocs-diagrammes
- répétition de la procédure pour toutes les couches sédimentaires observées en un lieu donné.

Au terme de ces opérations de calcul sur les données géoréférencées, on dispose de toute la documentation nécessaire pour obtenir les visualisations et

procéder aux calculs volumétriques. Les différents MNT sont considérés comme une extrapolation des données observées. L'espace libre du disque dur aura perdu quelques Go, selon les dimensions et la complexité de l'aire d'étude. En théorie, confirmée d'après quelques tests, les solutions les plus basiques comme SketchUp (Google) permettront de manipuler ces données (TIN utilisé comme "SandBox" = littéralement "Bac à sable"), et de visualiser des sections.

3.4 Extrapolation de profils stratigraphiques

Les données mobilisées pour les restitutions en volume (Tin et Grid) peuvent également être utilisées pour le calcul de profils sédimentaires (Fig. 6, Pl. VIII). Pour cela, nous n'avons pas trouvé de solution plus adéquate que le logiciel CrossView (APrime Software), qui est un module complémentaire d'ArcMap (ESRI), récemment acquis, à titre expérimental, par l'Inrap.

À partir d'une ligne préalablement tracée sur le plan, CrossView se présente sous la forme d'un assistant organisé en 4 onglets, qui permettent de définir la manière dont seront traitées les différentes couches de données utilisées (Fig. 7). Au terme de quelques réglages, et moyennant des formats de champs corrects, le logiciel exécute les traitements qui aboutissent à la production de nouveaux fichiers de forme.

Les MNT peuvent être traités comme des lignes (limites de couches) ou comme des surfaces (*bedrock*) selon le résultat souhaité. Les onglets de traitement des points permettent de restituer des carottes à l'emplacement des logs et de projeter d'éventuels objets sur les profils.

Dans tous les cas, les données attributaires sont conservées et servent pour les figurés géologiques, et éventuellement pour distinguer la typologie des objets projetés sur les coupes (Fig. 8).

Bien que son usage soit encore très confidentiel, cet outil nous paraît d'une puissance incomparable pour produire différents documents pour l'usage des géomorphologues (analyses sur de longs profils), mais aussi des archéologues, qui sont toujours intéressés, à juste titre, par la position relative des objets sur un axe vertical, en plus des axes horizontaux.

4. CONCLUSION

À partir d'un système d'enregistrement à l'architecture relativement simple, reposant uniquement sur un MNT de la topographie superficielle et sur une table descriptive de toutes les couches observées dans les logs, avec leurs cotations, on voit qu'il est assez facile de calculer des extrapolations, menant à la production d'une grande variété de documents, qui peuvent être mobilisés, à différents degrés, dans le discours archéologique.

Les logs considérés comme les plus significatifs peuvent donner lieu à l'édition d'une fiche synthétique, tout en conservant l'archivage des autres

