



HAL
open science

Vallée de l'Eure: une rivière, des territoires. Rapport d'opérations 2021

Fabienne Dugast, Théophile Piau, Caroline Font, Isabelle Le Tellier-Heitz

► **To cite this version:**

Fabienne Dugast, Théophile Piau, Caroline Font, Isabelle Le Tellier-Heitz. Vallée de l'Eure: une rivière, des territoires. Rapport d'opérations 2021. [Rapport de recherche] SRA-DRAC Normandie. 2022. halshs-03533243

HAL Id: halshs-03533243

<https://shs.hal.science/halshs-03533243>

Submitted on 18 Jan 2022

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.

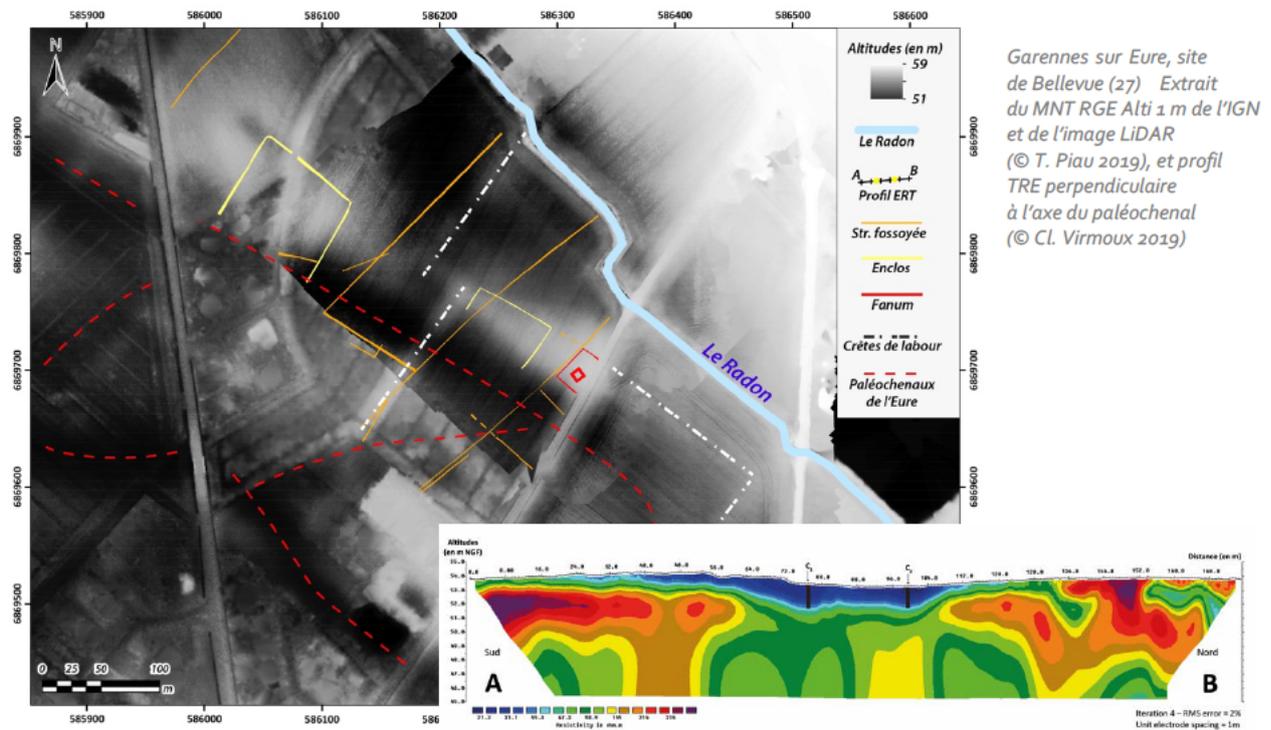
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Vallée de l'Eure : une rivière, des territoires

Projet collectif de recherche

RAPPORT D'OPERATIONS 2021

Auteurs : Fabienne Dugast, Théophile Piau, Caroline Font, Isabelle Le Tellier
avec la collaboration de Gilles Arnaud-Fassetta, François Bétard, Grégory Chaumet,
Hippolyte Deconinck, Bruno Desachy, Max Laromanière, Pierre Mollard, Sylvain Rassat,
Paulin Ribbe, Vincent Viel, Clément Virmoux



Sommaire

Fiche de renseignements	3
Mots clés des thesaurus	4
Localisation du secteur d'étude au sein de la région Normandie	5
Localisation du bassin versant de l'Eure et du secteur d'étude au sein du bassin Parisien	5
Extraits de la carte IGN au 1/25.000 ^e couvrant les secteurs d'étude privilégiés	6
Liste des communes concernées	7
Notice scientifique	9
Introduction	13
<i>Contexte général du projet</i>	13
<i>Hypothèse de travail</i>	14
<i>Attendus scientifiques</i>	14
<i>Attendu technologique</i>	16
<i>Circonstances des opérations année 2021</i>	17
Partie I – Présentation et cadre général du projet	19
<i>Le bassin versant de l'Eure</i>	19
<i>Un secteur peu étudié</i>	21
<i>Le territoire abordé : portion médiane de la vallée de l'Eure</i>	22
– Chronologie retenue	22
– Les sites archéologiques repérés dans ce secteur	22
– Quelques ensembles de sites émergents	23
<i>Dynamique fluviale et interactions homme/milieu</i>	25
– L'apport des bassins versants secondaires dans l'étude des interactions homme/milieu	25
– Le bassin versant de l'Eure au sein du système séquanien : état de l'art	26
Partie II – Marqueurs des modalités de construction des territoires [coord. F. Dugast]	29
<i>Premiers résultats et éléments de réflexion</i>	29
– Déploiement de techniques aéroportées par drone	33
<i>Prospections aéroportées par drone : LiDAR, thermique, magnétique [I. Le Tellier]</i>	34
– Réalisations 2021 – LiDAR	35
– Thermique (IR)	42
– État d'avancement et perspectives	45
<i>Inventaire et évaluation des sites d'intérêt géoarchéologique ou « géoarchéosites » : un exemple d'application en vallée de l'Eure moyenne [T. Piau]</i>	46
– La notion de « géoarchéosite » : état de la question	46
– Méthodologie d'inventaire et d'évaluation des géoarchéosites	47
– Premier résultats	49
– Conclusion et perspective de recherche	51
Partie III – Approche géoarchéologique de la vallée de l'Eure moyenne [coord. T. Piau]	53
<i>Approche géoarchéologique des terroirs alluviaux de la ZA de Saussay (Eure-et-Loir)</i>	55
– Mise en évidence de chenaux abandonnés de l'Eure à proximité d'indices d'occupation humaine	56
– Discussion et perspectives de recherche	60

<i>Reconnaissance des séquences sédimentaires fluviales dans les sous-bassins de l'Eure en rive droite : les vallées du Radon et de la Vesgre</i>	63
– Cadre géomorphologique des vallées du Radon et de la Vesgre	63
– La Vesgre : des tourbes à fort potentiel paléoenvironnemental pour documenter les pratiques agropastorales de la seconde moitié de l'Holocène	68
– Le Radon : une érosion des sols accrue postérieure au xv ^e siècle	71
– Discussion et perspectives de recherche	73
Partie IV – Développement d'un outil collaboratif interdisciplinaire [coord. C. Font]	77
<i>Traitements automatisés des Modèles Numériques de Terrain de l'IGN (BD Alti 25 m)</i>	77
– Caractérisation automatique des formes de reliefs à l'échelle régionale : l'outil « Geomorphons »	79
<i>Constitution de la base de données attributaire et spatiale d'enregistrement des données</i>	82
– Structure générale de la base de données (schéma simplifié)	82
– Le volet dévolu aux sciences de la Terre	83
– Le volet dévolu aux données archéologiques	84
<i>Perspectives</i>	86
Partie V – Bilans et perspectives	89
Bibliographie	92
Annexe 1 – Analyses	98
Annexe 2 – Comptes rendus des réunions et workshops	100
Annexe 3 – Diffusion et valorisation	109
Annexe 4 – Publications	116
Annexe 5 – Travaux universitaires	120

Fiche de renseignements

Régions : Normandie [Centre Val de Loire]

Départements : Eure [27] Eure-et-Loir [28]

Communes : Garennes-sur-Eure, Villiers-en-Désœuvre, Breuilpont [Guainville], Saussay/Croth

Coordonnées géographiques WGS 84 : X = 1.430302 ; Y = 48.922450

Altitude NGF : 51 à 140 m

Statut des terrains : parcelles agricoles exploitées, propriétés privées

Propriétaires des parcelles : Pierre Gégou (correspondant), Jean-Jacques Desjardins, Eugène Duyck, Philippe Gouery, Michèle Grolier, Thierry Martin, Jean-Paul Mary, Thomas Robin, Jeannine Tahurel

Arrêté de désignation n° : 28-2021-171 en date du 14 avril 2021

Code opération : 173272

Programme de recherche : PCR ValEuRT (Vallée de l'Eure : une rivière, des territoires)

Nature des opérations : Opérations de prospection géophysique et archéologique

Dates des campagnes : février-novembre 2021

Responsable désigné : Fabienne Dugast

Organisme de rattachement : Cnrs, Umr 8167 Orient & Méditerranée

Équipe projet : Gilles Arnaud-Fassetta, François Bétard, Fabienne Dugast, Caroline Font, Théophile Piau, Sylvain Rassat, Vincent Viel

Intervenants des opérations sur le terrain : Gilles Arnaud-Fassetta, François Bétard, Grégory Chaumet, Guillaume Chung-To, Hippolyte Deconinck, Fabienne Dugast, Caroline Font, Max Laromanière, Isabelle Le Tellier, Pierre Mollard, Théophile Piau, Aleksandre Prosperini, Paulin Ribbe, Sylvain Rassat, Vincent Viel, Clément Virmoux

Institutions porteuses : Umr 8167 Orient & Méditerranée (Cnrs / Sorbonne Université) Umr 8586 PRODIG (Cnrs, Université de Paris)

Suivi scientifique et administratif : Nicola Coulthard (SRA-DRAC Normandie)

Évaluation scientifique : CTRA Grand-ouest – Cristina Gandini (MCF – Université de Bretagne Occidentale)

Financements : Umr 8167 Orient & Méditerranée (Cnrs / Sorbonne Université) Umr 8586 PRODIG (Cnrs, Université de Paris) SRA-DRAC Normandie Région Île de France DIM MAP (Matériaux anciens et patrimoniaux) RnMSH-TGIR Huma-Num Inrap

Mots clés des thesaurus

Chronologie

Paléolithique

- Inférieur
- Moyen
- Supérieur
- Mésolithique

Néolithique

- Ancien
- Moyen
- Récent
- Chalcolithique

Âge du Bronze

- Ancien
- Moyen
- Récent

Âge du Fer

- Hallstatt
- La Tène

Antiquité

- Haut Empire
- Bas Empire

Époque médiévale

- Haut Moyen Âge
- Moyen Âge
- Bas Moyen Âge

Époque moderne

Époque contemporaine

- Ère industrielle

Sujets et thèmes

Édifice public

Édifice religieux

Édifice militaire

Bâtiment

Espace funéraire

Espace artisanal

Carrière

Voirie

Hydraulique

Habitat rural

Villa

Bâtiment agricole

Parcellaire

Structure agraire

Urbanisme

Maison

Structure urbaine

Foyer

Artisanat

Atelier

Structure de stockage

Fosse

Souterrain

Sépulture

Grotte

Abri

Mégalithe

Borne

Talus

Remblai

Fossé

Mobilier

Industrie lithique

Industrie osseuse

Céramique

Macro-restes

Végétaux

Faune

Flore

Objet métallique

Armes

Outils

Parure

Habillement

Trésor

Monnaie

Verre

Scorie

Mosaïque

Peinture / enduit peint

Lapidaire / Sculpture

Charbon

Études

Géologie

Datation C14

Anthropologie

Carpologie

Anthracologie

Pétrographie

Palynologie

Macro-restes

Céramologie

Métallurgie

Numismatique

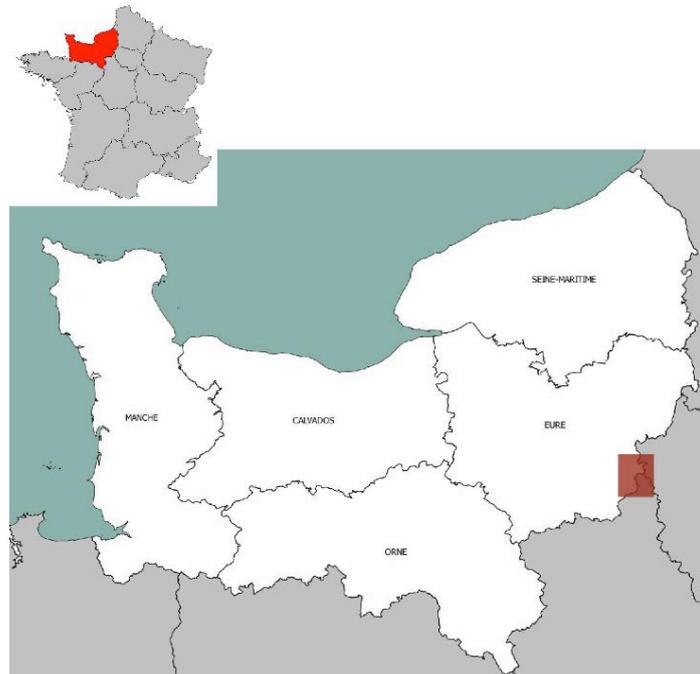
Acquisition de données

Analyse géophysique

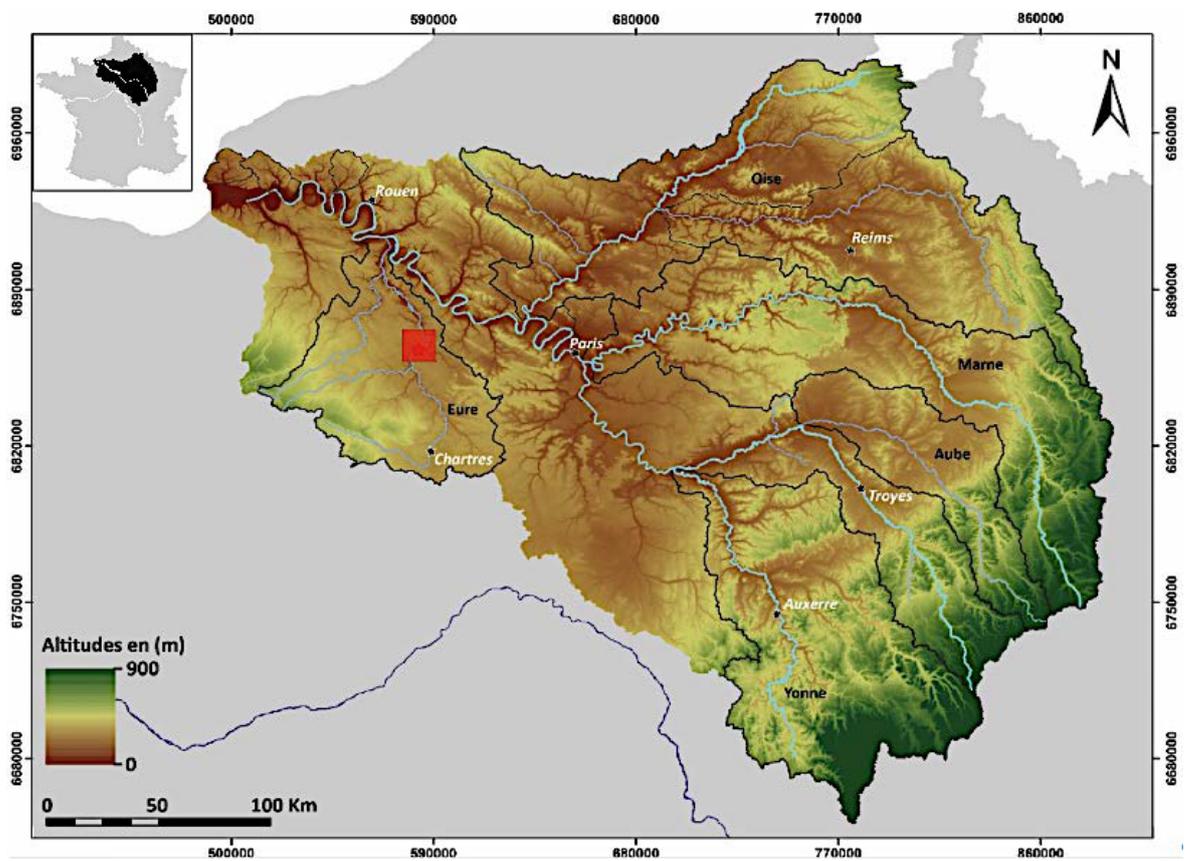
Analyse spatiale

Modélisation 3D

Localisation du secteur d'étude au sein de la région Normandie



Localisation du bassin versant de l'Eure et du secteur d'étude au sein du bassin de la Seine



