



**HAL**  
open science

## Principes méthodologiques pour caractériser des agrosystèmes antiques. Exploitation des données de bases de données actuelles

Estelle Camizuli, Christophe Petit, Nicolas Bernigaud, Michel Reddé

### ► To cite this version:

Estelle Camizuli, Christophe Petit, Nicolas Bernigaud, Michel Reddé. Principes méthodologiques pour caractériser des agrosystèmes antiques. Exploitation des données de bases de données actuelles. *Les Nouvelles de l'archéologie*, 2015, 142, pp.20-26. hal-02555737

**HAL Id: hal-02555737**

**<https://hal.science/hal-02555737v1>**

Submitted on 27 Apr 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

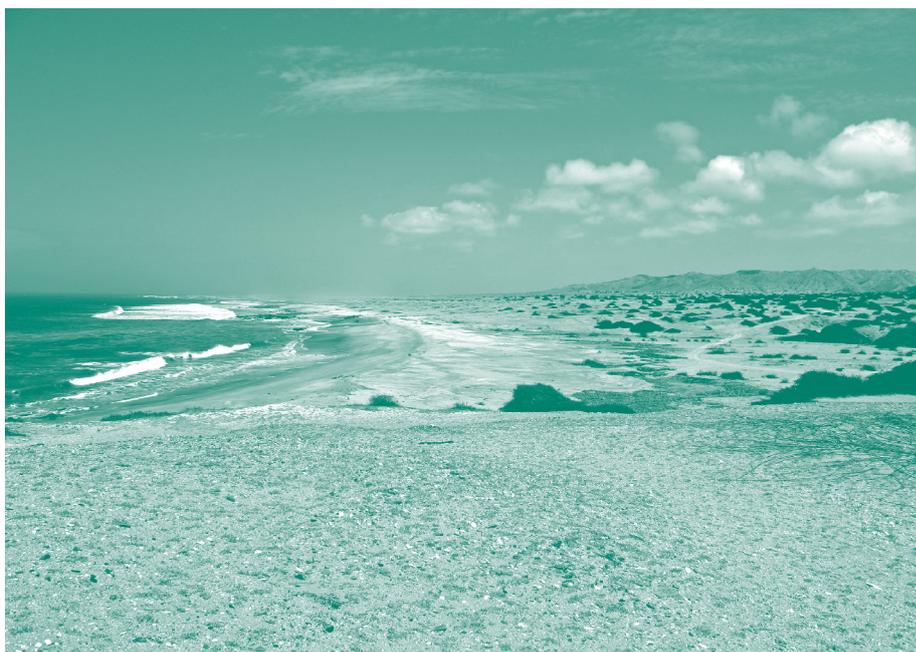
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les  
Nouvelles

N° 142

Déc.  
2015

# Les Nouvelles de l'archéologie



*Environnement et sociétés*

Archéo

# Les Nouvelles de l'archéologie

## Sommaire

### Dossier : Environnement et sociétés

coordonné par François GILIGNY & Zoï TSIRTSONI

- 3 *François GILIGNY & Zoï TSIRTSONI* | Introduction

#### A | RECONSTITUTION DU CLIMAT, NOUVEAUX PALÉO-INDICATEURS

- 5 *Charlotte PRUD'HOMME, Pierre ANTOINE, Olivier MOINE, Élodie TURPIN, Laure HUGUENARD, Vincent ROBERT, Jean-Philippe DEGEAI* | Les biosphéroïdes calcitiques de vers de terre : un nouvel indicateur paléoenvironnemental et paléoclimatique des séries lœssiques

- 9 *Salomé GRANAI* | Les données malacologiques en contexte archéologique. Quelle méthode d'analyse et quels résultats ?

#### B | GESTION DE RESSOURCES, STRATÉGIES D'EXPLOITATION

- 14 *Claire LIÉTAR & François GILIGNY* | Territoire des géomatériaux. Occupations, environnement et ressources minérales dans les vallées de l'Aisne et de l'Oise

- 20 *Estelle CAMIZULI, Christophe PETIT, Nicolas BERNIGAUD, Michel REDDÉ* | Principes méthodologiques pour caractériser des agrosystèmes antiques. Exploitation des bases de données actuelles

- 27 *Béline PASQUINI & Christophe PETIT* | Le portage entre la Saône et la Moselle dans l'Antiquité (I<sup>er</sup>-IV<sup>e</sup> siècles). Recherche d'itinéraires

- 32 *Cyril CASTANET, Louise PURDUE, Eva LEMONNIER, Philippe NONDÉDÉO* | Dynamiques croisées des milieux et des sociétés dans les basses terres tropicales mayas. Hydrosystème et agrosystème à Naachtun (Guatemala)

- 38 *Lydie DUSSOL* | Économie des bois et gestion des forêts chez les anciens Mayas. Approche anthracologique à Naachtun (Guatemala)

- 43 *Aurélien CHRISTOL, Nicolas GOEPFERT, Philippe BÉAREZ, Patrice WUSCHER, Belkys GUTIÉRREZ* | Étude géoarchéologique multiproxy de la paléo-lagune Las Salinas dans le désert de Sechura (Pérou)

#### C | RELATION HOMME-SOCIÉTÉ EN TEMPS DE CRISE

- 49 *Catherine KUZUCUOĞLU & Zoï TSIRTSONI* | Changements climatiques et comportements sociaux dans le passé : quelles corrélations ?

- 55 *Marie-Charlotte ARNAULD* | Le cas maya : positions récentes

### Actualité scientifique

- 60 *Stéphen ROSTAIN* | La renaissance de l'Homme : chronique de la réouverture d'un musée parisien emblématique

### Comptes rendus

- 63 *Alain BEYNEIX* | Les manifestations de prestige au Néolithique

N° 142  
Décembre 2015

#### En couverture :

Au premier plan, vue du site d'Avic en bordure de littoral du désert de Sechura (Pérou), cliché Nicolas Goepfert.

## Rédaction

Éditions de la Fondation maison des sciences de l'homme  
18, rue Robert Schumann - CS 90003  
94227 Charenton-le-Pont  
Téléphone : 01 53 48 56 37  
Courriel : [nda@msh-paris.fr](mailto:nda@msh-paris.fr)  
Internet : <http://nda.revues.org>

## Directeur scientifique

François Giligny (*Université de Paris-I*)

## Rédactrice en chef

Armelle Bonis (*Conseil général de Val-d'Oise, direction de l'Action culturelle*)

## Secrétaire de rédaction

Nathalie Vaillant (*FMSH*)

## Relecture et maquette

Virginie Teillet (*Italiques*)

## Comité de rédaction

Aline Averbouh (*CNRS, Paris*)  
Olivier Blin (*INRAP, Centre/Île-de-France*)  
Christian Cribellier (*Direction des Patrimoines, MCC*)  
Séverine Hurard (*INRAP, Île-de-France*)  
Claudine Karlin (*CNRS, Nanterre*)  
Sophie Méry (*CNRS, Nanterre*)  
Stéphane Rostain (*CNRS, Nanterre*)  
Nathan Schlanger (*École nationale des chartes, Paris*)  
Antide Viand (*Conseil général de l'Eure, mission archéologique départementale*)

## Comité de lecture

Peter F. Biehl (*State University of New York, Buffalo, États-Unis*)  
Patrice Brun (*Université de Paris-I*)  
Michèle Brunet (*Université de Lyon-II*)  
Joëlle Burnouf (*Université de Paris-I*)  
Noël Coye (*Ministère de la Culture, Paris*)  
André Delpuech (*Musée du quai Branly, Paris*)  
Bruno Desachy (*EPCI, Mont-Beuvray*)  
James Enloe (*Université d'Iowa, États-Unis*)  
François Favory (*Université de Franche-Comté, Besançon*)  
Xavier Guthertz (*Université Paul-Valéry - Montpellier-III*)  
Marc Antoine Kaeser (*Musée du Laténum, Neuchâtel, Suisse*)  
Chantal Le Royer (*Ministère de la Culture, Rennes*)  
Fabienne Médard (*Université de Bâle, Suisse*)  
Christophe Moulhérat (*École française d'Athènes*)  
Agnès Rousseau (*SRA, Bourgogne*)  
Alain Schnapp (*Université de Paris-I, Paris*)  
Stéphanie Thiébault (*MNHN, Paris*)  
Élisabeth Zadora-Rio (*CNRS, Paris*)

## Directeur de publication

Michel Wieviorka (*FMSH*)

## Abonnement

ÉPONA SARL, 82 rue Bonaparte, 75006 Paris.  
Tél. : 01 43 26 40 41. Fax : 01 43 29 34 88.  
Courriel : [contact@librairie-epona.fr](mailto:contact@librairie-epona.fr)

## Vente

[http://www.lcdpu.fr/revues/?collection\\_id=1666](http://www.lcdpu.fr/revues/?collection_id=1666)  
Comptoir des presses, 86 rue Claude Bernard,  
75005 Paris. Tél. : 01 47 07 83 27

# Les Nouvelles de l'archéologie

Revue de la Fondation de la maison des sciences de l'homme, soutenue par la sous-direction de l'archéologie (ministère de la Culture). Les articles publiés, approuvés par le comité de lecture, sont sollicités par le comité de rédaction ou envoyés spontanément par leurs auteurs.