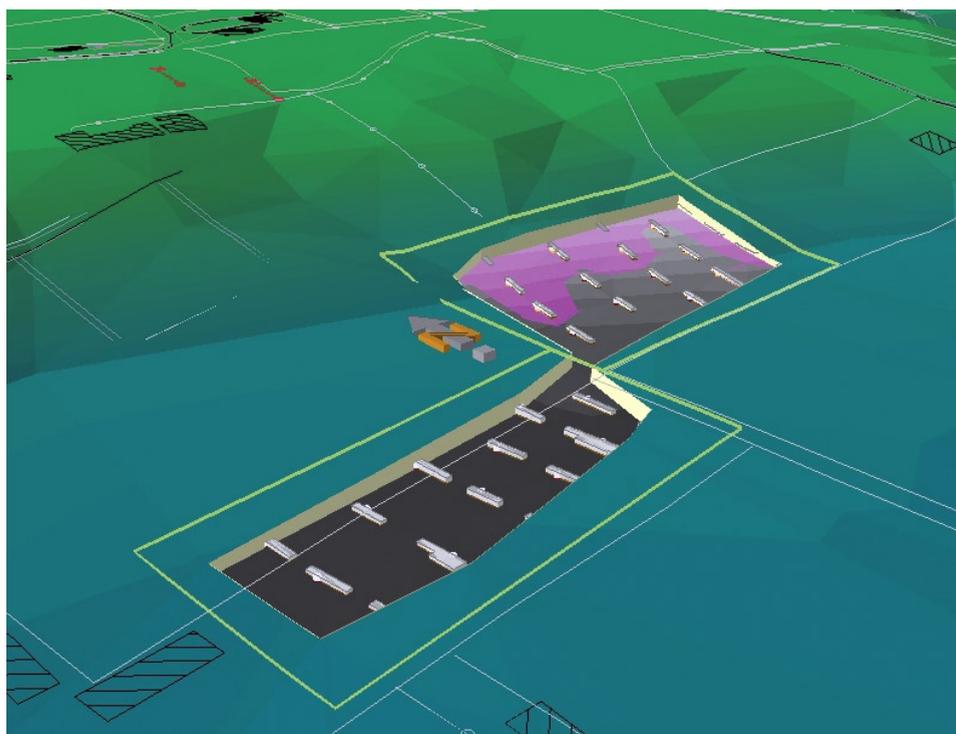


Fig. 6 – Exemple de restitution en volume de l’extrapolation des unités sédimentaires en présence (Pléistocène en violet, Holocène en gris), avec figuration des tranchées de sondage (CREYSSE, 24, “Les Galinoux”). Voir Pl. VIII.

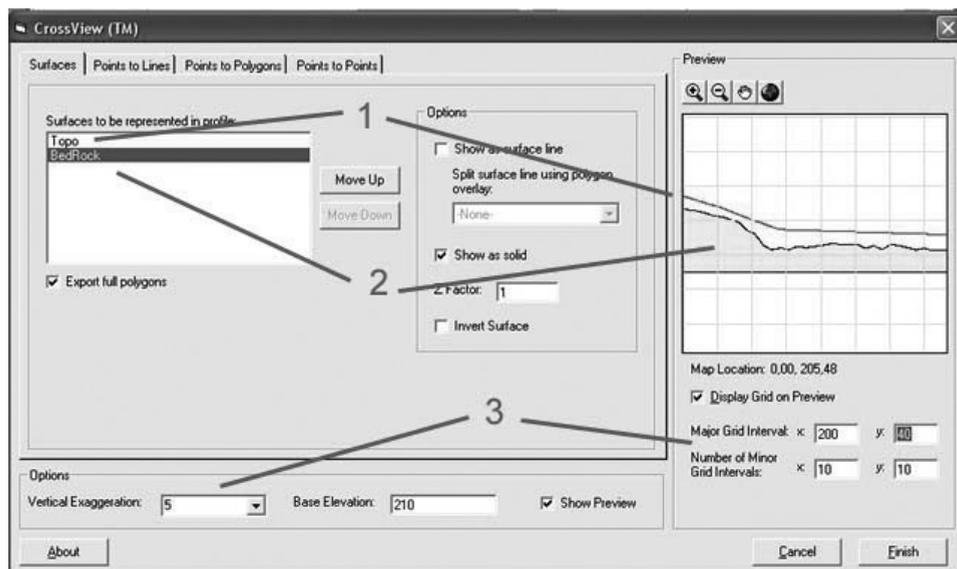


Fig. 7 – Utilisation de l’utilitaire CrossView (APrime Software pour ArcMap d’ESRI), servant à calculer de nouveaux fichiers de forme restituant les profils sédimentaires, et permettant d’y projeter différentes informations (points de mobiliers).