© IGN 2021 (BD Alti 25 m / BD Carthage – Système de coordonnées : Lambert 93 CC)

Liste des communes concernées (du nord au sud)

	Départ.	Nom de Commune	N° INSEE
	27	LE PLESS S HEBERT	465
	27	GADENCOURT	273
	27	MOUSSEAUX-NEUV LLE	421
	27	A GLEV LLE	004
	78	LOMMOYE	344
	78	MONDREV LLE	413
	27	HECOURT	494
	27	BO SSET-LES-PREVANCHES	076
	27	CA LLOUET-ORGEV LLE	123
	27	V LLEGATS	502
	78	CRAVENT	188
	27	LA BO SS ERE	578
	27	MEREY	496
	27	BREU LPONT	484
	27	EP EDS	585
	27	SEREZ	621
	27	NEU LLY	497
	78	ST- LL ERS LE BO S	559
	78	BREVAL	107
	78	NEAUPHLETTE	444
	27	BUE L	485
	27	V LL ERS-EN-DESOEUVRE	503
	27	GARENNES-SUR-EURE	591
	28	GUA NV LLE	187
	28	G LLES	180
	27	CROTH	584
	28	SAUSSAY	371
	28	LE MESN L-S MON	247
	27	VRY-LA-BATA LLE	594
	28	LA CHAUSSEE D' VRY	96
	27	MOUETTES	598
	27	L'HAB T	593
	27	LA COUTURE BOUSSEY	583
	27	EZY SUR EURE	586
	28	ANET	7
	28	OUL NS	293
	28	ST-OUEN MACHEFROY	355
	28	BONCOURT	50
	28	ROUVRES	321
	27	BO S LE RO	577
	27	ST-LAURENT DES BO S	604
	27	MARC LLY SUR EURE	597
	28	SOREL MOUSSEL	377
	27	LOUYE	472
	27	ST-GEORGES MOTEL	479
	27	MUZY	477
	28	MONTREU L	267
	28	ABONDANT	1

2019- 2022

- communes au centre du projet
- communes secondaires
- communes mineures

Le PCR « Vallée de l'Eure : une rivière, des territoires » s'intéresse au bassin versant de l'Eure, sous bassin du système séquanien, encore très peu étudié sur le plan archéologique et historique. Il se place dans la continuité des grands programmes lancés à partir des années 1990 sur l'étude des dynamiques de peuplement et de l'organisation spatiale des territoires, qui ne cessent de se multiplier pour développer des problématiques autour du rôle des sociétés dans les phénomènes de transmission et de changement des formes spatiales, y intégrant aussi bien des études sur la morphologie des paysages que sur la formation des groupes culturels, jusqu'à la reconstitution de dynamiques socio-environnementales qu'engendrent au court du temps les interactions entre l'homme et son milieu, entre les sous-systèmes culturel et naturel.

Le projet résulte d'une réflexion sur les réelles capacités documentaires d'un corpus donné en matière de reconstitution évolutive des paysages aussi bien naturels qu'anthropiques et sur les moyens à mettre en œuvre en termes d'efficacité et de pertinence pour pallier la discontinuité et le fractionnement de la donnée toutes périodes et disciplines confondues. En s'inscrivant volontairement dans un contexte de faible documentation archéologique, le projet ouvre sur une approche exploratoire et prospective, aussi bien sur le plan scientifique que technologique. Au-delà de l'enrichissement du corpus somme toute maigre des gisements archéologiques du secteur, il vise à restituer les modalités de la construction des territoires et des patrimoines naturels, culturels et sociaux sur le temps long en privilégiant le dialogue transchronologique et l'interdisciplinarité. Il met également en place une plateforme Web-SIG originale dont l'objectif est non seulement de centraliser la collecte des données pluridisciplinaires de manière à pouvoir les croiser, mais aussi, en amont comme en aval, à aider à la réflexion et à la décision sur le terrain en matière de connaissance, de conservation et a fortiori d'aménagement et de gestion des risques de notre environnement historique et naturel, passé, actuel et futur.

Arrêté n° 28-2021-171 du **14 AVR. 2021**
portant autorisation de projet collectif de recherches.

Le Préfet de région ;

Vu le code du patrimoine et notamment son livre V ;

Vu l'arrêté n° SGAR/ 21-011 du 27 janvier 2021 portant délégation de signature générale du préfet de région en matière d'activités à Madame Frédérique BOURA, directrice régionale des affaires culturelles ;

Vu le dossier, enregistré sous le n° PGR282021000028, de demande d'opération archéologique arrivé le 29 décembre 2020 ;

Vu l'avis de la commission territoriale de la recherche archéologique (CTRA), Commission Ouest en date des 23, 24 et 25 mars 2021 ;

ARRÊTE

Article 1 - Madame Fabienne DUGAST est autorisée, en qualité de responsable scientifique, à conduire un projet collectif de recherches à partir de la date de notification du présent arrêté jusqu'au 31/12/21, sise en :

RÉGION : NORMANDIE

• DEPARTEMENT : EURE

COMMUNES : BREUILPONT, GARENNES-SUR-EURE, VILLIERS-EN-DESŒUVRE, IVRY-LA-BATAILLE

Intitulé de l'opération : PCR « Vallée de l'Eure : une rivière, des territoires »

Code de l'opération : **173272**

Article 2 - prescriptions générales

Les recherches sont effectuées sous la surveillance du conservateur régional de l'archéologie territorialement compétent et conformément aux prescriptions imposées pour assurer le bon déroulement scientifique de l'opération.

Le responsable scientifique de l'opération informe régulièrement le conservateur régional de l'archéologie de ses travaux et découvertes. Il lui signale immédiatement toute découverte importante de caractère mobilier ou immobilier. Il revient au préfet de région de statuer sur les mesures définitives à prendre à l'égard des découvertes.

À la fin de l'année civile, le responsable scientifique de l'opération adresse au conservateur régional de l'archéologie, en quatre exemplaires papier plus un exemplaire au format pdf, un rapport accompagné des plans et coupes précis des structures découvertes et des photographies nécessaires à la compréhension du texte. L'inventaire de l'ensemble du mobilier recueilli est annexé au rapport d'opération. Il signale les objets d'importance notable. Il indique les études complémentaires envisagées et, le cas échéant, le délai prévu pour la publication.

Article 3 - destination du matériel archéologique découvert

Le responsable prend les dispositions nécessaires à la sécurité des objets mobiliers. Le mobilier archéologique est mis en état pour étude, classé, marqué et inventorié. Son conditionnement est adapté par type de matériaux et organisé en fonction des unités d'enregistrement. Le statut juridique et le lieu de dépôt du matériel archéologique découvert au cours de l'opération sont fixés conformément aux dispositions légales et réglementaires et aux termes des conventions passées avec les propriétaires des terrains concernés.

Article 4 - versement des archives de fouilles

L'intégralité des archives accompagnée d'une notice explicitant son mode de classement et de conditionnement et fournissant la liste des codes utilisés avec leur signification, fait l'objet de la par: du responsable de l'opération d'un versement unique. Ce versement est détaillé sur un bordereau récapitulatif établi par le responsable de l'opération, dont le visa par le préfet de région vaut acceptation et décharge. Le lieu de conservation est désigné par le préfet de région.

Article 5 - prescriptions particulières

Néant.

Article 6 - La Directrice régionale des affaires culturelles est chargée de l'exécution du présent arrêté, qui sera notifié à Madame Fabienne DUGAST.

Fait à CAEN, le 14 AVR. 2021

Pour le Préfet de la région Normandie,
et par délégation,
La Directrice régionale des affaires culturelles



Frédérique BOURA

Introduction

Le secteur d'étude concerné par le PCR « Vallée de l'Eure : une rivière, des territoires » s'inscrit au sein du **bassin versant de l'Eure**, dans sa portion médiane. Il se place dans la continuité des grands programmes lancés à partir des années 1990 sur l'étude des **dynamiques d'organisation spatiale** – d'Archéomédès [dir. Fr. Favory] à Rurland [dir. M. Reddé] en passant par des études régionales : les Bituriges [Gandini 2008], la plaine de Caen [Lespez, Germain 2013], à micro-régionales : la vallée de la Deûle [Révillon, Hannot 2003], l'Yonne Moyenne [Nouvelle 2004], etc. –, qui ne cessent de se multiplier pour développer des problématiques autour du rôle des sociétés dans les phénomènes de transmission et de changement des formes spatiales, y intégrant aussi bien des études sur la morphologie des paysages que sur la formation des groupes culturels [Barral 2003] jusqu'à la reconstitution de dynamiques socio-environnementales qu'engendrent au court du temps les interactions entre l'homme et son milieu, entre les sous-systèmes culturel et naturel [Lévêque *et al.* 2003]. Il s'inscrit dans le cadre des programmes de recherche menés au sein de l'Umr 8167 Orient & Méditerranée, et de l'équipe *Antiquité classique et tardive* : axe 1. « Paysages ruraux et urbains dans l'Antiquité : sources, repères, transitions ».

Contexte général du projet

Le projet tel que défini résulte d'une série de réunions informelles tenue auprès des acteurs locaux – pour les principaux, les services archéologiques départementaux d'Eure-et-Loir, de l'Eure et des Yvelines ainsi que l'Inrap – qui y ont relevé d'emblée trois points forts tournant autour de la position historique et de la configuration géographique de la vallée :

- 1/ bassin de taille moyenne, elle présente des paysages différents tout au long de son tracé de 80 km de long, de Chartres à Pîtres, et un contexte géomorphologique en rupture entre les deux rives ;
- 2/ elle traverse à toutes les époques des territoires différents aux termes mal définis tout en accueillant sur son tracé quatre villes importantes distantes de 25 km chacune : Chartres, Dreux, Évreux, Pîtres ;
- 3/ surtout, elle traverse une zone peu étudiée jusqu'à présent, témoins notamment la documentation disparate, la quasi-absence d'activités de l'Inrap et des services archéologiques territoriaux, ou encore le nombre réduit d'observations géomorphologiques...

Ce troisième point constitue à la fois un atout et une difficulté puisqu'il conditionne le développement de l'ensemble du projet. Une table ronde inaugurale a par conséquent été organisée au printemps 2018, avec pour objectif de présenter l'état de la recherche depuis ces 20 dernières années, sur les plans archéologique, historique et environnemental sur l'ensemble de la vallée, de manière à apporter un nouvel éclairage sur l'évolution de l'occupation du sol dans ce secteur. Dans sa dynamique volontairement exploratoire, elle a ouvert sur des approches pluridisciplinaires (paléontologie, archéologie, géomorphologie, environnement) autant que méthodologiques (géoarchéologie, géomatique), qui ont permis de poser les jalons d'une réflexion croisée sur la manière d'aborder un espace original encore peu connu sur le plan géo-archéologique et archéo-historique. Dans cette perspective, et en raison du contexte général du secteur, le projet s'est concentré en 2019, dans le cadre d'une première année probatoire, sur le potentiel de l'environnement géomorphologique des sites archéologiques reconnus.

Cette première étape a permis de consolider les objectifs premiers du PCR et d'envisager le développement sur les trois années suivantes de 3 volets interconnectés : géomorphologie, archéologie, géosciences.

Hypothèse de travail

La plupart des approches menées sur les dynamiques d'occupation du sol et les interactions homme/milieu privilégie tout naturellement des secteurs riches en documentations archéologiques de première main et en potentiel, en s'intéressant à des « terroirs favorisés » ou considérés comme tels en raison de conditions favorables à la fois à l'installation humaine du fait de la présence de l'eau et à une bonne conservation des vestiges [Leman-Delerive 2003].

Le bassin versant de l'Eure, ouvert à l'ouest du Bassin parisien, entre Seine et Loire, forme aujourd'hui un petit bassin agricole moyennement peuplé, composé de plateaux faiblement ondulés et de quelques vallées encaissées, propice *a priori* à une telle étude. A ce titre, le projet s'inscrit tout naturellement au sein de l'**axe 10** de la programmation nationale du CNRA [CNRA 2016 : 25 ; 139-153]. Il s'intéresse en effet tout particulièrement à l'**organisation de l'espace rural sous toutes ses formes**, de la vie des exploitations agricoles à la formation des groupements communautaires en passant par l'analyse de l'environnement, témoin significatif des mouvements des populations et de leurs aménagements, qui doivent nécessairement se lire en réseaux – réseaux d'exploitation alimentant des circuits commerciaux à diverses échelles et dans toute leur complémentarité ; mais également réseaux des transformations environnementales, l'exploitation et l'occupation des sols n'allant pas sans interférer, en amont comme en aval, sur l'évolution des paysages et inversement : comme le fait bien observer le bilan du CNRA, « les transformations de l'espace rural [...] sont tributaires tant des conditions naturelles que des évolutions socio-économiques ou historiques locales » [CNRA 2016 : 148] ; elles évoluent de ce fait de manière asynchrone d'une région à l'autre et leur étude a avantage à s'appuyer sur une documentation la plus fournie possible.

Or, en-dehors de la confluence Seine / Eure au nord et des agglomérations de Chartres au sud et d'Évreux à l'ouest, le bassin de l'Eure se distingue par une apparente absence et mauvaise conservation de vestiges archéologiques du fait de la déstabilisation morpho-sédimentaire dès l'époque antique (crise érosive), mais également et surtout de son statut majoritairement agricole qui ne donne lieu qu'à très peu de projets d'aménagement et par conséquent d'opérations archéologiques préventives. Pour autant, sur le plan paléogéographique, l'Eure se caractérise par la diversité et l'omniprésence des formations superficielles (argiles à silex, loess, colluvions et alluvions) dont les potentialités géoarchéologiques sont élevées. D'autre part et du point de vue historique, la vallée connaît, de par sa position géographique, une occupation humaine plurimillénaire qui se manifeste en divisions territoriales successives dès la période antique, voire protohistorique, qui se prolonge jusqu'à la période moderne, voire contemporaine, à l'interface du « Grand Ouest » et du bassin de la Seine.

L'intérêt d'une étude de cette vallée secondaire réside par conséquent dans **les moyens à mettre en œuvre** – en termes d'efficacité et de pertinence – pour mettre en évidence ses réelles capacités documentaires, notamment dans le cadre actuel de la recherche en matière non seulement de dynamique de peuplement et d'organisation spatiale des territoires, mais aussi de l'évolution des paysages. Il s'inscrit en ce sens dans les lignes de force de la programmation nationale du CNRA en focalisant sur « **la détection des séquences archéosédimentaires pour faciliter la découverte des sites mais aussi plus largement la compréhension de leurs contextes géomorphologiques et leur intégration dans les paysages à large échelle** » et sur un secteur où apparaissent des « **hiatus documentaires afin de bénéficier d'une vision exhaustive des modalités de peuplement du territoire, d'occupation des espaces ou d'autres phénomènes inscrits sur la longue durée** » [CNRA 2016 : 21].