*Les Nouvelles de l'archéologie* proposent régulièrement un dossier de trente à cinquante pages ou des actes de colloques, séminaires, tables rondes, dont les thématiques concordent avec la ligne éditoriale. La revue publie aussi des articles d'actualité et des informations sur la politique de la recherche, l'enseignement et la formation, le financement et les métiers de l'archéologie, les expositions, publications, congrès, films, sites Internet et autres moyens de diffusion des connaissances. Ces dernières sont également mises en ligne, ce qui permet de suivre l'actualité entre deux livraisons.

## RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

L'article ne peut excéder 25 000 signes, notes et bibliographie comprises. Le nombre maximum d'illustrations est fixé à cinq. Les appels bibliographiques doivent figurer dans le texte entre parenthèses, selon le système (auteur date). Les références complètes doivent être regroupées en fin d'article, par ordre alphabétique et, pour un même auteur, par ordre chronologique. Dans le cas de plusieurs articles publiés la même année par un même auteur, mettre par exemple 2001a, 2001b, 2001c. Les rapports finaux d'opération (Rfo) et les mémoires universitaires sont déconseillés en bibliographie – sauf s'ils n'ont pas encore fait l'objet d'une publication.

Les articles sont soumis à une évaluation anonyme par le comité de lecture et relus par le responsable éventuel du dossier. Les auteurs sont tenus d'intégrer les modifications demandées, qu'elles soient d'ordre scientifique ou rédactionnel. Dans le cas d'un article à signatures multiples, la rédaction n'entre en relation qu'avec le premier auteur, à charge pour lui de négocier les corrections avec ses coauteurs.

La publication de chaque article est conditionnée par la signature et le renvoi du contrat d'auteur.

Le bon à tirer final de chaque numéro est donné par la rédaction des *Nouvelles de l'archéologie*, qui se réserve le droit d'apporter d'ultimes corrections formelles. Après publication, l'auteur reçoit un exemplaire du numéro et une version pdf de son article.

## Présentation des références dans le texte et en bibliographie

- (Auteur date, volume : pages). Exemple : (Dumont 1983 : 113-130) ou bien (Lepage 1756, 2 : 223-598). En l'absence d'auteur, remplacer le nom d'auteur par le titre abrégé. Exemple : (*Dictionnaire des synonymes...* 1992 : 33-46).
- Pour les ouvrages : Nom, initiale du prénom. Date. Titre. Lieu d'édition, éditeur, nombre de pages. Ex. : LOTHAIRE, E. 1989. *Figures de danse bulgares*. Paris, Dunod.
- Pour un article dans une revue : Nom, initiale du prénom. Date. «Titre de l'article», titre de la revue, volume, numéro : page à page. Ex. : GLASSNER, J. 1993. «Formes d'appropriation du sol en Mésopotamie», *Journal asiatique*, 16, 273 : 11-59.
- Pour un article dans un volume d'actes par exemple : Nom, initiale du prénom. Date. «Titre de l'article», in : prénom et nom des directeurs de l'ouvrage, titre de l'ouvrage. Ville d'édition, éditeur : page à page. Ex. : LEMONNIER, P. 1997. «Mipela wan bilas. Identité et variabilité socio-culturelle chez les Anga de Nouvelle-Guinée», in : S. TCHERKÉZOFF & F. MARSAUDON (éd.), *Le Pacifique-Sud aujourd'hui : identités et transformations culturelles*. Paris, CNRS Éditions : 196-227.

DOSSIERS À PARAÎTRE : Technologies 3D et archéologie. Archéologie de la réclusion.

Le n° 142 a été tiré à 450 exemplaires.

Abonnement du 1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre 2016 – 4 numéros :

FRANCE : 40 euros (étudiants : 36 euros)  
ÉTRANGER : 44 euros (étudiants : 40 euros)  
PRIX AU NUMÉRO : 12 euros

ISSN : 0242-7702. ISBN : 978-2-7351-2097-0

# Dossier

## *Environnement et sociétés*

### Introduction

*François Giligny\* & Zoi Tsirtsoni\*\**

1.  
<http://labex-dynamite.com/fr/sample-page/>

Ce numéro des Nouvelles de l'archéologie présente les activités du groupe de travail intitulé « Changements environnementaux et sociétés dans le passé » du Laboratoire d'excellence « Dynamiques territoriales et spatiales » ou Labex Dynamite<sup>1</sup>. Ce Labex s'intéresse aux effets de la globalisation sur les espaces et les sociétés, ainsi que sur les enjeux du développement durable et du changement global. Ce projet, qui fédère de nombreuses équipes de recherche autour de quatre thèmes – environnement, ville, développement et échanges – et treize groupes de travail, est porté par l'université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

Le travail de ce collectif est centré sur les changements environnementaux, qu'ils soient d'origine climatique ou anthropique, engendrant parfois des crises sociales. Les chasseurs-cueilleurs de la Préhistoire ont été fortement dépendants des fluctuations de l'environnement, si bien que l'étude des oscillations climatiques est indissociable des recherches sur l'évolution cognitive et culturelle des hominidés. L'intérêt porte tout d'abord sur les phénomènes majeurs d'expansion démographique, de contraction, voire d'extinction (cf. Neandertal), et sur les changements techniques et sociaux corrélatifs. À partir d'environ 20 000 ans avant J.-C., la précision chronologique augmente et c'est à quelques siècles près que peuvent s'établir des corrélations entre transformations socio-économiques et changements rapides du climat.

Au cours de l'Holocène, la dimension climatique dans les crises ayant affecté des sociétés complexes doit être confrontée aux changements culturels rapides. Les synthèses récentes montrent que, largement sous-estimée jusqu'à aujourd'hui par les recherches internationales, la dimension régionale des phénomènes observés en contexte continental reste à définir (Amériques d'un côté, Méditerranée orientale de l'autre).

Le dernier millénaire, période riche en archives naturelles et écrites, a connu au moins une période chaude (au Moyen Âge) et une période froide (le petit âge glaciaire des Temps modernes). On sait, à partir d'observations historiques, que ces variations climatiques ont eu des impacts non négligeables sur les milieux. Les phases d'extension des glaciers ainsi que l'intensité et la fréquence des grandes crues, entre les XIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles, en sont l'illustration évidente. Là aussi, les synthèses récentes montrent que la dimension régionale des phénomènes observés en contexte continental reste à définir.

---

\* Professeur des universités,  
UMR Trajectoires, CNRS,  
Paris 1 Panthéon-Sorbonne,  
Maison Archéologie & Ethnologie  
René-Ginouvès, Nanterre,  
[francois.giligny@univ-paris1.fr](mailto:francois.giligny@univ-paris1.fr)

\*\* Chargée de recherche, UMR 7041  
Archéologies et sciences de l'Antiquité  
(ArScAn), CNRS, Université Paris 1,  
Paris-Ouest, ministère de la Culture,  
Maison Archéologie & Ethnologie  
René-Ginouvès, Nanterre,  
[zoi.tsirtsoni@mae.u-paris10.fr](mailto:zoi.tsirtsoni@mae.u-paris10.fr)

Le principal objectif de ce groupe de travail consiste donc à mettre en évidence les interactions entre les sociétés humaines et les modifications de l'environnement en les situant dans un cadre d'échelles spatio-temporelles différentes.