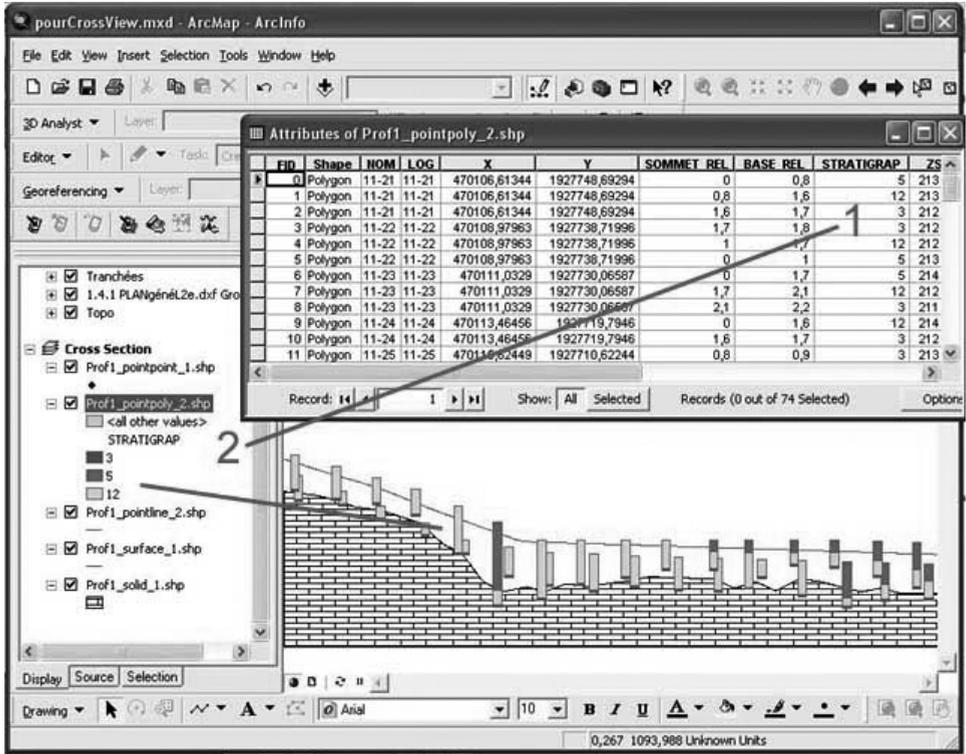


Fig. 8 – Exploitation des fichiers de formes produits par CrossView, pour l’affichage des profils stratigraphiques.

observations, qui ne sont pas nécessairement toutes destinées à être versées aux rapports autrement que sous forme d’annexes tabulaires.

Les données chiffrées sur la profondeur et l’épaisseur des couches peuvent être restituées en plan, afin de soutenir une analyse des formations en présence. Elles peuvent également être restituées en volume. C’est alors à l’écran, en faisant tourner le bloc-diagramme du site, et en masquant ou affichant successivement les différentes couches que cette forme d’exploitation des données est la plus productive. En effet, la possibilité ainsi offerte de pouvoir “refouiller virtuellement” le site est rarement fidèlement restituée sur des figures éditées. Les MNT successifs extrapolés à partir des données relevées dans les logs facilitent la production de profils, où les indices archéologiques sont figurés également.

Dans l’état actuel, ce système demeure très expérimental et confidentiel, même si la plupart des opérateurs qui l’ont manipulé y ont trouvé grand intérêt. Un certain chemin reste à parcourir pour qu’il se généralise, et il doit

notamment être consolidé par une validation de la part des géomorphologues, qui sont appelés à critiquer la manière de décrire les séquences sédimentaires, et à contribuer à la définition des listes de valeurs utilisées dans les différentes tables.

Au terme de ce travail, on pourrait envisager la constitution d'une large banque de données géomorphologique, et instaurer des échanges avec des partenaires institutionnels, comme le BRGM par exemple.

FRÉDÉRIC PRODEO
Inrap Grand Sud-Ouest
UMR 5199 PACEA
Université Bordeaux 1

ABSTRACT

A procedure was developed to reconstruct the sedimentary units and to establish the position of the archaeological features and was then implemented via a database coupled with a GIS. This reconstruction requires the increase of measurements taken on the ground in a homogeneous way. It is then used to supply a 3D visualization of the sedimentary units in the relationships of archaeological operation (excavation or trial trenches), even for spot observations. This tool, which is still in an experimental phase, could be extended and validated by geomorphologists to constitute a data bank which would be useful both for the archaeologist and for the geologist.