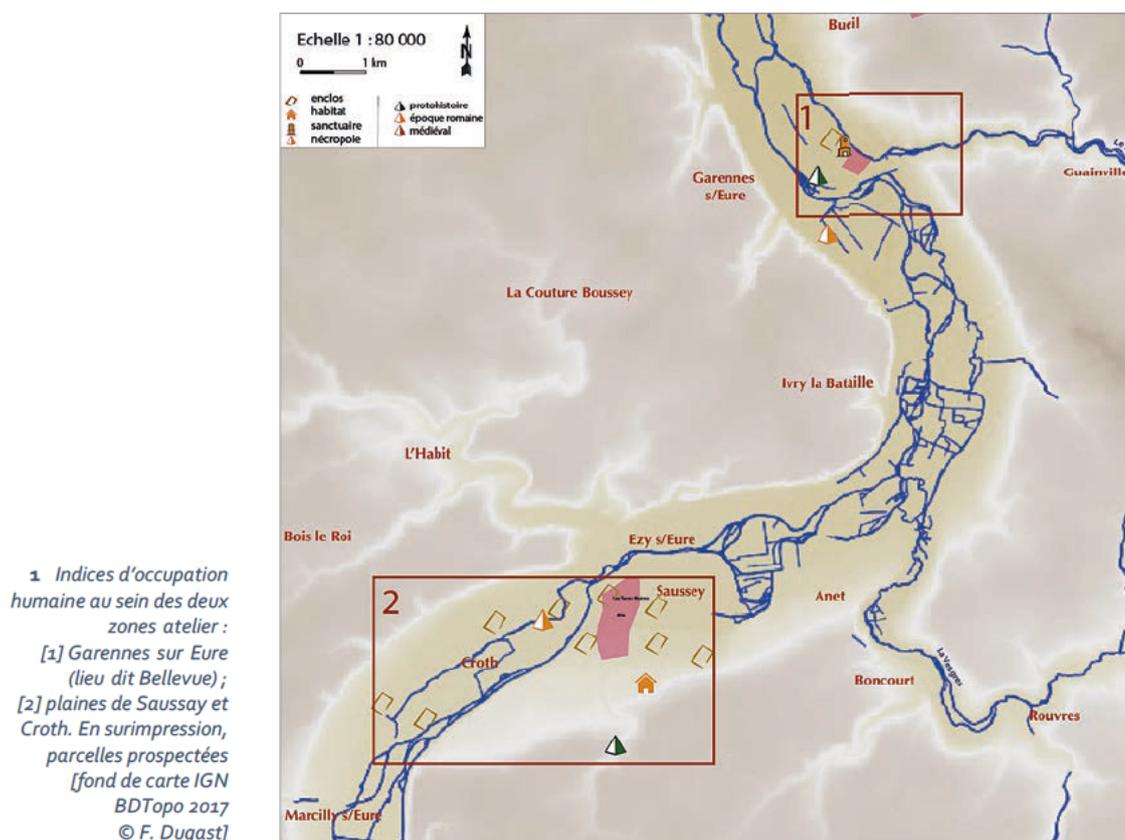
Attendus scientifiques

Le maigre corpus de données archéologiques disponibles ouvre d'emblée sur la question de la conservation et de la visibilité dans le paysage des traces anthropiques et des processus géomorphologiques à l'origine de leur

fossilisation ou de leur démantèlement. L'absence d'un véritable corpus de sites identifiés et le peu de données matérielles amènent de fait à s'interroger sur notre capacité à repérer, sur le terrain, les témoins de ces transformations au cours du temps et impose plus qu'ailleurs de les considérer sous tous leurs aspects, qu'ils résultent de processus sédimentaires ou diagénétiques qui affectent la distribution spatiale des vestiges autant que leur intégrité.

De ces phénomènes d'ordre naturel, n'est pas étranger le contexte géologique et géomorphologique régional. L'objectif du PCR – envisagé sur 3 ans (1 [2019] + 3) – est par conséquent de développer une **approche géoarchéologique multiscalaire** sur la portion médiane de la vallée de l'Eure. En s'appuyant sur l'interprétation de l'environnement géomorphologique des sites archéologiques anciens à modernes (visée diachronique) et la reconstitution des trajectoires socio-environnementales de la vallée à l'échelle de l'Holocène, il vise à déterminer le poids de la contrainte fluviale dans les dynamiques du réseau d'occupation et la part des forçages climatiques et anthropiques dans l'évolution des paysages. De manière plus globale, il s'agit de prendre en compte les influences combinées qui s'exercent entre les différents niveaux d'échelles spatio-temporels, y compris à travers l'évaluation de l'approche régressive (phénomènes de résilience, réappropriation, etc.).

→ **L'année 2021** visait dans ce cadre à compléter l'analyse géomorphologique amorcée en 2019 par une modélisation des paléoreliefs de la portion médiane de la vallée et à établir l'évolution diachronique du tracé en plan du réseau hydrographique et des liens spatiaux et temporels entre les niveaux de terrasses cartographiés et les vestiges archéologiques connus, dans une perspective taphonomique. Deux zones-atelier ont été sélectionnées à ce titre : l'une autour du sanctuaire antique de Garennes-sur-Eure (lieu-dit Bellevue), reconnu par prospection aérienne (Archéo27), l'autre dans les plaines de Saussay et Croth au sud d'Anet et de part et d'autre de la rivière où les contrastes phytologiques laissent voir des formes géométriques, anomalies probablement d'origine anthropique mais difficilement caractérisables du point de vue fonctionnel [fig. 1]. Dans le cadre strict de ces deux zones-atelier, des analyses cartographiques et historiques (notamment le site « Remonter le temps » de l'IGN) ont été conjuguées à une analyse des MNT



RGE Alti 1 m – pour repérer les formations superficielles – et à de la télédétection (sur photographies aériennes et satellitaires) ainsi qu'à des « retours terrain » pour vérification aussi bien des types de formations géomorphologiques que des « indices de site » [Rapport 2020 : 21-35]. En 2021, la reconnaissance de l'environnement géomorphologique des gisements archéologiques sur ces deux zones devait être menée en combinant prospections géophysiques (Tomographie de Résistivité Électrique) pour reconstituer la géométrie 2D du remblaiement alluvial, carottages profonds dans l'axe d'écoulement des paléochenaux pour préciser l'architecture et l'âge des unités des séquences sédimentaires, analyses sédimentologiques en laboratoire (granulométrie, paramètre texturaux et image CM) et datation radiocarbone (¹⁴C Accelerated Mass Spectrometry). L'objectif était de documenter et de dater les jalons de l'histoire géomorphologique et paléoenvironnementale de l'Eure dans cette portion de la vallée en lien avec les différentes phases de l'occupation humaine et de les mettre en perspective avec celles obtenues plus en aval près de la confluence avec la Seine (Louviers, Incarville, Val-de-Reuil). À échelle plus locale, il était envisagé d'analyser la temporalité des dynamiques érosives et de quantifier la redistribution de sédiments au cours de l'Holocène au sein de deux sous-bassins – le Radon et la Vesgre. L'ensemble de ses approches devait être accompagné de vérifications au sol (prospections pédestres et analyses de mobilier) et de relevés ponctuels à l'aide de capteurs montés sous drone. Enfin, faute de pouvoir approcher aisément les « cultures matérielles », témoins de la rythmicité des regroupements de communautés dont les marqueurs les plus fins restent le mobilier et en particulier la poterie – mais qu'il est nécessaire de redéfinir [Dugast 2021] –, une démarche d'inventaire des « géoarchéosites » devait être conduite à l'échelle de la moyenne vallée de l'Eure, entre la confluence avec l'Iton (au nord) et la ville de Chartres (au sud), en s'appuyant de manière complémentaire sur l'inventaire archéologique (Patriarche et services départementaux) et l'Inventaire National du Patrimoine Géologique (INPG) des départements de l'Eure (28), de l'Eure-et-Loir (28) et des Yvelines (78).

Attendu technologique

Le PCR se place également dans une démarche exploratoire et prospective à travers la mise en place d'une plateforme collaborative Web-SIG dont l'objectif est non seulement de centraliser la collecte des données, mais aussi d'aider à la caractérisation et à l'analyse prédictive de l'espace étudié.

La plateforme vise d'une part à promouvoir un cadre pour assurer la qualité des données dans l'interdisciplinarité et leur valeur ajoutée potentielle ; d'autre part à faire émerger le dialogue et les projets entre les parties prenantes – chercheurs, acteurs professionnels ou non, et en ce sens à rassembler une équipe de chercheurs et opérateurs pluridisciplinaires et pluri-institutionnels selon les modalités envisagées.

L'objectif à terme sera de valider une approche et **un outil d'aide à la décision** par la construction de modèles prédictifs, sous la forme d'une plateforme collaborative accessible en ligne, ouvrant sur une nouvelle dimension interdisciplinaire intégrant, outre géologues, géomorphologues et archéologues, géographes et environnementalistes, voire juristes et aménageurs dans le cadre des problématiques actuelles du développement du territoire. L'objectif sera également de développer la réflexion sur la projection temporelle des données en sciences humaines (aspects méthodologiques et épistémologiques).

→ **L'année 2021** visait, dans la suite de l'année précédente [Rapport 2020 : 39-53], à mettre en place au format SIG une structure adéquate à deux volets interconnectés pour nous permettre d'évaluer, en première instance, une démarche prospective à l'appui d'interventions non invasives sur le terrain, en s'appuyant sur une analyse de la représentativité des données selon leurs origines – géographiques, géologiques, géomorphologiques, archéologiques, historiques, environnementales... –, et de tester une approche régressive et évolutive des transformations (phénomènes de résilience, réappropriation...) à l'aide de référentiels et d'indicateurs pertinents.

Circonstances des opérations année 2021

La situation sanitaire particulière due à la pandémie de COVID-19 qui sévit depuis mars 2020 a quelque peu perturbé la conduite des opérations de terrain envisagées sur l'année 2020 et, par voie de conséquence, les objectifs attendus [Rapport 2020]. Pour des questions de faisabilité incertaine, la stratégie d'acquisition de données a dû être partiellement redéfinie et certains volets abandonnés provisoirement pour être reportés sur l'année 2021, voire 2022. Trois campagnes de terrain ont ainsi pu être menées au printemps 2021, avec, pour chacune, une équipe de 4 à 6 personnes sur place [Partie II] :

- la première, centrée sur la seconde zone-atelier (plaines de Saussay et Croth) pour compléter l'étude des variations micro-topographiques lancées en 2020 (prospection géophysique [tomographie de résistivité électrique – TRE] et carottages sédimentaires) ;
- la deuxième, au sein de deux vallées affluentes de rive droite de l'Eure : le Radon et la Vesgre, pour des observations géomorphologiques (sondages exploratoires à la tarière pédologique, relevés de coupe sur des berges en rive concave) en vue d'y reconnaître des séquences sédimentaires fluviales ;
- la troisième, tout au long de la moyenne vallée de l'Eure, entre la confluence avec l'Iton au nord et la ville de Chartres au sud, pour évaluer, vérifier et compléter l'inventaire de « géoarchéosites » amorcé en 2020 [Rapport 2020 : 35-37].

Ces campagnes ont été ponctuées en outre par des prospections géophysiques aéroportées à l'aide de capteurs montés sous drone (LiDAR, thermique, multispectral), dans un double objectif – de complémentarité en termes de capacité de détection et de prospection extensive sur des surfaces supérieures à 10 ha [Partie III].

Enfin, en vue de développer un espace de travail virtuel commun nécessaire à la poursuite des objectifs du PCR, une équipe a été mise en place, en lien avec l'ENSG (École nationale des sciences géographiques), pour recevoir les jeux de données des différentes disciplines en présence – sciences historiques et sciences de la Terre – en vue de les faire dialoguer entre eux pour une meilleure appréhension des différents phénomènes interconnectés à observer [Partie IV].

*** ***

Le projet a reçu un avis favorable de la CTRA Ouest réunie en mars 2021. Il s'inscrit dans le cadre des programmes de recherche menés au sein de l'Umr Orient & Méditerranée (Umr 8167) et de l'équipe *Antiquité classique et tardive* : axe 1. « Paysages ruraux et urbains dans l'Antiquité : sources, repères, transitions ». Il s'appuie sur une étroite collaboration de l'Umr PRODIG (Umr 8586), ainsi que des enseignants-chercheurs de Sorbonne Université – Lettres et Science & ingénierie (ex-UPMC) –, de l'Université de Paris (ex-Paris-Diderot), des ingénieurs de la plateforme Plemo3D de SU et d'ArScAn (Umr 7041), mais aussi des acteurs locaux – services départementaux de l'archéologie d'Eure-et-Loir (SAD28), de l'Eure (MADE 27) et des Yvelines (SADY 78), de l'Inrap, et du Service régional de l'archéologie DRAC Normandie. Il s'associe également aux habitants et aux associations locales actives : Archéo27, SHADT (Société d'histoire et d'archéologie du Drouais et du Thymerais), SHARY (Société historique et archéologique de Rambouillet et de l'Yveline).

Soutenu par les Umr 8167 O&M et 8586 PRODIG partant au projet, son financement s'appuie sur le SRA-DRAC Normandie (PCR 2019 et 2020) et sur l'Inrap (@gir 2020, 2021 & 2022), ainsi que sur des appels à projets : Institut OPUS, « Projets exploratoires » 2017 ; DIM-MAP Ile-de-France, « Profils de stage » 2018 et 2019 ; RnMSH-TGIR Huma-Num, « Approches qualitatives des données en SHS et humanités numériques » 2019-2020.

Partie I

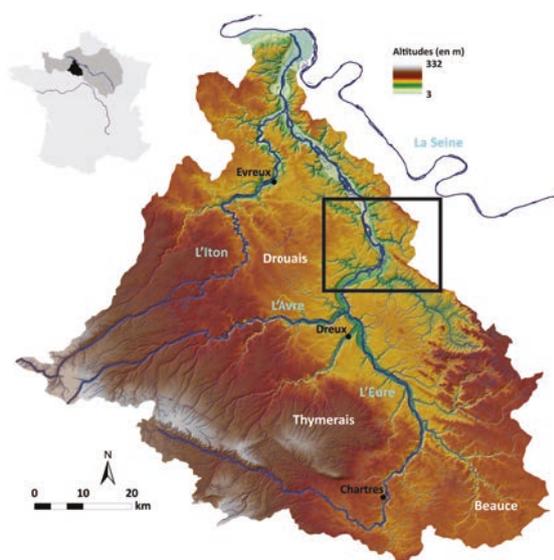
Présentation et cadre général du projet

Le bassin versant de l'Eure

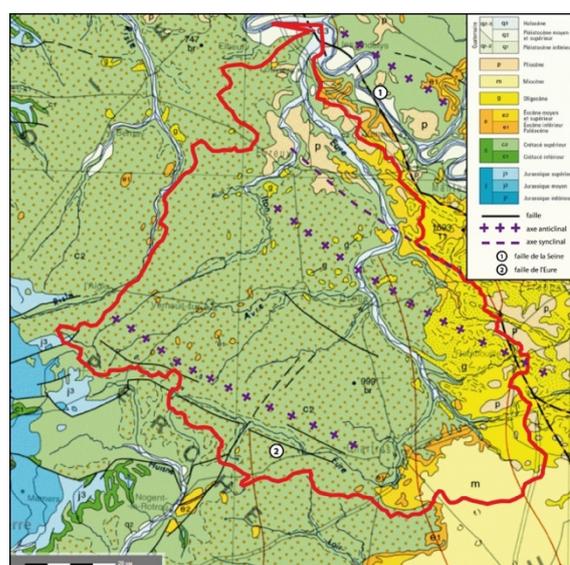
[Fabienne Dugast]

Le bassin versant de l'Eure appartient, sur le plan géographique et géologique, au système séquanien dont il couvre la moitié ouest en s'ouvrant sur la Normandie. De forme générale triangulaire avec une asymétrie marquée, il s'étend sur une superficie de 6 017 km² [fig. 2]. Il se situe majoritairement dans l'auréole crétacée de l'ouest du Bassin parisien, la vallée de l'Eure proprement dite soulignant grossièrement la limite d'érosion avec les dépôts tertiaires du centre du bassin, à l'est. En rive gauche de l'Eure, la surface de plateaux est sous-tendue par les couches sédimentaires du Secondaire (craie à silex du Sénonien), tandis qu'en rive droite les reliefs étagés sont principalement soulignés par les dépôts variés du Tertiaire, qui s'échelonnent de l'Éocène au Mio-Pliocène et expliquent ainsi la présence à la fois d'argiles plastiques (Sparnacien), de calcaires et marnes divers, de meulière, ou encore de sables et grès du Stampien [fig. 3]. Près d'Yvry-la-Bataille, la rivière prend un virage et entaille vigoureusement les assises crayeuses du Sénonien, en épargnant, sur son versant de rive droite, une grande partie des dépôts tertiaires jusqu'aux niveaux mécaniquement résistants de la meulière de Montmorency – qui coiffe ici le sommet d'une butte-témoin, la Butte des Bruyères, à 184 m –, offrant une vision quasi-complète de la stratigraphie de ce bassin.