Trois thèmes de recherche structurent cet objectif général :

- les réponses des écosystèmes et des paysages aux changements climatiques et environnementaux,
- les sociétés anciennes face aux fluctuations du potentiel environnemental : dimensions territoriales,
- les interactions homme-environnement dans le passé : enregistrements, perceptions, réponses, cycles, discontinuités et crises.

Ces thématiques sont développées sur la base d'une expérience partagée par les laboratoires impliqués dans ce groupe de travail : Laboratoire de Géographie Physique (LGP), Archéologie des Amériques (ArchAm), Archéologies et Sciences de l'Antiquité (ArScAn), Trajectoires. Elles concernent la reconstitution des paléoenvironnements et des paléoclimats, l'analyse des données archéologiques et des trajectoires des sociétés pré-historiques et historiques, les relations entre environnements et sociétés humaines en période de changements importants, et toute analyse multiproxies combinant données archéologiques et environnementales. Les projets développés au sein du groupe concernent tant les périodes historiques que pré-historiques anciennes (Pléistocène) ou récentes (Holocène), notamment en Europe, en Amérique et au Proche-Orient, et dans une moindre mesure en Extrême-Orient et en Afrique.

Les contributions ont été regroupées de manière thématique : une première partie porte sur les bio-indicateurs et la reconstitution du climat ; une seconde, rassemblant la majeure partie des articles, traite de la gestion des ressources et des stratégies d'exploitation du milieu ; enfin, la dernière s'attache aux relations homme-environnement en temps de crise et s'intéresse aux réponses sociales.

En ce qui concerne les bio-indicateurs, Charlotte Prud'homme et ses coauteurs nous présentent le potentiel d'un nouveau bio-indicateur paléoenvironnemental et paléoclimatique, identifié dans les sols carbonatés et plus particulièrement les loess. Les biosphéroïdes calcitiques sont des granules produits par les vers de terre et leur variation traduit celle du climat, permettant de préciser les changements de celui-ci à l'échelle des interglaciaires. Salomé Granai s'inscrit dans une démarche similaire et montre que la malacofaune, au-delà de son caractère de bio-indicateur environnemental à l'échelle locale, peut également être utilisée au niveau régional pour une reconstitution paléoenvironnementale au Tardiglaciaire et à l'Holocène.

Concernant la gestion des ressources et les stratégies d'exploitation, Claire Liétar et François Giligny présentent un système d'information mis en place à l'échelle des vallées de l'Aisne

et de l'Oise, afin d'analyser le mode d'implantation des sites et l'exploitation des ressources minérales aux périodes proto-historiques, du Néolithique à la fin de l'âge du Fer.

Estelle Camizuli *et al.*, dont les travaux s'inscrivent dans le cadre du projet Rurland, présentent une base de données dont la finalité est de contribuer à reconstituer les systèmes agraires antiques en insistant sur la nature des paramètres choisis, leur pertinence et les différentes échelles spatiales d'analyse archéologique.

Béline Pasquini et Christophe Petit s'efforcent de reconstituer les itinéraires de passage entre la Saône et la Moselle durant l'Antiquité, essentiellement à partir des données paléohydrologiques, des vestiges archéologiques et de textes récents, à défaut de sources antiques, plutôt discrètes sur ce sujet.

La contribution de Cyril Castanet *et al.* porte sur le site maya de Naachtun (Guatemala). Elle traite des systèmes de gestion de l'eau en rapport avec les choix d'implantation de la cité, en bordure de zone humide, et du système agricole. L'analyse des données anthracologiques du même site par Lydie Dussol révèle certains choix d'une gestion de la forêt plutôt raisonnée et durable, mais aussi des comportements opportunistes, loin de la vision parfois évoquée d'une déforestation massive autour des cités mayas au cours du I<sup>er</sup> millénaire de notre ère. Aurélien Christol *et al.* présentent une approche croisée multiproxy appliquée à la paléo-lagune Las Salinas dans le désert de Sechura (Pérou) au cours du I<sup>er</sup> millénaire de notre ère. Les auteurs montrent le caractère opportuniste de l'installation de populations de pêcheurs à côté d'une lagune, mais aussi l'impact du phénomène climatique majeur El Niño pour la compréhension géo-archéologique de cette région.

Les relations homme-environnement en temps de crise font l'objet de deux comptes rendus. Le premier, rédigé par Catherine Kuzucuoğlu et Zoï Tsirtsoni, responsables du groupe de travail, fait état d'une conférence-débat publique organisée par le groupe (et financée par le Labex) avec Bernhard Weninger, physicien et directeur du laboratoire de radiocarbone de l'Université de Cologne (Allemagne), qui a beaucoup travaillé avec les archéologues sur les dynamiques de peuplement et est régulièrement sollicité pour intervenir sur ce sujet. Pour clore ce dossier, Marie-Charlotte Arnould nous propose une analyse critique de deux ouvrages récents traitant de l'interaction entre changements climatiques et sociétés mayas anciennes. Elle montre comment l'hypothèse de la grande sécheresse (*Great Maya Drought*) est actuellement nuancée par des données archéologiques et paléoenvironnementales complexes. Elle présente également une tentative de fondation, à travers un projet de recherches (Ihope), d'un réseau d'experts analysant dans le passé la réception des prédictions environnementales par les sociétés et l'appliquant au cas maya.

# Principes méthodologiques pour caractériser des agrosystèmes antiques

## Exploitation des bases de données actuelles

Estelle Camizuli\*, Christophe Petit\*\*, Nicolas Bernigaud\*\*\*, Michel Reddé\*\*\*\*

### Introduction

L'étude des agrosystèmes anciens implique, dans une approche systémique, de considérer un ensemble complexe de facteurs incluant des descripteurs historiques, économiques et environnementaux. La fertilité naturelle d'un écosystème dépend de ses caractéristiques topographiques, géologiques et pédologiques, auxquelles s'ajoute le facteur temps (Mazoyer & Roudart 2002). Le choix de l'échelle d'analyse spatiale est donc primordial.

La question des potentialités agronomiques des sols durant la période gallo-romaine est aujourd'hui rendue difficile par les changements qui ont affecté les couvertures pédologiques pendant presque deux millénaires. Les processus de dégradation des sols peuvent être importants en fonction des conditions climatiques ou de l'activité anthropique (Boardman & Poesen 2006; Petit *et al.* 2006). Il est donc nécessaire d'isoler des paramètres de sols susceptibles d'être restés stables (minéralogie, taille des particules, etc.) sur de longues périodes de temps (Carter *et al.* 1997).

Nous présenterons ici des bases de données pouvant être utilisées en archéologie pour l'étude de l'exploitation des sols aux périodes anciennes. Ce travail s'inscrit dans le cadre du programme de recherche Rurland<sup>1</sup> dirigé par Michel Reddé (ÉPHE) et financé par l'European Research Council (ERC). Ce programme est consacré à l'étude des espaces ruraux du nord-est de la Gaule depuis le milieu du II<sup>e</sup> s. av. J.-C. jusqu'à la fin du V<sup>e</sup> s. apr. J.-C. Les données topographiques, géologiques et pédologiques disponibles pour l'ensemble de la zone étudiée permettent d'élaborer des cartes thématiques de potentialité pour mieux comprendre les dynamiques spatiales et historiques de l'exploitation des sols.

### Les bases de données disponibles

De nombreuses bases de données géoréférencées sont disponibles à différentes échelles. Nous n'aborderons ici que celles qui présentent un intérêt pour l'étude des agrosystèmes anciens (tabl. 1).