De taille moyenne, la rivière prend naissance dans le Perche, opère une boucle au sud de la ville de Chartres et s'écoule sur 80 km du sud au nord, jusqu'à sa confluence avec la Seine en rive gauche, à hauteur de Rouen. Elle parcourt ainsi plusieurs grandes régions paysagères, de la Beauce chartraine aux portes de l'Eure, en passant par le Thymerais-Drouais, le plateau Saint-André en rive gauche et le plateau du Mantois en rive droite. Sur le



2 Le bassin versant de l'Eure [DAO T. Piau 2021]

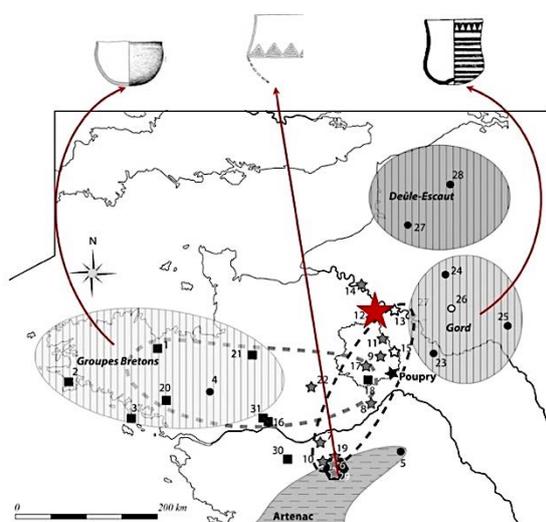


3 Aperçu géologique du bassin versant de l'Eure [extrait de la carte géologique de la France au 1/1 000 000 [Infoterre, BRGM]

plan hydrographique, le bassin constitue un réseau organisé autour d'un nombre réduit de vallées actives, à cours d'eau pérenne, qui se prolongent à l'amont par une multitude de vallées ou de vallons secs qui incisent les plateaux faiblement ondulés. Les deux principaux affluents de l'Eure – l'Iton et l'Avre, en rive gauche – entaillent vigoureusement la surface des plateaux du Drouais et du Thymerais dont l'altitude moyenne s'établit entre 140 et 170 m. L'amplitude altitudinale des sources – situées au sud-ouest dans les collines du Perche, au pied des buttes culminantes à près de 300 m – jusqu'à l'exutoire du bassin versant – autour de 5 m à la confluence avec la Seine – définit un contexte hydro-topographique de cours d'eau à faible énergie. Le chevelu des affluents développe ainsi de multiples facettes, alliant cohérence – hydrographique – et diversité – paysagère.

Sur le plan historique, le bassin versant de l'Eure se situe à un point de rencontre particulièrement fort entre plusieurs groupes culturels, qui rend sa caractérisation difficile dès la période néolithique – comprise entre les groupes de l'Artenac au sud, de Gord au nord et de Bretagne à l'ouest [fig. 4] – et l'inscrit, pour les périodes postérieures, dans une dynamique conditionnelle de la construction des territoires, marquée successivement par l'émergence des Durocasses dans l'Antiquité [fig. 5], les différents héritages politiques de l'époque mérovingienne ou encore les conflits entre le duché de Normandie et le royaume de France au Moyen-Âge, que l'on reconnaît à travers le développement particulier de quatre centres urbains – Chartres, Dreux, Évreux, Pîtres – ou encore de nos jours à l'interface de trois départements – l'Eure, l'Eure-et-Loir et les Yvelines – et de trois régions – Normandie, Centre-Val de Loire et Île-de-France.

Bien qu'encore assez mal cernées, les productions céramiques du Néolithique comme celles des ^{er} - ^e siècles de notre ère offrent en effet des éléments inattendus dès lors que l'on s'intéresse plus particulièrement à la zone « frontière » que constituerait la rivière, séparant les diocèses de Chartres et d'Évreux à l'époque médiévale comme elle aurait séparé la cité des Carnutes de celle des Aulerques Éburovices entre le ^v siècle avant et le ^v siècle de notre ère. La notion de « frontière » se montre en l'occurrence particulièrement intéressante lorsque l'on sort de la dimension politique dans la mesure où, ici, elle s'articule autour de l'Eure, comme une colonne vertébrale reliant la Loire au sud (avec laquelle elle n'a certes pas ou plus de lien hydrographique direct) et la Seine au nord dans laquelle elle se jette, position géographique qui en fait à la fois une ligne de démarcation et un trait d'union entre les différents groupements humains. Un tel contexte met ce bassin secondaire au cœur de phénomènes complexes qui, rétrospectivement, et parce qu'il paraît répondre aux grands découpages politiques et économiques des territoires, rend également complexes – sur le plan archéologique – notre compréhension et appréhension de l'évolution de cultures matérielles aux influences multiples.



4 Période néolithique : influence des groupes de Gord, de l'Artenac et de Bretagne [d'après J. Y. Noël, SAD 28, 2017]



5 Antiquité : entre les Aulerques Eburovices au nord (bronze, c. 50-40 AC), les Carnutes au sud (potin à la tête d'Apollon à droite, c. 80-40 AC) et les Durocasses à l'ouest (potin aux croisettes, c. 80-50 AC)

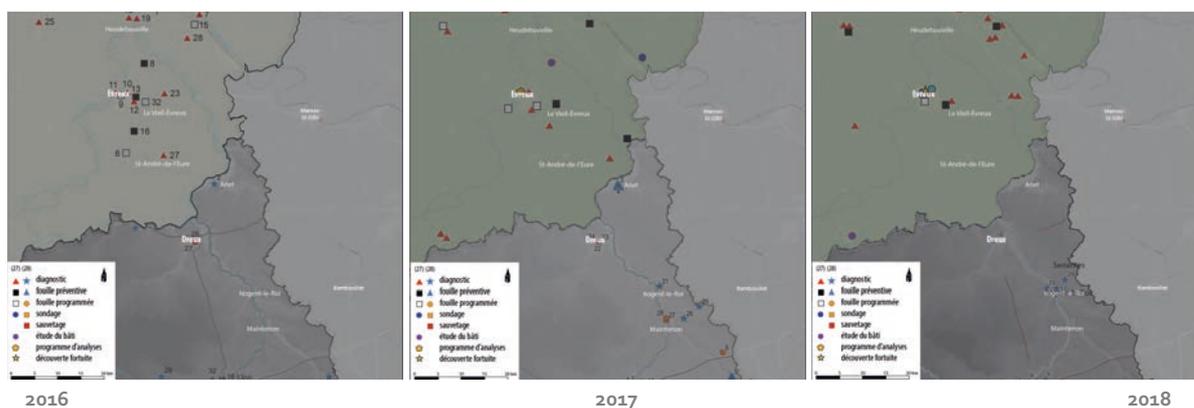
Un secteur peu étudié

Si les phénomènes d'occupation apparaissent dans ce bassin très diversifiés, ils sont peu étudiés et, surtout, aucune synthèse n'est réellement menée. La documentation ne manque certes pas, mais elle reste hétérogène, d'un secteur et d'une période à l'autre, et peu exploitée [cf. **Bibliographie du secteur concerné**].

Peu d'études en effet considèrent l'histoire de la vallée, y compris concernant les périodes récentes ; peu ou pas sa géomorphogenèse – en-dehors d'Yvette Dewolf, de l'Institut de géographie de Paris, dans les années 1970 [Dewolf 1970 ; Dewolf 1977]. Peu également se sont intéressées à la cité des Carnutes, moins encore à celle des Aulerques-Éburovices : en 1978, Alain Ferdière soutenait une thèse de 3^e cycle sur la religion et l'occupation du sol rural à Lion-en-Beauce, autour de la fouille de Dambron (Eure-et-Loir), en pleine Beauce et en limite occidentale du Loiret et des *Aureliani* [Ferdrière 1978] ; entre 2005 et 2010, et après s'être intéressée aux voies romaines et à l'occupation du sol au sein du département des Yvelines [Renault 2003 ; Renault 2004], Ingrid Renault menait une thèse sur la dynamique de l'occupation du sol dans deux zones de confins du territoire carnute, le Perche à l'ouest et la Beauce au sud-est [Renault 2010] ; dans le même temps, Amandine Tremel faisait l'inventaire des sanctuaires et des divinités associées en territoire carnute dans le cadre de deux Master [Tremel 2008 & 2009] ; et Caroline Bacon soutenait en 2001 un DEA sur les sanctuaires carnutes, éburovices et véliocasses [Bacon 2001]. Menés dans le cadre strict de recherches universitaires avec leur lot de contraintes inhérentes à l'exercice, ces travaux offrent un tableau quelque peu morcelé de l'occupation spatiale du bassin versant de l'Eure, circonscrit à la période antique.

Depuis les années 2000, les opérations d'archéologie préventive offrent de nouvelles informations sur la structuration des territoires de la Gaule : des études générales se développent sur différentes régions, dont celle menée par Sophie Krausz sur la formation des systèmes politiques protohistoriques, agrémentée d'une cartographie des 8 000 sites enregistrés dans la base de données Patriarce du Ministère de la Culture sur l'ensemble de la région Centre-Val de Loire, qui permet d'avoir une image de fond de l'évolution des différentes formes de peuplement depuis le début de la sédentarisation jusqu'à la formation des trois *civitates* de l'âge du Fer : Turons, Carnutes et Bituriges [Krausz 2016]. Ce travail intègre l'important complexe archéologique de Fort-Harroard, sur la commune de Sorel-Moussel (Eure-et-Loir), dans le développement du territoire carnute. Le site, dominant la rive droite de l'Eure, face à Marcilly-sur-Eure (Eure), offre certes une importante séquence chronologique – du Néolithique ancien jusqu'au Moyen Âge – qui n'est pas à négliger : il reste le seul complexe de la vallée à offrir les éléments d'une véritable synthèse. Un autre complexe probablement similaire, près de Nogent-le-Roi plus au sud, n'a été que partiellement instruit à la faveur d'une opération préventive récente [Chamaux, Borderie 2013]. Celui de Saint-Piat – dit Camp de César – connu depuis le *xx*^e siècle [De Castro, Jagu 2014] n'a quant à lui fait l'objet d'aucune investigation en-dehors, récemment, d'un levé LiDAR [Heitz, Jagu 2017 ; Le Tellier 2020 : 17-19] : l'ensemble du secteur présente là aussi une succession d'occupations qui s'étagent, dans la plaine d'inondation de l'Eure, du Néolithique (mégolithes de Changé) à l'époque mérovingienne [Oagnier, Joly 1994 : 276-277] sans doute en lien avec le site de hauteur [Dugast, Renault 2017].

Divers sites ont toutefois bénéficié de fouilles programmées : outre les opérations menées sur la ville de Chartres par le service municipal de l'archéologie sous la direction de Dominique Joly (aujourd'hui Mathias Dupuis), on pensera au dolmen de Changé près de Saint-Piat [dir. D. Jagu], au sanctuaire de Bû [dir. I. Fauduet, Cnrs] ou encore à celui de Hanches [dir. F. Dugast, Cnrs], et plus récemment dans l'Eure, au complexe rituel du Vieil-Évreux [dir. S. Bertaudière, MADE] et, tout à fait au nord à la confluence avec la Seine, au site complexe du Val-de-Reuil [dir. Y.-M. Adrian, D. Lukas, Inrap]. S'y ajoutent des études ponctuelles (diagnostics et fouilles préventives – **fig. 6**) et des prospections aériennes [Daniel Jalmain, Régis Dodin, Alain Lelong, Rémi Touret pour l'Eure-et-Loir, Archéo27 pour l'Eure], complétées parfois par des prospections au sol, tout aussi ponctuelles [pour l'Eure-et-Loir, C. Cribellier, I. Renault à Senantes ; F. Dugast, I. Renault autour de Maintenon]. De son côté, l'étude du bâti existant reste cantonnée à celle des églises pré-romanes de l'Eure, partie ouest de la zone d'étude [Wasylyszyn 2006]. On notera que, pour les périodes récentes, aucune approche n'est véritablement menée.



6 Ensemble des opérations d'archéologie enregistrées entre 2016 et 2018 dans les départements de l'Eure (27) et de l'Eure et Loir (28) [sources BSR Centre Val de Loire & BSR Normandie 2016, 2017, 2018]

Le territoire abordé : portion médiane de la vallée de l'Eure

La faible documentation archéologique disponible, des reconnaissances de terrain menées depuis 2016 aussi bien au nord qu'au sud, ainsi que le contexte général de ce bassin secondaire ont fait émerger un espace privilégié, aux aspects différenciés sur le plan environnemental, alliant points d'eau (rus, sources, etc.), zones de hauteur à replats et plaines alluviales, favorable à la diversification de l'occupation et à ses mutations, en même temps qu'il s'inscrit tout particulièrement, à partir de l'âge du Fer, dans un environnement politique à plus large échelle, qui se construit et se déconstruit en parallèle.

Cet espace correspond à la portion médiane du bassin versant de l'Eure, précisément à cheval sur les trois départements actuels de l'Eure, de l'Eure-et-Loir et des Yvelines, s'étendant sur un rayon d'environ 20 à 30 km de part et d'autre de l'Eure, entre respectivement la plaine de Saint-André (dans le sud de l'Eure), le Thymerais-Drouais (dans l'extrême nord de l'Eure-et-Loir) et le plateau du Mantois (dans l'ouest des Yvelines). Il s'inscrit au sein d'une vingtaine de communes – pour les principales :

- dans l'Eure Gadencourt, Breuilpont, Épièdes, Villiers-en-Désœuvre, Garennes-sur-Eure au nord, Ivry-la-Bataille, Ezy-sur-Eure, Croth jusqu'à Marsilly-sur-Eure au sud ;
- en Eure-et-Loir, Guainville, Gilles au nord, la Chaussée d'Ivry, Croth, Anet jusqu'à Sorel-Moussel au sud ;
- dans les Yvelines, Cravent, Saint-Illiers-le-Bois, Bréval, Neauphlette.

Le choix de cet espace doit permettre une approche à la fois localisée et comparative. Dans chacun des secteurs, il s'agira de privilégier les modalités et les modulations des aménagements anthropiques perçus à l'échelle de quelques ensembles paysagers. Devront être également analysés les indicateurs des différentes cultures matérielles qui s'y côtoient ou s'y opposent, créant *a priori* des territoires identitaires – à l'échelle de communautés réduites ou plus larges.

– Chronologie retenue –

La fourchette chronologique retenue se veut large de manière à percevoir les changements d'implantations humaines et l'évolution des paysages en diachronie. Elle s'étend de la période néolithique au Moyen Âge, jusqu'à l'époque moderne et préindustrielle, voire contemporaine.

– Les sites archéologiques repérés dans ce secteur –

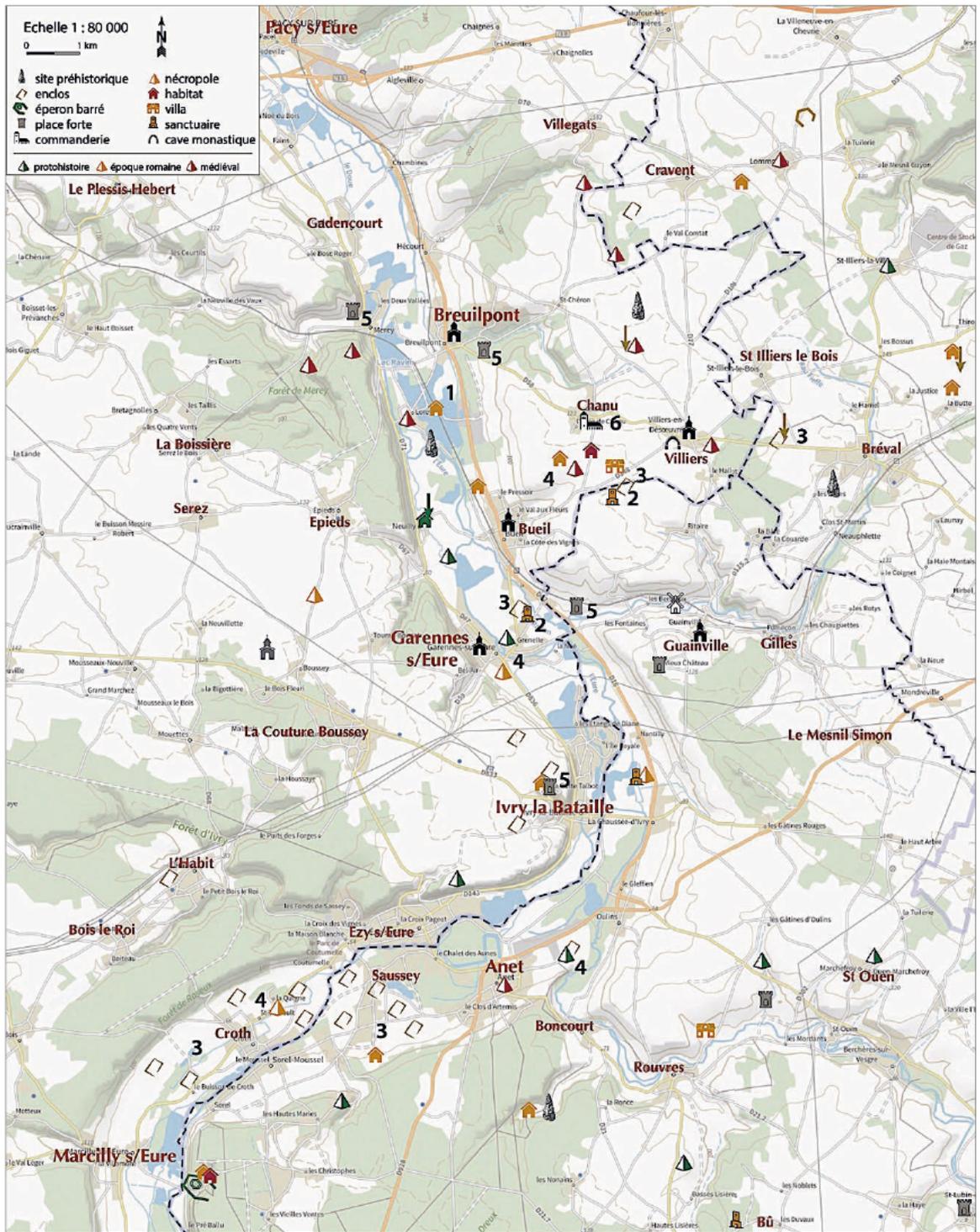
L'espace ainsi délimité est très peu connu sur le plan archéologique et historique. Les rares fouilles sont anciennes et remontent à la fin du x^e ou au début du xx^e siècle : elles concernent la commune de Bueil (habitat