#### La topographie

Les données altimétriques proposées ici sont issues de la campagne *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) co-dirigée par la National Aeronautics and Space Administration (NASA) et la National Geospatial-intelligence Agency (NGA) en février 2000. Les données radar ont permis d'obtenir des modèles numériques de terrain (MNT) sur 80% de la surface de la Terre, avec des résolutions de 1 et 3 secondes d'arc (Rabus *et al.* 2003). Plusieurs portails permettent d'accéder gratuitement à ces données (CGIAR-CSI ou Earth Explorer de l'USGS). Ces MNT sont des « images matricielles » (*raster*) géoréférencées dans lesquelles chaque cellule contient l'information en mètres sur l'altitude (Hengl & Reuter 2009). L'échelle et la résolution spatiale déterminent le degré de détail des attributs du terrain (Grunwald 2006).

Compte tenu de la superficie de notre zone d'étude (~300 000 km<sup>2</sup>) et des temps de calcul, le MNT possédant une résolution de 3 s d'arc (environ 90 m) nous a paru un bon compromis. Il faut cependant garder à l'esprit que cette résolution ne mettra en évidence que des caractéristiques générales. Elle n'est pas adaptée à une étude intrasite. Dans ce cas, il faut alors privilégier la résolution d'une seconde d'arc, la base BDALTI<sup>®</sup> de l'IGN pour la France, ou des données LIDAR, quand elles sont disponibles.

1. "The rural lands of North-eastern Gaul, from the Late La Tène period to the Late Antiquity", <http://rurland.hypotheses.org/>

\* Géologue et archéomètre, chercheur associée à l'équipe Archéologies environnementales du laboratoire ArScAn, UMR 7041, Maison Archéologie & Ethnologie René-Ginowès, Nanterre, e.camizuli@wanadoo.fr  
\*\* Géoarchéologue, professeur à l'université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, coresponsable de l'équipe Archéologies environnementales du laboratoire ArScAn, UMR 7041, christophe.petit@mae.u-paris10.fr  
\*\*\* Archéologue, post-doctorant à l'ÉPHE dans le cadre du programme ERC Rurland, rattaché à l'UMR 8210 ANHIMA, nicolas.bernigaud@ephe.sorbonne.fr  
\*\*\*\* Directeur d'études à l'ÉPHE, membre de l'UMR 8210 ANHIMA, directeur du programme ERC Rurland, michel.redde@ephe.sorbonne.fr

Base	Domaine	Type	Échelle/Résolution	Accès	Paramètres principaux
Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)	Topographie	Raster	3 s d'arc (env. 90 m) couverture mondiale	Libre	Pente, orientation, rayonnement, courbures...
OneGeology Europe	Géologie	Vecteur	1/1 000 000 couverture européenne	Libre	Lithologie
Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM)	Géologie	Vecteur	1/250 000 et 1/50 000 couverture nationale	Achat	Lithologie
European Soil Database (ESDB)	Pédologie	Vecteur	1/1 000 000 couverture européenne	Libre	Texture, pierrosité, profondeur...
Référentiels régionaux pédologiques (RRP)	Pédologie	Vecteur	1/250 000 couverture régionale	Licence	Texture, pierrosité, profondeur...

Tabl. 1 – Spécificités des bases de données utilisées pour caractériser des agrosystèmes anciens.

### La géologie

Les cartes géologiques renseignent sur la distribution spatiale des formations lithologiques. La composition chimique des roches influence grandement la texture des sols (Arrouays *et al.* 2014). Le portail OneGeology<sup>2</sup> permet de télécharger gratuitement des données vectorielles géo-référencées concernant la géologie. L'objectif de ce programme collaboratif est de fournir une carte géologique du monde à l'échelle du 1/1 000 000. Les informations téléchargeables concernent la nature et l'âge du *substratum*.

2. <http://geoportal.onegeology-europe.org/geoportal/viewer.jsp>

Sur le territoire français, le Bureau des recherches géologiques et minières (BRGM) dirige un programme d'harmonisation des données géologiques à différentes échelles. Les données peuvent être visualisées en ligne sur le portail InfoTerre<sup>3</sup> mais, pour des traitements statistiques spécifiques, elles doivent être achetées. Dans le cadre du programme Rurland, nous disposons de cartes vectorielles, aux 1/250 000 et 1/50 000. Ces cartes contiennent des informations sur la nature du *substratum* et sur la structure géologique.

3. <http://infoterre.brgm.fr/>

### La pédologie

Les données pédologiques renseignent directement sur les caractéristiques physiques et chimiques des sols.

4. <http://esdac.jrc.ec.europa.eu/>

À l'échelle européenne, le portail européen des sols<sup>4</sup> centralise de nombreuses informations, dont l'*European Soil DataBase* (ESDB). Cette base est constituée d'une couche graphique en format *shapefile* (\*.shp) et d'une base relationnelle, accessibles après un simple enregistrement en ligne (Panagos *et al.* 2012).

Elle contient des informations sur la texture, la profondeur de sol ou la capacité en eau, cartographiées à l'échelle 1/1 000 000. La plupart de ces données ne sont pas des observations brutes sur le terrain mais des interprétations selon des règles pédologiques de transfert. Il s'agit d'estimations basées sur des jugements d'experts. Par exemple, la profondeur jusqu'à la roche-mère dépend du nom du sol, du matériau parental et de la contrainte agricole (European Soil Bureau Network 2005).

À l'échelle nationale, le Gis Sol a pour objectif de promouvoir les connaissances sur les données des sols de France (Gis Sol 2013). Cet organisme coordonne l'inventaire géographique des sols et développe divers outils de visualisation des données. À titre d'exemple, Refersols<sup>5</sup> est un inventaire en ligne des études cartographiques de sols, réalisées sur le territoire français et recensées par l'Institut national de la recherche agronomique (INRA).

5. <http://www.gissol.fr/outils/refersols-340>

Le programme Inventaire, gestion et conservation des sols (IGCS)<sup>6</sup> travaille sur trois échelles spatiales,

6. <http://www.gissol.fr/le-gis/programmes/inventaire-gestion-et-conservation-des-sols-igcs-67>

avec notamment les référentiels régionaux pédologiques (RRP) au 1/250 000. L'objectif est de fournir une carte harmonisée sur l'ensemble du territoire. Le programme étant en cours, tous les départements ne sont pas encore finalisés (Laroche *et al.* 2014). Les données sont stockées dans l'outil national Donesol. Cette base relationnelle contient une couche vectorielle géoréférencée, composée de polygones représentant les unités cartographiques de sol ainsi que de nombreuses tables stockant les informations pour décrire les sols des unités cartographiques (Grolleau *et al.* 2004). À l'échelle 1/250 000, la cartographie s'appuie sur la délimitation d'unités paysagères. Une unité cartographique de sol (UCS) peut donc contenir plusieurs unités typologiques de sol (UTS) et le pourcentage de chaque UTS est stocké dans la base (Jamagne 2011). Dans le cadre de programmes de recherche, les données peuvent être accessibles grâce à des conventions.

### Une échelle de travail adaptée

À petite échelle, les limites pédologiques correspondent toujours à des combinaisons de différents types de sols. L'échelle de travail dépend de ce qui doit être mis en évidence. À petite échelle, la répartition des sols est principalement le reflet des zones climatiques ou des grandes zones géographiques alors qu'à moyenne échelle, la variabilité spatiale des sols peut s'expliquer par des changements de relief (Grunwald 2006 ; Hengl et Reuter 2009).