gallo-romain réoccupé par une nécropole mérovingienne) et celle de Caillouet-Orgeville, à l'ouest de Pacy-sur-Eure, pour l'instant hors du secteur d'étude considéré (occupation du Néolithique à l'époque romaine). Quelques découvertes fortuites complètent ce tableau (hors base Patriarche) : des fonds de cabane du ^{er} siècle et une nécropole plus tardive à Breuilpont en bord de l'Eure, une nécropole gallo-romaine à Garennes-sur-Eure, une autre mérovingienne à Merey, une autre encore à Villiers-en-Désœuvre et un vaste complexe sur les communes de Cravent et Lommoye (Yvelines). Plus au sud, outre un tumulus sur la Butte d'Ézy s/Eure, Ivry la Bataille ainsi qu'Anet et, plus à l'est, Rouvres, ont livré un certain nombre de sépultures datées entre le ^{er} et le ^e siècle [fig. 7]. Bien qu'en limite du « Grand Paris », la zone se trouve globalement épargnée par les grands travaux d'aménagement et donc peu concernée par les opérations préventives. La documentation récente reste rare : outre les découvertes par prospections aériennes menées par le SADY – partie est de la zone d'étude –, pour la plupart inédites [CAG 78], quelques interventions de la MADE – sur la nécropole mérovingienne de Bueil reconnue dans les années 1960 –, et d'autres du SAD 28 à Anet, une série de prospections aériennes, réalisées entre 1996 et 2011 par l'Association Archéo27, a pu repérer différents indices d'occupation de date indéterminée, pour la plupart fossés et enclos – particulièrement nombreux dans la portion sud –, ainsi que deux temples au plan caractéristique de l'époque du Haut Empire et dressés à peu de distance l'un de l'autre – le premier en fond de vallée (lieu-dit Bellevue sur la commune de Garennes-sur-Eure – 27), l'autre sur le plateau du Mantois (lieu-dit Les Fosses du Breuil sur les communes de Guainville – 28 et de Villiers-en-Désœuvre – 27). La période médiévale livre quant à elle une série de places fortes (mottes féodales, forteresses) qui s'élèvent de part et d'autre de la vallée, en lien étroit avec le contexte politique du moment.

– Quelques ensembles de sites émergents –

Ce premier inventaire a permis de faire émerger un certain nombre d'ensembles, laissant entrevoir le potentiel archéologique du secteur [fig. 7].

- les différents gisements sur les communes de Bueil et de Breuilpont [1], en fond de vallée et sur le plateau – dont l'occupation longue peut permettre de décrire les dynamiques d'implantation de l'habitat, sa résilience ou non sur le temps long, l'anthropisation et le contrôle de l'espace, la gestion du milieu et son impact environnemental ;
- les **sanctuaires** d'époque romaine de Guainville et de Garennes [2] – situés à moins de 3 km l'un de l'autre, dont l'emprise ni l'identification ne sont connues et qui offrent un mobilier qui ne correspond pas *a priori* à leur appartenance « politique » – respectivement les cités carnute et éburovice ;
- les différents types d'**enclos** [3] repérés en prospection aérienne par Archéo27 et/ou antérieurement – qui se chevauchent dans l'espace et induisent des occupations successives de formes et d'époques différentes – notamment dans les secteurs de Garennes-sur-Eure, de Guainville et de Bréval au nord, et dans ceux d'Ivry la Bataille, de Saussey et de Croth au sud : il n'est sans doute pas étranger de les voir concentrés pour nombre d'entre eux en fond de vallée ;
- des **nécropoles** [4] – au sens large : tumulus, tombes à incinération ou à inhumation – qui laissent supposer la présence à proximité d'implantations de type *villa* ou habitat divers selon les époques ;
- les **places fortes** [5] d'époque médiévale – buttes féodales ou mottes disparues pour la plupart mais décelables d'une part par leur position, d'autre part par des vestiges caractéristiques : tour centrale, terrassement de la basse court –, ou plus tardive et qui privilégient les positions de plateau en rive droite ;
- les **commanderies** [6] – enclaves territoriales ponctuelles qui relèvent d'un partage de territoires n'appartenant ni au royaume de France ni à la Normandie ni à aucun diocèse – avec en parallèle l'implantation des églises et celliers monastiques de part et d'autre de l'Eure, dont la typologie témoigne de groupements humains hors des domaines politiques forts ;



7 Carte de localisation de l'ensemble des sites mentionnés et/ou reconnus au sein de la moyenne vallée de l'Eure :
 1. habitat et nécropole de Bueil ; 2. sanctuaires d'époque romaine de Garennes et de Guainville ;
 3. enclos indéterminés ; 4. nécropoles / tumulus ? 5. places fortes ; 6. commanderie
 [fond de carte IGN BDTopo 2017 © F. Dugast 2020]

- auxquels s'ajoutent différentes anomalies topographiques – tertres, talus, fossés, étangs, glacières – témoignant de diverses modalités d'occupation toutes époques confondues.

Issu essentiellement d'anciennes découvertes ou de prospections aériennes plus récentes, cet inventaire reste à vérifier, valider et compléter par différents types d'opérations – prospections pédestres, étude cartographique et toponymique, télédétection... Il offre d'ores et déjà un aperçu de la distribution des implantations aux époques successives [Rapport 2019 : 19-22].

Dynamique fluviale et interactions homme/milieu

[Théophile Piau]

L'action de l'homme sur son environnement se manifestant par de profondes modifications du paysage, le potentiel paléogéographique s'avère également nécessaire à interroger. L'intérêt des plaines fluviales ou alluviales réside en effet dans le fait qu'elles enregistrent avec une résolution temporelle parfois très fine (comme le temps d'une crue) des marqueurs sédimentaires et paléo-écologiques (pollens, mollusques) qui permettent de retracer l'histoire environnementale du système fluvial et avec lui les modalités d'implantation et d'aménagements anthropiques qui lui sont liées. À ce titre, le bassin-versant de l'Eure offre un cadre de recherche privilégié pour appréhender les mécanismes d'interaction homme-milieu à différentes échelles spatiales (macro-régionale à micro-locale) et temporelles (millénaire à annuelle) et, partant, pour insérer et/ou retrouver les gisements archéologiques dans leur cadre chronostratigraphique et environnemental [Rapport 2019 : 27-36 ; Piau 2019].

– L'apport des bassins versants secondaires dans l'étude des interactions homme/milieu –

Les plaines alluviales sont regardées de manière générale comme relevant d'une ressource naturelle, exploitée et mise en valeur de façon logique et raisonnée par les groupes humains qui s'y installent. Elles se révèlent également comme une contrainte, afférant aux risques hydrologiques et sanitaires, ou encore et dans certains cas, par leur morphologie de rupture qui en font des lignes de démarcation plus ou moins franches. Elles n'en demeurent pas moins des espaces particulièrement attractifs pour les sociétés humaines et constituent de ce fait des milieux favorables à l'archivage de données morpho-sédimentaires et paléoenvironnementales, et par conséquent des changements bio-climato-anthropiques passés. Malgré leur discontinuité, les données stratigraphiques de fond de vallée issues de ces enregistrements offrent en effet une résolution plus fine de la rythmicité des mutations paysagères qu'en contexte de plateau lœssique où la sédimentation postglaciaire est moins dilatée et souvent érodée par les activités agro-pastorales plurimillénaires [Wuscher *et al.* 2012]. Cette dernière n'en trouve pas moins une résolution, par effet gravitaire, au sein des systèmes fluviaux suivant les processus sédimentaires du cycle géologique global d'altération, d'érosion, de transport, de dépôt et de diagenèse, à l'échelle de l'Holocène.

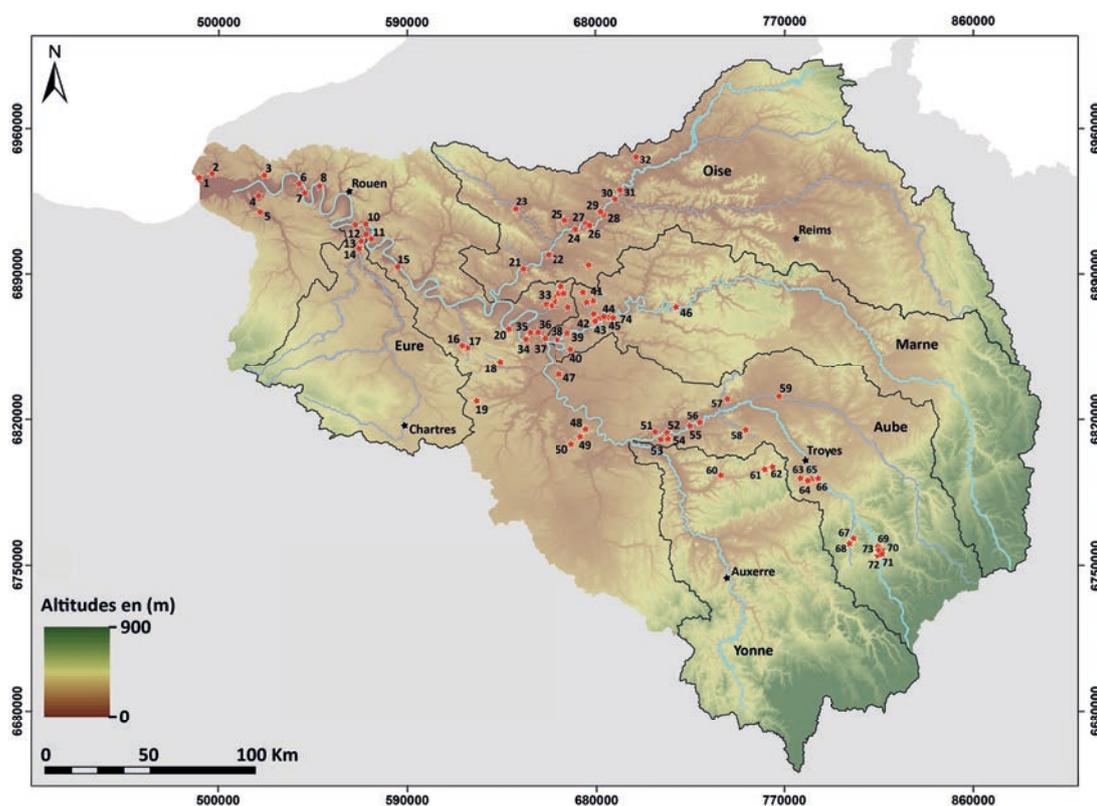
Relativement bien étudiés au sein des grands organismes fluviaux, ces phénomènes le sont moins au sein des systèmes secondaires. Or, ces derniers apparaissent plus sensibles aux dynamiques de l'occupation des sols et aux changements d'ordre climatique que les bassins versants d'ordre supérieur. Les petits bassins s'affranchissent en effet en partie des emboîtements scalaires (spatiaux et temporels) dans leurs réponses hydro-morpho-sédimentaires. Ce sont par conséquent des milieux privilégiés pour déterminer le poids de l'anthropisation comme des fluctuations climatiques et des facteurs morphologiques locaux dans les grandes phases de détritisme au cours de l'Holocène [Orth *et al.* 2004 ; Lespez *et al.* 2005].

Si elles soulignent le synchronisme entre forçages anthropo-climatiques et crises détritiques [Séchi *et al.* 2010], les synthèses récentes tendent surtout à démontrer la variabilité spatio-temporelle des réponses environnementales qui reflètent aussi bien l'hétérogénéité de l'espace – au sens géomorphologique – et les facteurs morphologiques d'échelle plus locale (cadre morpho-structural, système de pentes, etc.) que, plus globalement, les « effets de site » liés à la proximité d'un gisement archéologique ou d'une tendance plus globale enregistrée à l'échelle régionale d'un bassin-versant [Lespez 2012 ; Gonet 2018 ; Beauchamp 2019]. En ce sens, les processus géomorphologiques holocènes constituent des éléments clés non seulement du géosystème lui-même (zones de production et de transfert sédimentaire [Wusher *et al.* 2012]), mais également des modalités d'implantation, voire des dynamiques des réseaux de peuplement. Ils contribuent et interagissent de fait avec les processus de dégradation, d'enfouissement et de transformation des vestiges et des structures archéologiques qui se produisent après l'abandon des lieux d'occupation de groupes humains, et participent de

ce fait à la formation des niveaux archéologiques comme aux facteurs de conservation des sites. Dans un contexte de faible documentation archéologique, la reconstitution de dynamiques socio-environnementales peut difficilement s'affranchir de l'étude de ces phénomènes connexes, voire d'une approche taphonomique à l'échelle du ou des paysag-es [Whitlam 1982 ; Bertran *et al.* 2017].

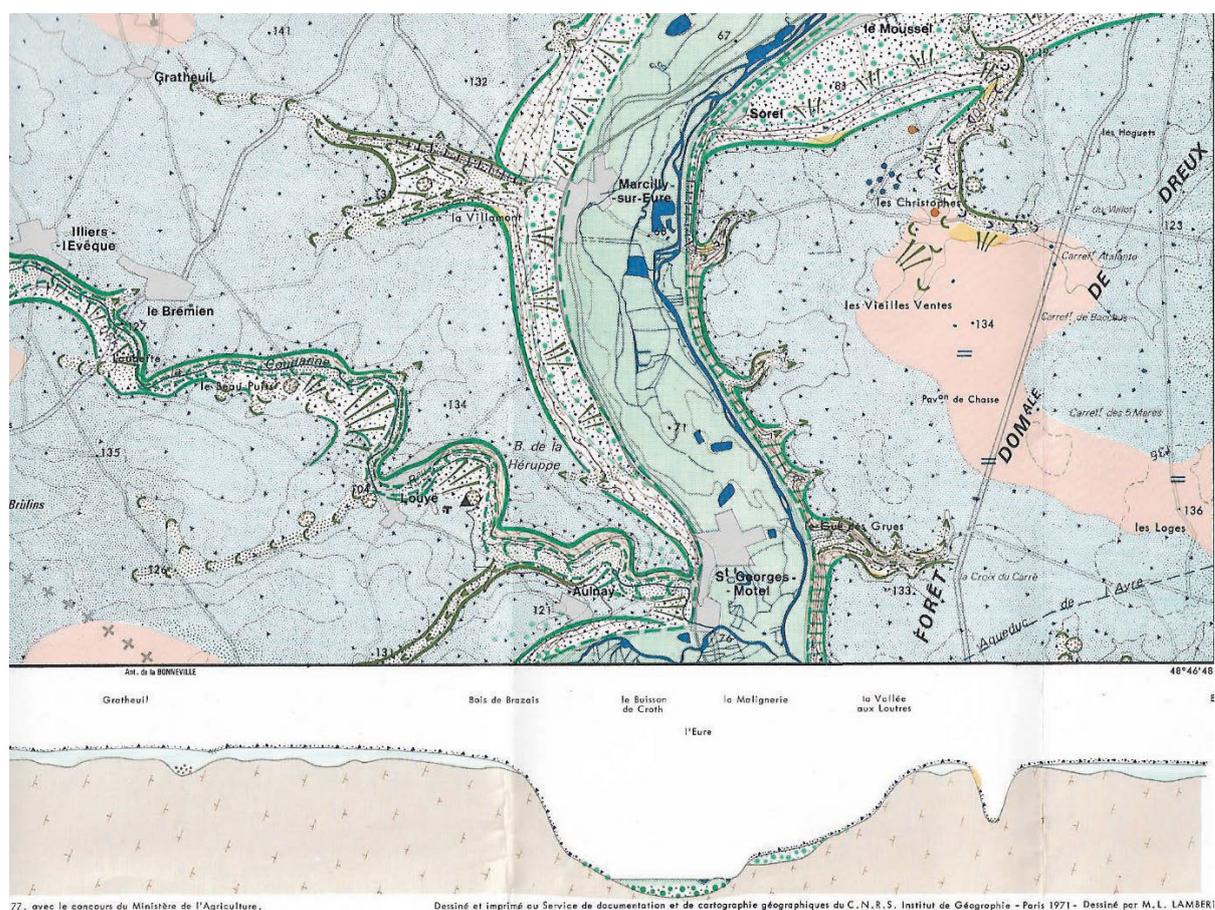
– Le bassin versant de l'Eure au sein du système séquanien : état de l'art –

Bénéficiant de l'essor de l'archéologie préventive et de la multiplication des fenêtres d'étude en contexte fluvial, les approches géoarchéologiques et paléoenvironnementales ont pu appréhender les séquences alluviales au sein du bassin versant de la Somme [Antoine 1997 ; Antoine *et al.* 2003] comme du système séquanien [Chaussé *et al.* 2008] et de ses principaux affluents [notamment Chaussé 2003 ; Orth 2003 ; Le Jeune *et al.* 2012 ; Jamet 2014] [fig. 8]. L'originalité de ces travaux pluridisciplinaires repose sur le fait qu'ils ont tenté non seulement de reconstituer l'évolution géomorphologique des vallées depuis le Tardiglaciaire, mais surtout de mettre en lumière la part respective des forçages climatiques, de l'anthropisation et des facteurs morphologiques locaux dans les métamorphoses fluviales et les crises érosives [Pastre *et al.* 1991 ; 1997 ; 2000 ; 2002 ; 2006 ; Séchi *et al.* 2010].