La définition des fenêtres d'études et la recherche de données compatibles sont primordiales en préalable à toute analyse. Deux échelles sur une même fenêtre d'étude peuvent

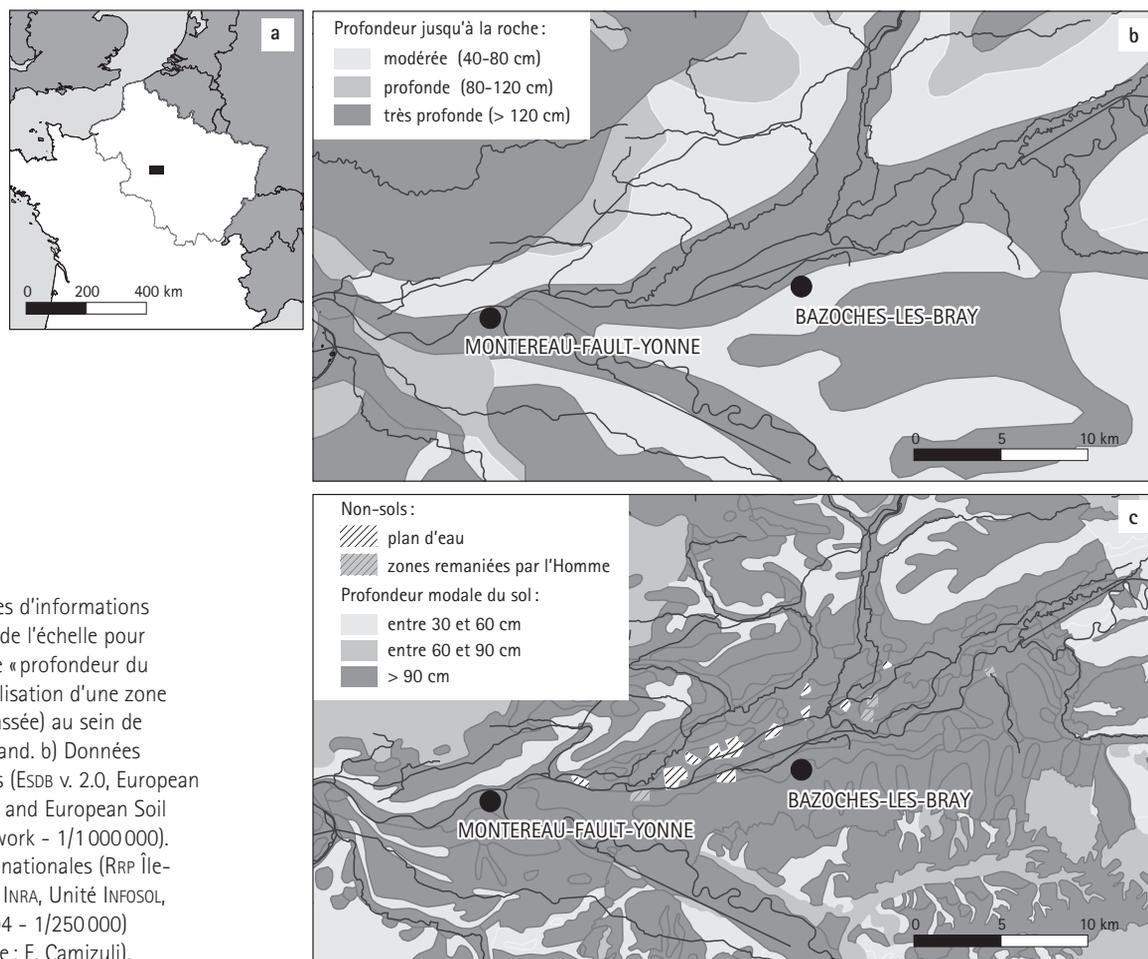


Fig. 1 – Types d'informations en fonction de l'échelle pour le paramètre « profondeur du sol ». a) Localisation d'une zone atelier (la Bassée) au sein de la zone Rurland. b) Données européennes (ESDB v. 2.0, European Commission and European Soil Bureau Network - 1/1 000 000). (c) Données nationales (RRP Île-de-France © INRA, Unité INFOSOL, Orléans, 2004 - 1/250 000) (cartographie : E. Camizuli).

faire apparaître des informations différentes. La figure 1 illustre cette différence d'échelle pour le paramètre « profondeur du sol », présent dans la base de données européenne au 1/1 000 000 et dans la base de données nationale Donesol au 1/250 000.

Les données de la base européenne au 1/1 000 000 permettent d'avoir une vision globale de l'ensemble de la zone d'étude mais, pour des études régionales, la base de l'INRA est plus adaptée. Les données doivent être suffisamment détaillées pour répondre à des problématiques spécifiques tout en restant facilement et rapidement manipulables en fonction des outils à disposition.

### Des sols et des potentiels agronomiques

Le mot sol recouvre une réalité qui peut être difficile à définir. Il est considéré comme un support à l'interface entre l'atmosphère et la lithosphère (Arrouays *et al.* 2014) ou une formation superficielle résultant de l'altération sur place des roches par l'eau, l'air et les êtres vivants (Foucault & Raoult 2001). Le sol est un système dynamique complexe qui se forme sous l'influence de cinq facteurs principaux : le climat, les organismes vivants (macro- et microscopiques), le relief, le matériau parental et le temps (Jenny 1994). Il varie dans le temps et l'espace sous l'influence de paramètres naturels (comme la

pluie ou le vent) ou anthropiques (industrie, agriculture, etc.). Ces facteurs ne sont pas des variables indépendantes mais constituent le modèle conceptuel de la formation des sols le plus utilisé (fig. 2).

Le potentiel agronomique d'un sol est une notion particulièrement complexe résultant de la combinaison de plusieurs paramètres (Guyot & Bornand 1987 ; Carter *et al.* 1997) :

- physiques (caractéristiques du sol, pratiques agricoles, etc.),
- socio-économiques (choix des agriculteurs, histoire régionale, etc.).

La qualité d'un sol se définit en fonction de son aptitude à fournir les services attendus et dès qu'un sol est cultivé, sa fertilité devient une variable historique (Mazoyer & Roudart 2002 ; Bremer & Ellert 2004). La forte production de blé ou l'élevage de bovins exigent des sols avec des caractéristiques différentes. Pour les céréales, les demandes en eau, en profondeur de sol et en nutriments ne sont pas les mêmes en fonction des espèces (Ellenberg *et al.* 1992). L'étude des agrosystèmes anciens est compliquée par le fait qu'il faut interpréter des pratiques passées en n'ayant accès qu'à des données de sol actuelles. Les paramètres retenus, extraits des cartes actuelles, doivent donc être compatibles avec les données archéologiques et considérés comme « stables » sur des temps longs pour être transposables à l'analyse des systèmes agraires anciens.

### Les principaux paramètres

La seule prise en compte d'une classification typologique des sols, dont il existe par ailleurs un grand nombre, ne suffit pas à l'étude des pratiques agronomiques. Les aptitudes culturales peuvent être explicitées en raisonnant par rapport aux contraintes majeures :

- l'accessibilité et l'exposition (pente, orientation, position, rayonnement),
- le degré d'hydromorphie (courbure, indice d'humidité, texture),
- la fertilité naturelle (matériau parental),
- l'enracinement et la résistance à la sécheresse (profondeur, texture),
- le travail du sol (pierrosité, texture).

Ces contraintes peuvent être caractérisées directement ou indirectement grâce aux bases de données décrites ci-dessus.

#### Les paramètres topographiques

La topographie est un facteur déterminant pour les caractéristiques météorologiques, hydrologiques ou de la nature de la végétation. Les propriétés des sols dépendent entre autres de la migration des particules et du parcours de l'eau (Florinsky 2012). Les paramètres caractéristiques de la surface terrestre

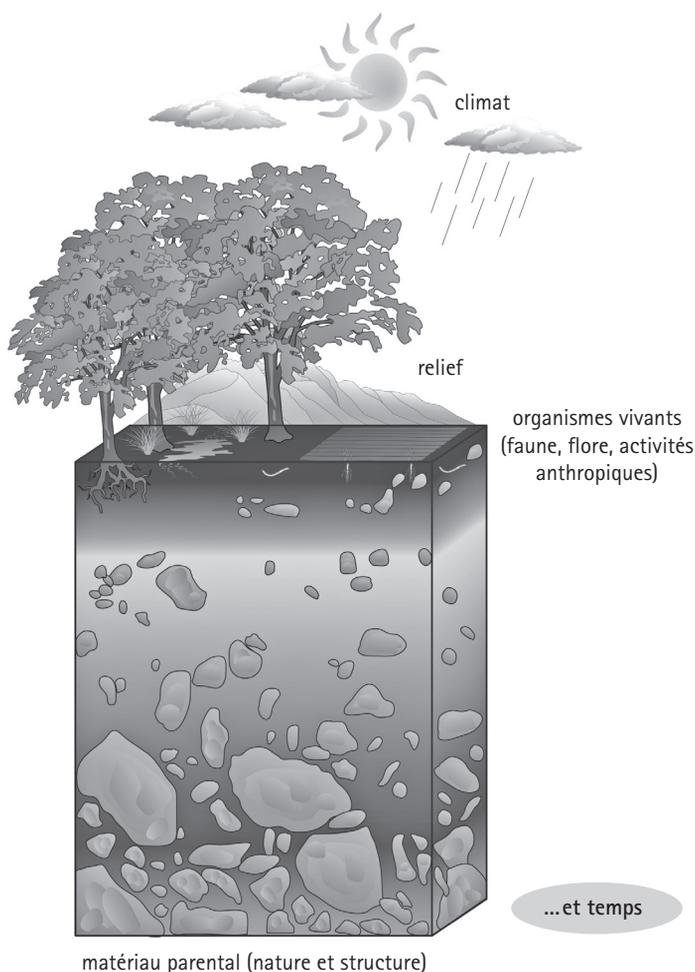


Fig. 2 – Facteurs jouant un rôle majeur dans l'évolution du sol (DAO : E. Camizuli à partir de [ian.umces.edu/symbols/](http://ian.umces.edu/symbols/)).