8 Carte de localisation des séquences sédimentaires fluviales mentionnées au fil du propos. 1. Le Havre ; 2. La Lézarde ; 3. La Commerce ; 4. Le Marais Vernier ; 5. Pont Audemer ; 6. Mailleraye sur Seine ; 7. Heurteville ; 8. Berville ; 9. Alizay Igoville ; 10. Pîtres ; 11. Porte Joie « La Couture aux Rois » ; 12. Val de Reuil ; 13. Incarville « Les Prés » ; 14. Louviers « La Villette » ; 15. Saint Pierre d'Autils « Les Plaquis » ; 16. Neauphle « Moulin de Lettrée » ; 17. Jouars Pontchartrain « La Ferme d'Ithe » ; 18. Moulin d'Ors ; 19. Dourdan ; 20. Rueil Malmaison « Le Closeaux » ; 21. Champagne sur Oise « Grand Marais » ; 22. Baron (Nonette) ; 23. Warluis « Marais de Merlemont » ; 24. Pont Sainte Maxence « Le Poirier » ; 25. Sacy le Grand « Le Marais » ; 26. Longueil Sainte Marie « Parc aux Bœufs » ; 27. Houdancourt « Les Esquillons » ; 28. Armancourt « La Grande Prée » ; 29. La Croix Saint Owen « Station d'Épuration » ; 30. Choisy au Bac ; 31. Thourotte ; 32. Beaurains lès Noyon ; 33. Le Crould ; 34. Paris « Héliport Farman » ; 35. Paris « Quai Branly » ; 36. Paris « Parking Harley » ; 37. Paris « Bercy » ; 38. Joinville le Pont ; 39. Neuilly/Marne « La Haute Île » ; 40. Champlain ; 41. Beuvronne ; 42. Annet sur Marne « La Boucle de Jablines » ; 43. Fresnes sur Marne « L'Île de Gord » ; 44. Fresnes sur Marne « Le Chemin des Noues » ; 45. Lesches « Les Prés du Refuge » ; 46. Citry « La Grande Pièce » ; 47. Sénart « Tourbière du Cornet » ; 48. Fontainebleau « Belle Croix » ; 49. Fontainebleau « Franchard » ; 50. Fontainebleau « Coulevreux » ; 51. Châtenay sur Seine « Les Bachères Nord » ; 52. Bazoches lès Bray « Le Canton » ; 53. Bazoches lès Bray « Le Thureau à l'Oseille » ; 54. Balloy « Les Défriches » ; 55. Noyen sur Seine « Le Haut des Nachères » ; 56. Villiers sur Seine « Le Gros Buisson » ; 57. La Noxe ; 58. L'Ardusson ; 59. Boulages ; 60. Lailly « Le Gros Pré » ; 61. Estissac « Le Nord des Abîmes » ; 62. Fontvanne « Les Tomelles » ; 63. Saint Pouange ; 64. Hozain ; 65. Moussey « La Ferme de la Creuse » ; 66. Verrières « Les Cœurs » ; 67. Marais de l'Abîme à Molesme ; 68. Pont de Molesme ; 69. « La Vielle Rivière » ; 70. Vix « Les Renards » ; 71. « En la Laune » ; 72. Marais de Vix ; 73. Fontaine des Abîmes ; 74. Vignely « La Corvée » (sources BD Alti 75 m & BD Carthage de l'IGN DAO T. Piau 2020)

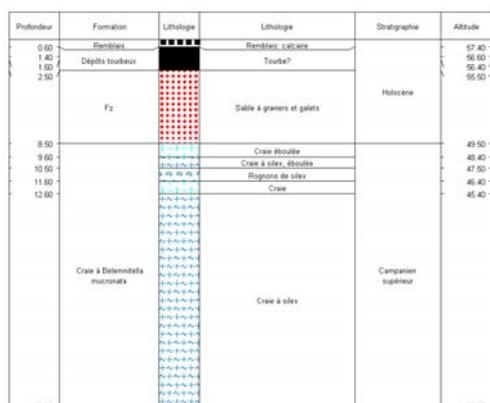
Cette approche, qui s'est longtemps polarisée sur les plaines alluviales des grands organismes fluviaux, se concentre désormais davantage, au sein du Bassin parisien, sur les hydrosystèmes secondaires, de faible énergie et à la trajectoire *a priori* peu contrastée à partir du Subatlantique – du moins à l'échelle habituelle d'observation (10 derniers millénaires) : à l'est et au nord de Paris, la Beuvronne, le Crould, le Morbras, la Nonette ; à l'ouest la Mauldre et la Guyonne. Ces derniers connaissent cependant des mutations importantes, liées à l'érosion des sols générée ou accélérée par les pratiques agro-pastorales depuis le Néolithique, et à un contrôle accru des cours d'eau par des aménagements hydrauliques aussi nombreux que variés (moulins, canaux de dérivation ou de drainage) depuis le Moyen Âge au moins. Les réponses hydro-morpho-sédimentaires montrent du même coup une importante variabilité spatiale qui paraît dépendre d'une diversité des pressions anthropiques d'un bassin-versant à l'autre et des phénomènes de biostasie [Pastre *et al.* 2003]. Le bassin-versant de l'Eure, qui s'inscrit dans une large portion occidentale du Bassin parisien, n'a fait l'objet quant à elle que d'un nombre réduit d'observations géomorphologiques, sous l'impulsion d'Yvette Dewolf à la fin du XX^e siècle, profitant des carrières d'extraction de granulats ouvertes dans le fond de vallée – pour les plus connues Bueil (27), Chaudon (28), Saint-Prest (28). La carte géologique au 1/50 000^e tirée de ces études préliminaires permet d'aborder la nature, l'âge et l'extension des formations fluviatiles. Identifiées par la lettre « F » et classées des plus anciennes aux plus récentes (Fx, Fy, Fz, etc.) selon leur altimétrie, ces données s'avèrent souvent approximatives. La carte géomorphologique au 1/50 000^e qui la complète en figurant, sur un fond topographique, les différents types de formations superficielles, les formes, les modelés et les processus à l'origine de leur genèse (dynamiques éoliennes, fluviales, périglaciaires, etc.) reste également incomplète : au plus près de la fenêtre d'étude – moyenne vallée –, les levés géomorphologiques n'ont été réalisés que dans sa partie sud-ouest (feuille XX-14, St-André-de-l'Eure [Dewolf 1974]) [fig. 9]. Tout aussi anciennes pour la plupart,



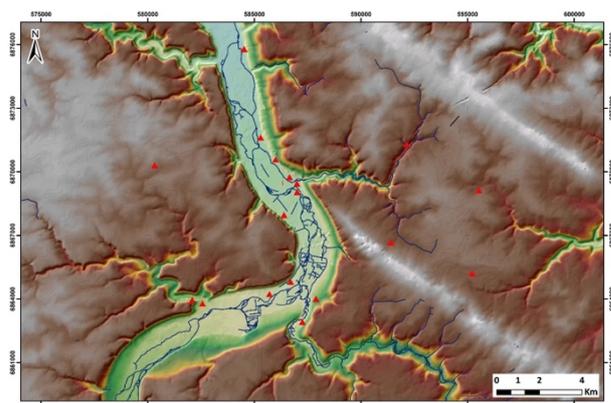
9 Extrait de la carte géomorphologique détaillée de la France au 1/50 000^e, feuille XX 14, Saint André de l'Eure [d'après Dewolf 1974]

les données tirées des sondages géotechniques du BRGM réalisés dans le cadre de prospections de gisements de granulats et de travaux privés (puits, urbanisme) ne sont pas toujours accessibles. Au sein de la fenêtre d'étude, un total de 19 sondages de la Banque Sous-Sol (BSS) consultable sur le site renseignent sur la nature, l'épaisseur et l'âge (relatif) des formations superficielles. Les attributions chronologiques et les descriptions des faciès sédimentaires holocènes sont là encore souvent imprécises [fig. 10, 11].

Plus récemment, le projet QuOrEl piloté par Quentin Borderie (SAD 28 / ArScAn) a contribué à combler ponctuellement ces lacunes en établissant un inventaire des formations limoneuses quaternaires d'origine éolienne dans le département de l'Eure-et-Loir [Borderie 2014 ; Borderie, Chamaux 2016 ; Borderie *et al.* 2017]. Enfin, un Master 2 mené en 2019 par Théophile Piau (Université de Paris, co-dir. François Bétard, Fabienne Dugast) permet aujourd'hui d'établir un premier bilan général. Il insiste pour l'essentiel ici sur le cadre morpho-structural du bassin-versant de l'Eure, sensiblement différent entre la rive gauche, où la surface des plateaux est sous-tendue par les couches sédimentaires du Secondaire, et la rive droite, où elle est principalement soulignée par les dépôts variés du Tertiaire [Bétard *et al.* 2021]. Cette configuration géologique offre des perspectives de recherche intéressantes concernant les réponses hydro-morpho-sédimentaires de l'Eure et de ses petits affluents face à l'évolution des milieux au cours de l'Holocène. Par ailleurs, non seulement les paléoformes fluviales de l'Eure apparaissent particulièrement bien préservées dans le fond de vallée, mais surtout les investigations géoarchéologiques préliminaires conduites dans une zone atelier à proximité du sanctuaire d'époque romaine de Garennes-sur-Eure (lieu-dit Bellevue) ont montré le potentiel élevé des archives pédosédimentaires pour caractériser la trajectoire socio-environnementale de l'Eure au cours de l'Holocène et mettre en lumière les variables de contrôle dans cette évolution (anthropique et climatique) [Piau 2019].



10 Log stratigraphique (forage dans les alluvions de l'Eure) au sud d'Ivry la Bataille [BSS, Infoterre, BRGM]



11 Répartition des sondages géotechniques recensés dans la BSS du BRGM au sein de la fenêtre d'étude [sources : BD Alti IGN et BD Carthage cartographie T. Piau 2019]

*** ***

Au-delà de l'intérêt que peut offrir en soi le secteur de la moyenne vallée de l'Eure, la quasi absence d'étude le concernant permet ainsi d'envisager de nouvelles approches sans présupposé, aussi bien sur le plan scientifique que méthodologique.

Partie II

Marqueurs des modalités de construction des territoires

[sous la coord. de Fabienne Dugast

La réflexion menée dans le cadre général du PCR vise à terme à qualifier le bassin versant de l'Eure, à identifier des « réseaux » locaux pour identifier des « faciès culturels », des « territoires » et leurs mouvements et, plus avant, à définir le rôle de la vallée de l'Eure dans le paysage géo-archéologique de l'ouest du Bassin parisien. Ces questions ne peuvent toutefois être abordées sans analyse contextuelle et approche « phénoménologique » pour pallier les biais et hiatus de la recherche.

Les actions menées depuis 2019 sont axées par conséquent sur l'acquisition combinée de données géomorphologiques et archéologiques pour tenter de fixer un tableau le plus complet possible de l'ensemble des phénomènes et des modalités qui ont joué conjointement pour constituer la chaîne de l'évolution d'un environnement donné.

L'approche géo-archéologique multiscalaire a eu, dans ce cadre, un double objectif :

- l'interprétation de l'environnement géomorphologique de sites archéologiques connus ;
- et pour ce faire, la reconstitution des trajectoires socio-environnementales, ie l'évaluation du poids des contraintes fluviales dans la dynamique du réseau d'occupation d'une part, celle de la part des forçages climatiques et anthropiques dans l'évolution des paysages d'autre part.

Une telle approche constitue une démarche aujourd'hui « classique » qui a fait ses preuves dans le cadre de secteurs riches en données paléo-environnementales et archéologiques. Elle a été volontairement testée dans le cadre d'un secteur moins étudié et moins fourni en documentation, constituant dès lors une approche expérimentale. Son objectif premier vise en effet à considérer **les arguments pertinents** que peuvent apporter l'archéologie et l'étude de la morphologie d'un territoire dans une stratégie conjuguée d'acquisition et de traitement des données.

Premiers résultats et éléments de réflexion

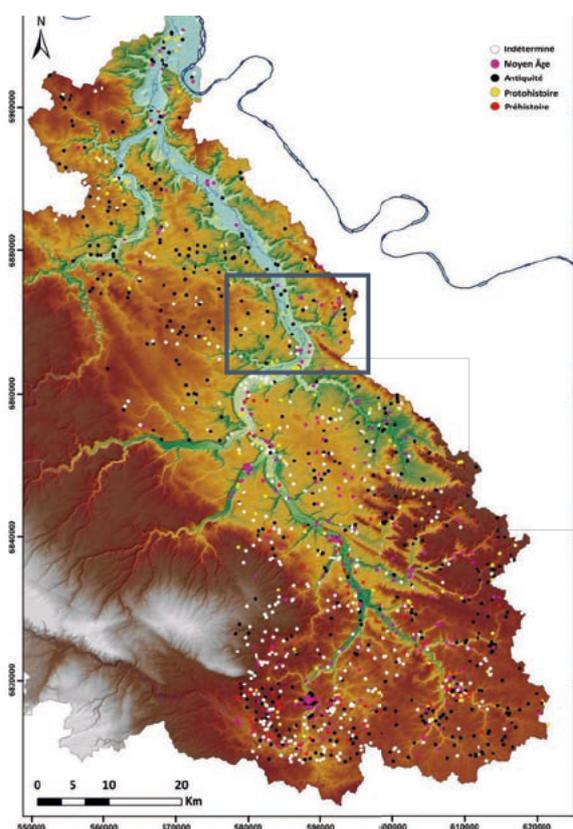
A l'échelle régionale, il s'agit de proposer une vision (et visée) globale en analysant le contexte et les processus géomorphologiques de distribution actuelle des gisements archéologiques – entendus comme lieux de concentration ou amas d'éléments d'origine anthropique non identifiés et de fait fluctuant dans le temps et l'espace, connexe de phénomènes taphonomiques, avant de pouvoir être identifiés comme un ensemble cohérent de vestiges sur un espace donné. En première analyse et sur la base des données altimétriques fournies par l'IGN (RGE 5 m et 1 m) et des sondages géotechniques de la banque du sous-sol (BSS du BRGM), deux zones se montreraient particulièrement propices à la préservation de témoins archéologiques :

1. l'une au sein de la plaine alluviale où l'Eure a entaillé les assises crayeuses en rive gauche et laissé les dépôts tertiaires intacts en rive droite ; son tracé actuel est toutefois largement artificialisé, avec des berges maçonnées qui contiennent le lit, des ballastières résultant d'exploitation de gravières et des chenaux méandriques plus ou moins actifs ;
2. l'autre zone se situe en arrière du plateau du Mantois (en rive droite) qui offre des niveaux imperméables avec des exurgences karstiques au contact entre le calcaire lutétien et les argiles/marnes et où la couverture loessique atteindrait par endroits 1 m (dans les Yvelines), à l'inverse

du plateau de Saint-André (en rive gauche), plus crayeux et renfermant des biefs à silex, qui resterait moins « lisible » en-dehors des têtes de vallon.