peuvent être considérés comme primaires (pente, orientation) s'ils sont directement calculés à partir d'un MNT, ou secondaires (indice d'humidité) si des étapes de traitement supplémentaires sont nécessaires (Grunwald 2006). Ils peuvent également décrire une zone très locale ou régionale (tabl. 2). La topographie est considérée comme le facteur de prédiction le plus élevé concernant la formation des sols (Hengl & Reuter 2009).

#### Les attributs primaires

##### Pente

Elle joue un rôle fondamental dans la distribution de la végétation. Des pentes abruptes (> 8%) ne favorisent pas la culture de céréales. Le transport des particules et l'intensité des écoulements sont contrôlés par le degré de la pente. Ce paramètre influence donc la teneur en eau dans les sols et les processus géomorphologiques (Moore *et al.* 1991).

##### Orientation

Elle indique la direction des écoulements mais peut également être utilisée pour déterminer si une cellule doit être considérée ou non comme exposée au soleil (quantité de chaleur reçue, évapotranspiration, etc.). Son orientation joue un rôle important dans la formation des sols car, en modifiant localement le régime des précipitations et des températures, elle crée des microclimats (Moore *et al.* 1991).

##### Courbures du relief

Ces courbures reflètent les surfaces de drainage qui contrôlent le transport de particules (Florinsky 2012). Des zones de départ et des zones d'accumulation peuvent être mises en évidence et employées pour prévoir certaines propriétés du sol (Moore *et al.* 1991). Dans les zones de départ des particules, les sols pourront être plus pauvres, moins épais et moins humide.

#### Les attributs secondaires ou complexes

##### Position topographique et type de relief

La classification des éléments du relief implique une segmentation des versants individuels en classes le long d'une séquence topographique : les positions topographiques (sommet, bas de pente, etc.) (MacMillan & Shary 2009). Les types de relief présentent une morphologie spécifique qui peut être utilisée pour obtenir des informations sur les phénomènes d'érosion ou sur les types de sol. Les fonds de vallées, les

Paramètres	Type	Propriétés
Pente	Primaire/Local	Ruissellement, épaisseur
Orientation	Primaire/Local	Microclimat
Courbures	Primaire/Local	Érosion, hydromorphie
Position de pente	Secondaire/Régional	Épaisseur
Rayonnement solaire	Secondaire/Régional	Microclimat
Indice d'humidité	Secondaire/Régional	Hydromorphie

Tabl. 2 – Principaux paramètres de la surface terrestre, dérivés du MNT (modifié d'après Hengl & Reuter 2009).

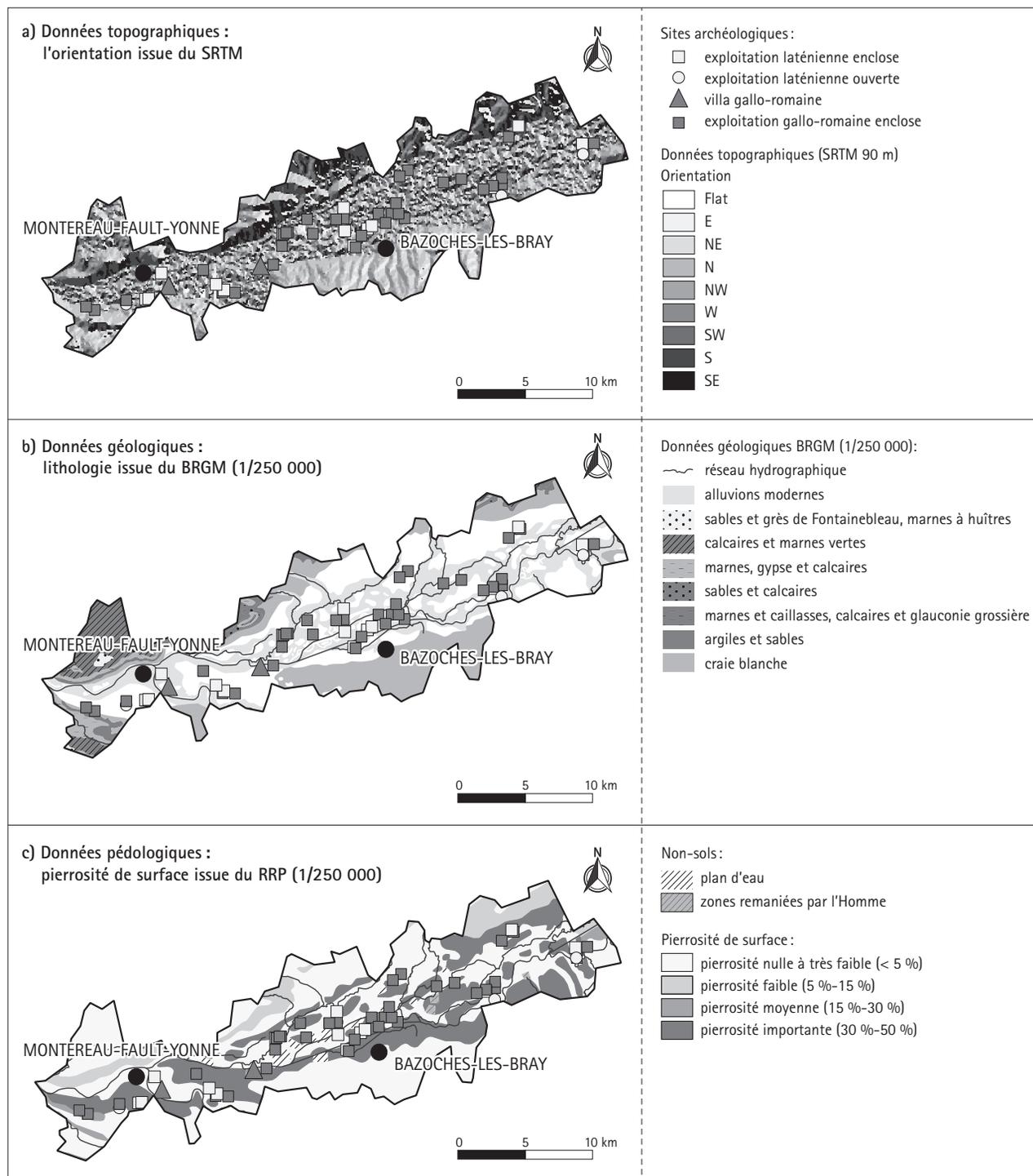


Fig. 3 – Exemple dans la zone de la Bassée pour **a)** l'orientation (SRTM 90m NASA/NGA <http://srtm.csi.cgiar.org>), **b)** la lithologie simplifiée (BD-OBJET-GEOL-25©BRGM 2004) et **c)** la pierrosité (RRP Île-de-France ©INRA, Unité INFOSOL, Orléans, 2004 - 1/250000) (cartographie : E. Camizuli).

plaines et, plus généralement, les positions basses du paysage ont une plus forte probabilité de présenter des sols de zones humides (Hengl & Reuter 2009).