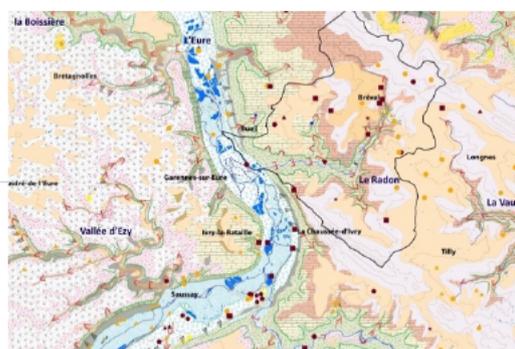
On notera que sur les versants, le calcaire se montre très affleurant et donc peu propice à la conservation d'artefacts. Par ailleurs, la nature plus ou moins perméable des couches géologiques affleurantes permet d'expliquer les différences de drainage entre la rive gauche, où le chevelu hydrographique est quasi inexistant sur les couches crayeuses, et la rive droite, où il est beaucoup plus développé du fait de la présence des niveaux imperméables du Tertiaire.

Sur fond de ce premier tableau, une première modélisation de l'occupation du sol a pu être tentée à partir des données recueillies via les inventaires locaux (bases de données des services territoriaux) et régionaux (base Patriarche) – soit près de 2 000 entrées répondant à une couverture de vestiges archéologiques, toutes périodes confondues (de la Préhistoire à nos jours), sur près de 6 600 km² [fig. 12]. Ce nombre relativement important donne une moyenne de 3 « gisements » au km² (ou au 100 ha) : la réalité a montré toutefois que les entrées sont pour la plupart ponctuelles (plus de 250 indices de voies et « dépôts » divers), pas toujours assurées (la moitié) et pour certaines synchrones du fait de leur fonction – funéraire, habitat et/ou cultuel – très probablement connexes. Globalement, sur les 2 000 entrées, seules 300 concernent véritablement des occupations de type habitat ou exploitation (agricole *a priori*) remontant plutôt aux périodes antiques, autant de type funéraire, 150 de type fortification et autant de type cultuel, pour ces deux derniers pour la plupart d'époque médiévale à moderne. Elles se concentrent par ailleurs respectivement dans la portion nord (entre Évreux et la confluence avec la Seine), la portion ouest (Yvelines) et la portion sud (actuelle « Chartres aggro ») du bassin versant, ce qui rend l'interprétation en termes de dynamique de peuplement assez aléatoire, d'autant qu'elle montre une « attirance » – naturelle sans doute en termes d'aménagement du territoire actuel – vers les pôles de concentration de l'activité humaine autour de « mégapoles » comme Chartres ou la région parisienne, ou de chantiers spécifiques (autour d'Évreux par exemple ou la confluence avec la Seine).



)] [cartographie T. Piau 2019]

13 Comparaison entre la localisation des gisements archéologiques et celle des formations superficielles quaternaires [sources : BD Alti IGN, BD Carto, BD Archéo PCR ValEuRT cartographie T. Piau :



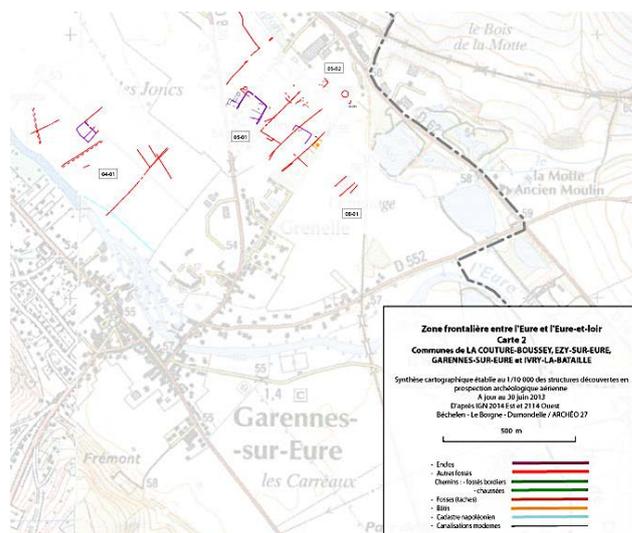
déterminé, 2. Moyen Âge, 3. Antiquité, 4. Protohistoire, 5. Néolithique, 6. Paléolithique, 7. Gisement certain (7), probable (8), douteux (9)

Différents traitements géomatiques des données ont complété cette première image, en prenant en compte les logiques topographiques, les aspects géomorphologiques, les impacts hydrographiques, voire une logique de transects associant versants et fond de vallée [Rapport 2019]. Parce qu'ils se sont heurtés à la faible documentation archéologique et géomorphologique, ces traitements ne se sont finalement pas affranchis des principes observés par ailleurs sur d'autres secteurs (Val d'Oise notamment). Il a paru nécessaire de ce fait d'envisager une approche à échelle locale : appréhender la notion de « dynamique », c'est pouvoir évaluer des périodes de transition, de rupture et de continuité d'une occupation donnée (évolution horizontale ou verticale), voire les interrelations avec d'autres types d'occupation (aménagement, exploitation...) [fig. 13].

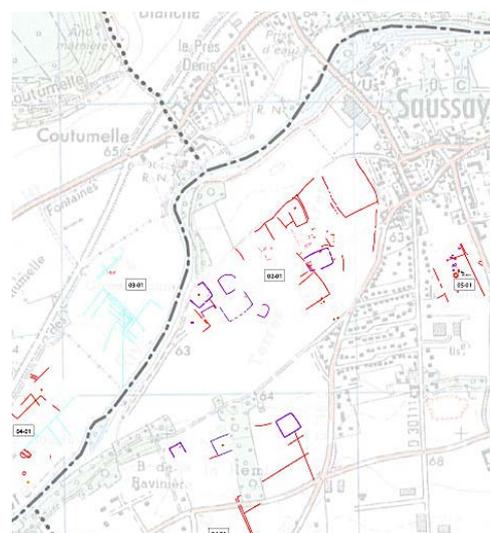
Le développement méthodologique a privilégié la plaine alluviale de l'Eure pour deux raisons. Sur le plan géomorphologique, elle constitue un environnement propice à l'accumulation de dépôts et donc à la formation de données stratigraphiques : les alluvions plus ou moins anciennes sont susceptibles d'avoir piégé des artefacts, témoins de la présence potentielle de « gisements », en place ou démantelés par migration latérale des chenaux de la rivière. Sur le plan archéologique, elle correspond *a priori* à des zones « attractives » du fait de la présence de l'eau. Elle pose parallèlement (ou consécutivement) la question du rapport à l'eau – en termes de ressource directe et indirecte, d'exploitation, d'aménagement et de transport – et de l'appréhension du risque afférent lié à l'aléa hydrologique qui dépend de plusieurs facteurs conjugués : le substrat géologique, la topographie, le « flux », mais également les aménagements anthropiques (occupation du sol, réseaux de drainage, direction des eaux pour des raisons de confort et/ou d'exploitation, etc.). La quantification de cet aléa permet habituellement en effet de réfléchir en termes de fréquence et de magnitude des crues, mais aussi de variations dans le temps, les bassins versants secondaires étant plus sensibles aux transformations et dynamiques.

Deux zones-atelier ont été sélectionnées à ce titre : l'une autour du sanctuaire antique de Garennes-sur-Eure (lieu-dit Bellevue), reconnu par prospection aérienne (Archéo27), l'autre dans les plaines de Saussay et Croth au sud d'Anet et de part et d'autre de la rivière où les contrastes phytologiques laissent voir des formes géométriques, anomalies probablement d'origine anthropique mais difficilement caractérisables du point de vue fonctionnel [fig. 14-15]. Dans le cadre strict de ces deux zones-atelier, des analyses cartographiques et historiques (notamment le site « Remonter le temps » de l'IGN) ont été conjuguées à une analyse des MNT RGE Alti 1 m – pour repérer les formations superficielles – et à de la télédétection (sur photographies aériennes et satellitaires) ainsi qu'à des « retours terrain » pour vérification aussi bien des types de formations géomorphologiques que des « indices de site » [Rapports 2019 & 2020]. La reconnaissance de l'environnement géomorphologique des gisements archéologiques sur ces deux zones a été menée en combinant prospections géophysiques (Tomographie de Résistivité Électrique) pour reconstituer la géométrie 2D du remblaiement alluvial, carottages profonds dans l'axe d'écoulement des paléochenaux pour préciser l'architecture et l'âge des unités des séquences sédimentaires, analyses sédimentologiques en laboratoire (granulométrie, paramètres texturaux et image CM) et datation radiocarbone (¹⁴C Accelerated Mass Spectrometry). L'interprétation des analyses sédimentologiques est en cours, mais il est d'ores et déjà possible de mettre en évidence trois grandes phases synchrones, en accord avec celles observées près de la confluence avec la Seine, dans la boucle du Vaudreuil notamment : Louviers « La Villette » et Incarville « Les Prés », Val-de-Reuil « Le chemin-aux-errants » et « Les Noés de Léry » [Lepert 1995 ; Leblé 2016]. Les séquences sédimentaires indiquent en effet systématiquement un abandon et un remblaiement progressif des chenaux de l'Eure à la fin du Néolithique récent et au début de l'âge du Bronze. Dans les deux zones-atelier, les chenaux de l'Eure sont en tout cas *a priori* déjà définitivement remblayés au moment de l'implantation des indices d'occupation humaine repérés en prospection aérienne. On notera en outre le choix d'une implantation sur une montille sablo-graveleuse qui pourrait s'expliquer par des inondations périodiques de la plaine d'inondation de l'Eure à la faveur d'un haut niveau phréatique, comparable à celui observé en mai 2016 et mars 2020 [Partie III].

Sur le plan strictement archéologique, cette approche s'est heurtée à plusieurs difficultés. Outre les transformations d'époque médiévale ou postérieures – exploitations de gravières transformées en ballastières (Breuilpont/Merey, Bueil, Garennes) à l'époque moderne, occupation actuelle (lotissements, industries) – qui



14 Garennes sur Eure (lieu dit Bellevue) : extrait de la carte d'interprétation de prospections aériennes menées entre 2009 et 2011 [© Archéo27]



15 Saussay (lieu dit Les Terres noires) : extrait de la carte d'interprétation de prospections aériennes [© Archéo27]

isolent de façon courante les gisements, rendant l'exercice de contextualisation difficile comme leur mise en réseau, même localement, l'agriculture intensive rend en effet les opérations de terrain et leur programmation particulièrement délicates, du fait notamment de la rotation très serrée des cultures qui contraint la mise à disposition des terrains. Par ailleurs, l'étude de « visibilité » par prospection au sol traditionnelle offre rarement des résultats manifestes. Mode opératoire déterminant dans les approches territoriales méridionales en raison de la topographie, de la nature des sols et du type d'exploitation passée et actuelle [Raynaud 1996 ; Garcia, Schneider 1998 ; Buffat 2011], la prospection archéologique au sol montre parfois ses limites, notamment en termes d'identification des sites [Gandini 2008 : 19-20 ; *passim*]. Sans doute en montre-t-elle d'autant plus lorsqu'il s'agit de « petits établissements », aux aménagements modestes, voire fugaces, ou encore d'architecture de terre si monumentale soit-elle. Le mobilier – céramique notamment, qui résiste bien à l'enfouissement – permettrait *a priori* de pallier ces carences : lorsqu'il remonte à la surface toutefois, il se montre très érodé jusqu'à passer inaperçu. Cet état de fait nous a amené à reconsidérer le degré de pertinence des témoins attendus compte tenu à la fois du type de sol, très argileux, souvent mêlé naturellement de silex, et de la modernisation des techniques agricoles (depuis ces 30 dernières années) – des labours moins profonds et successifs, sans véritable pause, à l'utilisation d'intrants chimiques [Sebillotte 1990] –, qui entraînent une importante usure mécanique du mobilier jusqu'à interpréter ce dernier comme relevant de l'amendement des terres. Ces dispositions contraignantes ont amené à considérer, dans l'étude du mobilier de surface, l'intégralité des témoins, de la concentration de tuiles et de matériaux de construction jusqu'aux signes les plus « discrets », quand bien même elles réduisent très sensiblement les éléments de datation des occupations, aussi bien sur le plan quantitatif que qualitatif [Rapport 2019 : 26]. A tout le moins, il apparaît clairement que la présence, dans les lots, d'une petite figurine de terre cuite – près du hameau de Grez [fig. 16] – ou encore celle de quelques perles et scories de verre – près du hameau de Chanu [fig. 17-18] – ne relèvent pas de simples éléments de fumure, ces dernières pouvant se rattacher à un habitat en lien avec la nécropole mérovingienne reconnue depuis les années 1960 sur la Côte de Chanu au Pelleret (Bueil) [Cormier *et al.* 2017]. Dans la plaine, seul un diagnostic archéologique mené en 2011 à quelques centaines de mètres au nord-ouest du sanctuaire de Garennes (lieu-dit Bellevue), à l'emplacement d'un futur lotissement sur une emprise de 51 800 m², a permis de repérer quelques tessons de poterie à pâte noire (au nombre de 91 pour 3 NMI), éparpillés sur quelques m² au sein d'une même tranchée (n°3 en bordure nord de l'emprise), sans aucune structure archéologique [Henaff (dir.) 2011]. De facture fine pour l'un – à pâte lissée –, commune pour les deux autres, ce type de poterie apparaît peu documenté [Mare *et al.* 2019], mais permet de dater l'ensemble de ce mobilier de l'âge du Bronze



16 Figurine de terre cuite (parcelles du Vauvarié, hameau de Grez, Villiers en Désœuvre)
[© F. Dugast 2019]



17 Scorie et déchet de verre (parcelle de la Justice, Villiers en Désœuvre)
[© F. Dugast 2019]



18 Perles de verre (parcelle de la Justice, Villiers en Désœuvre)
[© F. Dugast 2019]

final. L'environnement général à lui seul pourrait expliquer la permanence de l'occupation dans la plaine alluviale depuis le Néolithique et le maintien du sanctuaire antique pendant plus de 200 ans (fin^{er}-début^e siècle) : rien ne permet toutefois de relier véritablement ce dernier à un type d'occupation – exploitation ou agglomération. Rien ne permet non plus d'expliquer son abandon au^e-v^e siècle, moins encore les mutations, ruptures réelles ou simples transitions dans les aménagements qui se succèdent et dont témoignent les éléments qui organisent par résilience le paysage actuel [Rapport 2019].

Nonobstant ce constat – et malgré les conditions climatiques peu propices (terrains en culture et gorgés d'eau) – une prospection au sol à vue a été menée également en 2021 au sein de la zone-atelier 2, sur les communes de Saussay au lieu-dit « Les Terres Noires » et de Croth au lieu-dit « La Grosse Épine ». La présence de nombreux fragments de tuiles essentiellement d'époque médiévale confirmerait *a priori* les indices repérés en prospection aérienne. Le mobilier recueilli (une trentaine de tessons) se montre en outre très varié, répondant à différentes périodes et en relative bonne conservation [fig. 19-20]. Une prospection systématique gagnerait à être conduite sur l'année 2022, si les conditions climatiques notamment le permettent.



19 Échantillon du mobilier archéologique ramassé sur les parcelles des Terres Noires (commune de Saussay) [© F. Dugast 2021]



20 Échantillon du mobilier archéologique ramassé sur les parcelles de la Grosse Épine (commune de Croth)
[© F. Dugast 2021]

– Déploiement de techniques aéroportées par drone –

Malgré cette constante solution de continuité, l'évolution de l'occupation du sol entre le Néolithique et le Moyen Âge apparaît de façon manifeste, même si elle a pu être modulée dans l'espace, par la présence très souvent conjointe d'un mobilier très varié répondant aux différentes époques : la sur-représentation du mobilier médiéval (Chanu, Grez, Gilles [Rapport 2019]) se voit du reste bien souvent compensée par la télédétection qui fait ressortir des traces de bâtiments plus anciens (Guainville, Garennes *eg*).