De nombreuses méthodes de classification des types de relief existent et ont été appliquées en archéologie (Verhagen & Drăguț 2012 ; De Reu *et al.* 2013). Elles utilisent les paramètres

de la surface terrestre comme les courbures, la pente, l'orientation et la distance aux cours d'eau. Certaines variables sont dépendantes de la résolution et, dans tous les cas, il faut garder à l'esprit que le choix de la fenêtre d'analyse est l'étape primordiale pour obtenir une classification adaptée à la zone d'étude (Pennock *et al.* 1994 ; Otto & Dikau 2010).

#### *Rayonnement solaire global*

Il s'agit d'une approximation du rayonnement solaire théorique global reçu par une certaine superficie, à un certain moment et en un certain temps (van der Leeuw *et al.* 2003). Pour la modélisation, il est nécessaire de prendre en compte les effets de la surface topographique (pente et orientation), de la géographie (latitude) et de la météorologie (couverture nuageuse, position calendaire, etc.). Le rayonnement solaire a une influence sur les microclimats. Chaque type de culture aura un besoin en ensoleillement spécifique pour garantir une bonne récolte (Ellenberg *et al.* 1992).

#### *Indice d'humidité*

L'indice d'humidité décrit la tendance d'une cellule à accumuler de l'eau et renseigne ainsi sur l'humidité des sols ou les processus d'accumulation. Il est utilisé dans les modèles hydrologiques pour déterminer les relations entre le bassin versant et la pente (Moore *et al.* 1991). Il tient également compte des courbures du terrain. En effet, les surfaces convexes sont susceptibles d'être mieux drainées que les surfaces concaves présentant une probabilité plus élevée d'avoir des caractéristiques hydromorphes.

#### *Les paramètres géologiques (nature du matériau parental)*

Le sol est généralement issu de l'altération de la roche sous-jacente, sauf quand les terrains sont formés d'apports alluviaux, colluviaux et éoliens. Le matériau parental est donc un paramètre très stable qui peut exprimer la fertilité naturelle des sols. La caractéristique la plus importante est la minéralogie, qui influence les propriétés physiques et chimiques des sols. La teneur en minéraux d'un sol – et donc les nutriments potentiellement disponibles – est fonction de cette minéralogie (Heil & Sposito 1997). La proportion de minéraux altérés riches en silice par rapport à ceux riches en Ca, Mg, K va jouer un rôle sur la texture (Arrouays *et al.* 2014).

#### *Les paramètres pédologiques*

##### *Texture*

La texture du sol est le résultat de processus physico-chimiques qui agissent sur les roches et les minéraux, influencés par des facteurs externes (climat, topographie, organismes vivants). Dans un laps de temps pertinent pour la gestion des sols, la texture peut être considérée comme invariable, ce qui en fait une propriété intéressante à cartographier (Ballabio *et al.* à paraître). Les classes texturales sont définies en fonction des proportions relatives de sable, de limon et d'argile. Ces classes expriment des valeurs pratiques en agriculture. Ainsi, les sols à textures grossières, riches en sable, sont faciles à labourer mais pauvres en nutriments. Au contraire, les sols à textures fines et très fines, riches en argile, sont plus difficiles à travailler. La texture est de plus responsable des variations d'humidité, de rétention et de disponibilité de l'eau dans les sols (Arrouays *et al.* 2014).

##### *Pierrosité*

La pierrosité apporte des informations importantes sur le travail du sol (Ballabio *et al.* à paraître). Elle correspond à la proportion relative en éléments grossiers supérieurs à 2 mm

contenus dans les différents horizons du sol. Un pourcentage de 15% de pierres dans un sol correspond à une valeur élevée et un tel sol sera difficile à travailler en agriculture.

#### *Profondeur*

La profondeur d'un sol se mesure de la surface jusqu'à la roche sous-jacente (matériau parental). Ce paramètre détermine la profondeur à laquelle les racines, l'eau et l'air peuvent pénétrer (Arrouays *et al.* 2014).

### L'exemple de la Bassée

Les divers paramètres doivent être croisés sous SIG avec la carte des occupations archéologiques dans les différentes zones ateliers du programme Rurland. L'objectif final sera d'analyser la répartition des exploitations rurales en fonction des critères topographiques, géologiques et pédologiques. La cartographie des sites est constituée à partir du dépouillement des rapports d'opérations d'archéologie préventive conservés dans les services régionaux d'archéologie (SRA). Cette base de données étant en cours de constitution, nous présentons à titre d'exemple la microrégion de la Bassée. Il s'agit d'une portion de la plaine alluviale de la Petite Seine, au sud du département de la Seine-et-Marne. Le corpus des sites comprend quatorze établissements ruraux de La Tène finale et trente et une exploitations gallo-romaines. Trois paramètres sont présentés ici pour illustrer les possibilités de cartographie (fig. 3). L'orientation a été générée à partir des données du SRTM (fig. 3a). Pour l'instant, le corpus est trop faible pour des analyses statistiques poussées, mais, dans la Bassée, cinq établissements sont orientés à l'est, trois au nord, cinq à l'ouest et six au sud. À terme, il sera intéressant de comparer les orientations des sites avec leur fonction supposée et les données carpologiques. La lithologie a été simplifiée à partir des données du BRGM au 1/250 000 (fig. 3b). Dans la Bassée, les sites sont principalement situés dans la plaine alluviale, impliquant des sols riches en sables et en limons avec une forte contrainte d'hydromorphie. Ces caractéristiques ont été confirmées lors de l'étude des données issues du RRP Île-de-France (Roque 2004). Seule la carte concernant la pierrosité est présentée ici (fig. 3c). Dans la Bassée, 58% des sites ( $n = 26$ ) sont situés sur des sols possédant une pierrosité importante en surface. Il est important de préciser que, depuis les années 1990, ce secteur fait l'objet d'une intense activité de recherche archéologique dans le cadre de l'exploitation des nombreuses carrières de sables et de graviers.

### Perspectives

Ces différentes couches géoréférencées sont actuellement compilées dans un outil de *webmapping* à destination des chercheurs du programme Rurland. Grâce à cet outil, et une fois la base de données archéologique finalisée, les paramètres du sol pourront être combinés et étudiés statistiquement en fonction des questionnements archéologiques. Il est primordial de garder en mémoire la question de l'échelle qui doit être adaptée. Les données présentées ici ne sont pas compatibles avec un modèle à l'échelle d'un site. Il s'agit plutôt de s'interroger sur des échelles régionales ou microrégionales.

### Remerciements

Le programme Rurland et les travaux présentés dans cet article ont reçu un financement du Conseil européen de la recherche (ERC-2013-ADG, agreement 338680). Nous tenons à remercier tout particulièrement l'équipe du service Infosol (INRA, Orléans) pour sa compétence et sa disponibilité.

### Références bibliographiques

- ARROUAYS D., MCKENZIE N., HEMPEL J., RICHER DE FORGES A. & MCBRATNEY A.B. 2014. *GlobalSoilMap: Basis of the global spatial soil information system*, Leiden, The Netherlands : CRC Press, 496 p.
- BALLABIO C., PANAGOS P. & MONATANARELLA L. À paraître. Mapping topsoil physical properties at European scale using the LUCAS database, *Geoderma*, 261 : 110-123.
- BOARDMAN J. & POESSEN J. (eds). 2006. *Soil erosion in Europe*, Chichester, England : Wiley, 855 p.
- BREMER E. & ELLERT K. 2004. *Soil quality indicators: a review with implications for agricultural ecosystems in Alberta*, Lethbridge : Alberta Environmentally sustainable agriculture soil quality program, 38 p.
- CARTER M.R., GREGORICH E.G., ANDERSON D.W., DORAN J.W., JANZEN H.H. & PIERCE F.J. 1997. Concepts of soil quality and their significance, in: GREGORICH E.G. & CARTER M.R. (eds), *Developments in Soil Science*, Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health, vol. 25, Elsevier : 1-19.
- DE REU J., BOURGEOIS J., BATS M., ZWERTVAEGHER A., GELORINI V., DE SMEDT P., CHU W., ANTROP M., DE MAEYER P., FINKE P., VAN MEIRVENNE M., VERNIERS J. & CROMBÉ P. 2013. Application of the topographic position index to heterogeneous landscapes, *Geomorphology*, 186 : 39-49.
- ELLENBERG H., WEBER H.E., DULL R. & WIRTH V. 1992. *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*, 2<sup>e</sup> éd, Scripta Geobotanica, Göttingen, Allemagne : Goltze, 258 p.
- EUROPEAN SOIL BUREAU NETWORK. 2005. *Soil Atlas of Europe*, Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 128 p.
- FLORINSKY I. 2012. *Digital terrain analysis in soil science and geology*, Amsterdam, Pays-Bas : Elsevier-Academic Press, 395 p.
- FOUCAULT A. & RAOULT J.-F. 2001. *Dictionnaire de géologie*, 5<sup>e</sup> éd, Paris, France : Dunod, 380 p.
- GIS SOL. 2013. *The state of the soils in France. A synthesis*, France : Groupement d'intérêt scientifique sur les sols, 24 p.
- GROLLEAU E., BARGEOT L., CHAFCHAF A., HARDY R., DOUX J., BEAUDOU A., LE MARTRET H., LACASSIN J.-C., FORT J.-L., FALIPOU P. & ARROUAYS D. 2004. Le système d'information national sur les sols : DONESOL et les outils associés, *Etude et Gestion des Sols*, 11 (3) : 255-269.
- GRUNWALD S. (ed). 2006. *Environmental soil-landscape modeling: geographic information technologies and pedometrics*, Boca Raton, États-Unis : CRC/Taylor & Francis, 488 p.
- GUYOT P. & BORNAND M. 1987. Cartes départementales des terres agricoles. Intégration des données sols et des données économiques, *Science du Sol*, 25 (1) : 1-16.
- HEIL D. & SPOSITO G. 1997. Chemical attributes and processes affecting soil quality, in: GREGORICH E.G. & CARTER M.R. (eds), *Developments in Soil Science*, Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health, vol. 25, Elsevier : 59-79.
- HENGL T. & REUTER H.I. 2009. *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*, Developments in soil science, Amsterdam, The Netherlands : Elsevier, 796 p.
- JAMAGNE M. 2011. *Grands paysages pédologiques de France*, Versailles, France : Éditions Quae («Synthèses»), 535 p.
- JENNY H. 1994. *Factors of soil formation: a system of quantitative pedology*, New York : Dover Publications, 281 p.
- LAROCHE B., RICHER DE FORGES A.C., LEMÉNAGER S., ARROUAYS D., SCHNEBELEN N., EIMBERCK M., TOUTAIN B., LEHMANN S., TIENCHEU E., HÉLIÉS F., CHENU J.-P., PAROT S., DESBOURDES S., GIROT G., VOLTZ M. & BARDY M. 2014. Le programme Inventaire Gestion Conservation des Sols de France : Volet Référentiel Régional Pédologique, *Etude et Gestion des Sols*, 21 : 125-140.
- VAN DER LEEUW S.E., FAVORY F. & FICHES J.-L. (eds). 2003. *Archéologie et systèmes socio-environnementaux: études multiscalaires sur la vallée du Rhône dans le programme ARCHAËOMÉDES*, Paris, France : Éditions du CNRS, 403 p.
- MACMILLAN R.A. & SHARY P.A. 2009. Landforms and Lanform Elements in Geomorphometry, in: HENGL T. & REUTER H.I. (eds), *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*, Developments in soil science, vol. 33, Oxford, Royaume-Uni : Elsevier : 227-255.
- MAZOYER M. & ROUDART L. 2002. *Histoire des agricultures du monde : du Néolithique à la crise contemporaine*, Paris, France : Éd. du Seuil, 705 p.
- MOORE I.D., GRAYSON R.B. & LADSON A.R. 1991. Digital terrain modelling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications, *Hydrological Processes*, 5 (1) : 3-30.
- OTTO J.-C. & DIKAU R. 2010. *Landform - Structure, Evolution, Process Control - Proceedings of the International Symposium*, Lecture Notes in Earth Sciences N°115, Springer Berlin Heidelberg, 260 p.
- PANAGOS P., VAN LIEDEKERKE M., JONES A. & MONTANARELLA L. 2012. European Soil Data Centre: Response to European policy support and public data requirements, *Land Use Policy*, 29 (2) : 329-338.
- PENNOCK D.J., ANDERSON D.W. & DE JONG E. 1994. Landscape-scale changes in indicators of soil quality due to cultivation in Saskatchewan, Canada, *Geoderma*, 64 (1-2) : 1-19.
- PETIT C., CAMERLYNCK C., DEWEIRDT E., DURLET C., GARCIA J.-P., GAUTHIER É., OLLIVE V., RICHARD H. & WAHLEN P. 2006. Géoarchéologie du site antique de Molesme en vallée de Laigne (Côte-d'Or) : mise en évidence de l'impact anthropique sur la sédimentation alluviale, *Gallia*, 63 (1) : 263-281.
- RABUS B., EINEDER M., ROTH A. & BAMLER R. 2003. The shuttle radar topography mission – a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 57 (4) : 241-262.
- ROQUE J. 2004. *Référentiel Régional Pédologique d'Ile-de-France (base de données Donesol + couverture graphique)*, INRA.
- VERHAGEN P. & DRAGUJ L. 2012. Object-based landform delineation and classification from DEMs for archaeological predictive mapping, *Journal of Archaeological Science*, 39 (3) : 698-703.

## Sommaire

### Dossier : Environnement et sociétés

coordonné par François GILIGNY & Zoï TSIRTSONI

- 3 *François GILIGNY & Zoï TSIRTSONI* | Introduction  
A | RECONSTITUTION DU CLIMAT, NOUVEAUX PALÉO-INDICATEURS
- 5 *Charlotte PRUD'HOMME, Pierre ANTOINE, Olivier MOINE, Élodie TURPIN, Laure HUGUENARD, Vincent ROBERT, Jean-Philippe DEGEAI* | Les biosphéroïdes calcitiques de vers de terre : un nouvel indicateur paléoenvironnemental et paléoclimatique des séries lœssiques
- 9 *Salomé GRANAI* | Les données malacologiques en contexte archéologique. Quelle méthode d'analyse et quels résultats ?  
B | GESTION DE RESSOURCES, STRATÉGIES D'EXPLOITATION
- 14 *Claira LIÉTAR & François GILIGNY* | Territoire des géomatériaux. Occupations, environnement et ressources minérales dans les vallées de l'Aisne et de l'Oise
- 20 *Estelle CAMIZULI, Christophe PETIT, Nicolas BERNIGAUD, Michel REDDÉ* | Principes méthodologiques pour caractériser des agrosystèmes antiques. Exploitation des bases de données actuelles
- 27 *Béline PASQUINI & Christophe PETIT* | Le portage entre la Saône et la Moselle dans l'Antiquité (I<sup>er</sup>-IV<sup>e</sup> siècles). Recherche d'itinéraires
- 32 *Cyril CASTANET, Louise PURDUE, Eva LEMONNIER, Philippe NONDÉDÉO* | Dynamiques croisées des milieux et des sociétés dans les basses terres tropicales mayas. Hydrosystème et agrosystème à Naachtun (Guatemala)
- 38 *Lydie DUSSOL* | Économie des bois et gestion des forêts chez les anciens Mayas. Approche anthracologique à Naachtun (Guatemala)
- 43 *Aurélien CHRISTOL, Nicolas GOEPFERT, Philippe BÉAREZ, Patrice WUSCHER, Belkys GUTIÉRREZ* | Étude géoarchéologique multiproxy de la paléo-lagune Las Salinas dans le désert de Sechura (Pérou)  
C | RELATION HOMME-SOCIÉTÉ EN TEMPS DE CRISE
- 49 *Catherine KUZUCUOĞLU & Zoï TSIRTSONI* | Changements climatiques et comportements sociaux dans le passé : quelles corrélations ?
- 55 *Marie-Charlotte ARNAULD* | Le cas maya : positions récentes
- Actualité scientifique
- 60 *Stéphen ROSTAIN* | La renaissance de l'Homme : chronique de la réouverture d'un musée parisien emblématique
- Comptes rendus
- 63 *Alain BEYNEIX* | Les manifestations de prestige au Néolithique



9 782735 120970

12 euros

ISBN : 978-2-7351-2097-0