Dans un tel cadre – et en l’absence d’opérations d’archéologie de sauvetage ou préventive –, la télédétection et la prospection aérienne – par avion ou drone – s’avèrent de fait de véritables moteurs de la collecte d’information [Ben Redjeb *et al.* 2005]. En ce sens, le très riche répertoire de l’association Archéo27 qui s’étend sur l’ensemble de la région de Normandie offre une documentation précieuse sur notre zone d’étude qui n’est aucunement prospectée côté Ile-de-France ni Centre-Val de Loire : les quelque 7 000 diapositives laissées par Régis Dodin sur l’ensemble de la région du Drouais concernent peu, voire pas du tout la pointe nord du département de l’Eure-et-Loir, au-delà de Sorel-Moussel¹. Une telle approche gagne souvent à être associée à l’analyse non seulement du RGE Alti 1 m (désormais accessible) mais également d’une couverture LiDAR par avion : concernant notre zone d’étude, la couverture est issue d’une campagne de stéréoscopie (ou photogrammétrie par satellite ou vol à haute altitude), la plus utilisée par l’IGN, et ne s’avère pas très adaptée à la prospection archéologique en raison d’une densité de points dégradée (entre 30 à 15 point/sol au m²). Utilisés afin de repérer l’extension spatiale des variations microtopographiques, et notamment les paléochenaux en plaine d’inondation, les MNT du RGE Alti 1 m se sont avérés de fait inopérant dans le cadre d’un développement prospectif en archéologie, nous amenant à déployer les techniques aéroportées sous drone.

Prospections aéroportées par drone : LiDAR, thermique, magnétique

[Isabelle Le Tellier]

En 2019 déjà, un relevé photogrammétrique avait été effectué sur les deux sanctuaires de Garennes (Bellevue) et de Guainville (Fosses du Breuil) et un premier levé LiDAR sur celui de Garennes [Rapport 2019 : 71-84]. L’analyse des images a permis en particulier de mettre en évidence un certain nombre de variations microtopographiques dans la plaine alluviale de Bellevue, avec plus de précision que la RGE Alti 1 m de l’IGN. Elle a révélé également différentes levées de terre, très rectilignes, perpendiculaires au Radon et parallèles à la voie communale pour les unes – à rapprocher des crêtes de labour du parcellaire du ^x^x^e siècle –, et en arrière du temple sous la forme d’un petit monticule de 0,50 m de haut. Elle montre également l’ancienneté des aménagements hydrauliques à l’origine des tracés en baïonnette du Radon dans sa zone de confluence avec l’Eure. Cette première acquisition a paru prometteuse, même si elle n’a pas donné d’avantage d’éléments concernant le *fanum* détecté par photographie aérienne ni son environnement direct. L’expérience a par conséquent été développée sur les autres secteurs d’étude et zones-atelier auquel a été ajouté le secteur de la motte féodale de Breuilpont, à titre d’espace test par la lisibilité de ses formes :

- Brueilpont (27730) : **22 ha**
- Garennes-sur-Eure, « Bellevue » (27780) : **48 ha**
- Guainville, « Fosses du Breuil » (28260) : **103 ha**
- Croth, « La Grosse Épine » (27530) / Saussay, « Les Terres Noires » (28260) : **107 ha**

En complément du LiDAR, deux autres techniques ont été retenues pour être testées dans le cadre des campagnes de géophysique aéroportée par drone : l’Infra-Rouge et le magnétisme terrestre :

- beaucoup utilisé sous couvert boisé, le LiDAR l’est moins en plein champ. Il permet essentiellement d’avoir une **couverture microtopographique** complète des zones d’étude. En plus de fournir un plan topographique précis, à jour, servant de document support à tous les autres types de prospection, l’interprétation de la microtopographie révèle classiquement des traces archéologiques, même lorsque celles-ci ne sont pas visibles à l’œil, au sol ;

¹ fo a o s p ses o s de os o b eux éc a ges ava so décès e 2015 Ses c c és so ou efo se p ase de c asse e pa es e b es de a SHADT d ffc e âc equa do sa que Régis Dod e éfé e ça ja a s ses c c és

- la cartographie thermique, par mesure du rayonnement Infra-Rouge du sol, peut révéler des structures faiblement enfouies constituées de matériaux dotés d'une conductivité thermique différente de leur encaissant. Cette technique a montré de bons résultats dans certaines conditions pour des murets ou du bâti ancien qui n'apparaissent pas en microtopographie [Calastrenc *et al.* 2020];
- la technique de la mesure magnétique a été largement éprouvée lors de prospections au sol, pour localiser des structures faiblement enfouies, de conductivité contrastée avec leur encaissant. Depuis les années 2020, des expériences appliquées à l'archéologie sont lancées en aéroporté [Schmidt 2020].

Les campagnes ont été programmées pour servir de test avant mise en œuvre à plus grande échelle. L'approche s'intéresse tout autant à la méthodologie de terrain – étude des contraintes afférentes à chaque type de capteur – qu'au post-traitement des données et leur interprétation.

– Réalisations 2021 – Levés LiDAR

Les quatre sites ont fait l'objet d'une cartographie LiDAR (complétée pour le site de Garennes) au cours de l'année 2021. Le tableau des métadonnées ci-dessous résume les caractéristiques de chaque prospection effectuée (date, équipement, mise en œuvre, conditions climatiques...).

	Brue pont (27530)	Garennes 1 (27780)	Garennes 2 (27780)	Gua nv e (28260)	Croth/Saussay (27530 / 28260)
Jour capture	07/04/2021	26/02/2021	07/04/2021	03/03/2021	19/02/2021
Météo jour capture	temps c a r	cumu us	c a r	cumu us, vent	c a r, vent
Heure capture	PM	AM	AM	AM	AM
Surface cartographiée	22 ha	27 ha	21 ha	103 ha	107 ha
Logiciel program. vol	UgCS (su v terra n)	UgCS (su v terra n)	UgCS (su v terra n)	UgCS (su v terra n)	UgCS (su v terra n)
Nombre de vols	1	1	1	4	4
Hauteur AGL	50 m	50 m	50 m	50 m	50 m
Espacement lignes vol	50 m	50 m	50 m	50 m	50 m
Orientation lignes vol	70°	60°	152°	65° 75°	130° 110°
Vitesse vol	10 m/s	10 m/s	10 m/s	10 m/s	10 m/s
Capteur LiDAR	YS MAPPER	YS MAPPER	YS MAPPER	YS MAPPER	YS MAPPER
Antenne RTK	Spectra 6o	Spectra 6o	Spectra 6o	Spectra 6o	Spectra 6o
Coord. Centre Phase (géo)	1 43363719 48 95824799	1 452549858333 48 912793475833	1 44531547 48 91888679	1 4739602 48 938792141667	1 43363719 48 958247799
Z centre phase (ellipsoïdal)	121 0757 m	100 936	99 7607 (1,52 m)	173 7293	121 0757
EPSG livrables	2154	2154	2154	2154	2154
Nombre points total	227,537,155	89,382,478	123,747,629	341,198,123	331,161,507
Nombre points après filtrage sol	67,152,380	87,213,866	115,783,436	338,269,374	75,323,449
Densité nuage points sol	332 pt/m2	411 pt/m2	623 pt/m2	387 pt/m2	405 pt/m2

Rappelons que les rayons lumineux émis par le capteur LiDAR sont réfléchis ou déviés par les différents obstacles rencontrés (végétation puis sol) et sont enregistrés en retour par le capteur en X, Y et Z. Une chaîne de logiciel permet de calculer le nuage de points et de le référencer grâce aux enregistrements de la balise GNSS installée sur chaque site – pendant les vols *a minima* et 2 à 3H en post-traitement pour obtenir sa position centimétrique via le fichier RINEX.



21 Équipement utilisé pour les levés LiDAR aéroporté sous drone [© air'd'éco drone]

La précision des mesures (capteur LiDAR) est de 2 cm et la justesse de 3 cm (Mapper). Le géoréférencement des points est centimétrique. Les nuages de points ont été classifiés (sol – hors-sol – bruit). Les nuages de points sol ont permis de calculer des Modèles numériques de terrain (MNT) à la précision de 10 cm.

Les visualisations (*infra*) sont obtenues respectivement avec Cloud Compare (nuage de points, colorisés selon l'altitude, filtre EDL) ; avec Global Mapper (nuages de points et MNT colorisés selon l'altitude) et QGIS (MNT ombrés). Un facteur d'exagération des altitudes a été utilisé sur les MNT afin de mieux faire ressortir la microtopographie : il est noté « Fz » dans les légendes des figures concernées.

• Brueilpont, Motte féodale (27530)

Dressée sur le plateau, en rive gauche de la vallée Robinson et entamée dans sa portion nord-ouest par le village actuel, la motte féodale de Brueilpont, actuellement sous couvert forestier, est particulièrement lisible sur le terrain comme sur le RGE Alti 1 m de l'IGN, seule couverture précise disponible sur la zone d'étude [fig. 22]. Un levé à l'aide d'un capteur LiDAR monté sous drone a permis d'effectuer un comparatif entre les deux sources de données et de tester la pertinence du recours à la technique aéroportée par drone.

La prospection a été effectuée le 7 avril 2021. Un vol a été nécessaire afin de couvrir la zone de 22 ha. La vitesse de vol a été réglée à 10 m/s et les lignes de vol avaient un écartement de 50 m correspondant à un recouvrement de l'ordre de 50 % entre elles [fig. 23].

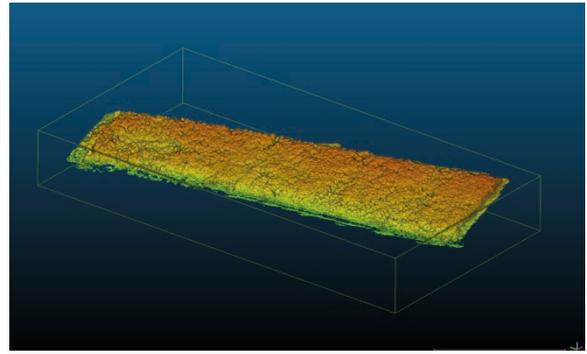
Le vol a enregistré un total de 227 537 155 points et est représenté en vue oblique pour se rendre compte du couvert boisé [fig. 24] et en plan [fig. 25], soit une densité moyenne de 332 points/m² au sol. Un MNT en a été extrait par classification de l'ensemble des points, traité ensuite – en colorimétrie suivant l'altitude (Z) [fig. 26] avec un angle d'éclairage NW. Une plus grande précision du rendu est testée par une exagération des altitudes x 20 [fig. 27], qui donne également une coupe dans la longueur du terrain.



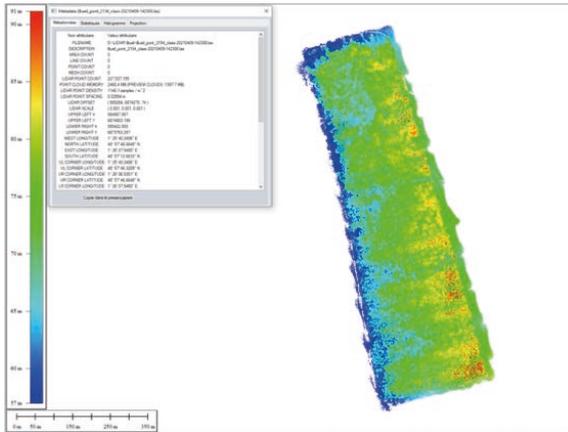
22 La Motte féodale de Brueilpont, vue du sud ouest en contrebas du fossé périmétral [© F.Dugast 2020] et éléments planimétriques restitués à l'aide du RGE Alti 1 m de l'IGN (à droite) [réalisation T. Piau 2021]



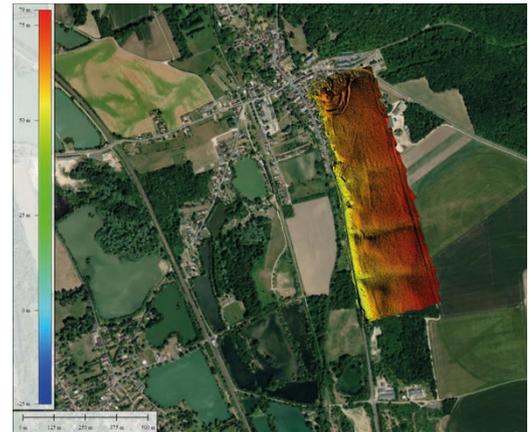
23 Breuilpont, levé LiDAR : trajectoires de vol [© aird'éco drone]



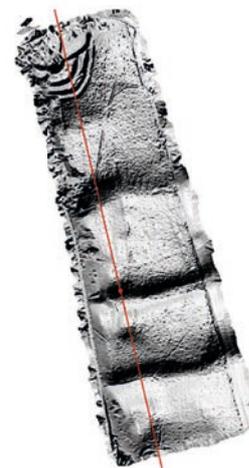
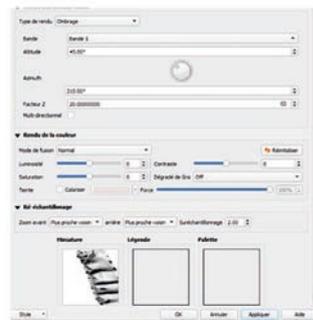
24 Breuilpont, levé LiDAR : nuage de points colorisé en z, vue oblique [© aird'éco drone]



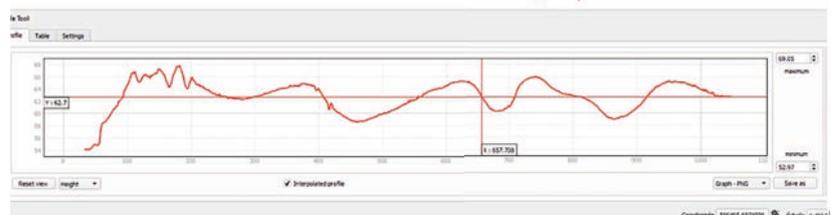
25 Breuilpont, levé LiDAR : nuage de points colorisé [© aird'éco drone]



26 Breuilpont, levé LiDAR : MNT colorisé selon z, Fz=1 [© aird'éco drone]



27 Breuilpont, levé LiDAR : coupe dans MNT ombré NW, Fz=20 [© aird'éco drone]



Le levé permet aisément, sans post-traitement particulier, de préciser les éléments planimétriques et de reconstituer deux remblais de terre circulaires, le plus grand sur près de 100 m de rayon ainsi que deux fossés successifs entourant une plateforme centrale d'environ 40 m de diamètre sur laquelle devait se dresser le fortin.

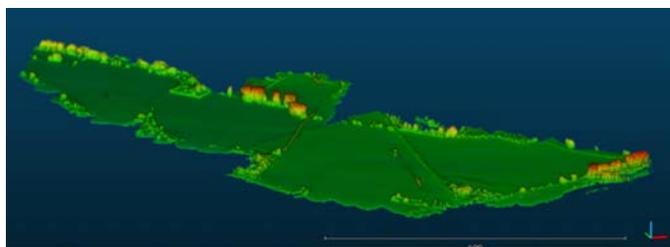
• **Garennnes-sur-Eure « Bellevue » (27780)**

La prospection menée sur le site de Bellevue, commune de Garennnes-sur-Eure, avait pour objectif de compléter le levé réalisé en 2019 sur la parcelle où se situe le sanctuaire gallo-romain détecté en prospection aérienne (Archéo27) en étendant la zone pour tenter d'en saisir le contexte environnemental. Elle a été effectuée en deux temps : le 26 février 2021 et le 7 avril 2021, représentant deux vols afin de couvrir la zone de 48 ha, venant compléter la prospection réalisée en 2019. La vitesse de vol a été réglée à 10 m/s et les lignes de vol avec un écartement de 50 m correspondant à un recouvrement de l'ordre de 50 % entre elles [fig. 28].

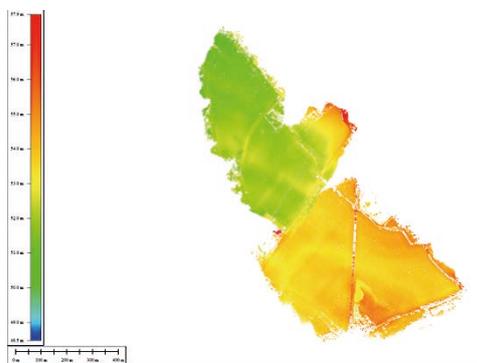
Les vols ont enregistré un total de 213 030 107 points avec une densité moyenne de 522 points/m². Un MNT en a été extrait par classification de l'ensemble des points (nuage de points sol [fig. 29]), traité ensuite – en colorimétrie suivant l'altitude (Z) [fig. 30] puis ombré avec un angle d'éclairage NW [fig. 31]. Compte tenu du faible rendu en termes de microtopographie, les altitudes ont été multipliées par 30 pour faire ressortir les éventuels microreliefs [fig. 32].



28 Garennnes sur Eure, « Bellevue », levé LiDAR : trajectoire des vols [© aird'éco drone]



29 Garennnes sur Eure, « Bellevue », levé LiDAR : nuage de points complet, vue inclinée [© aird'éco drone]

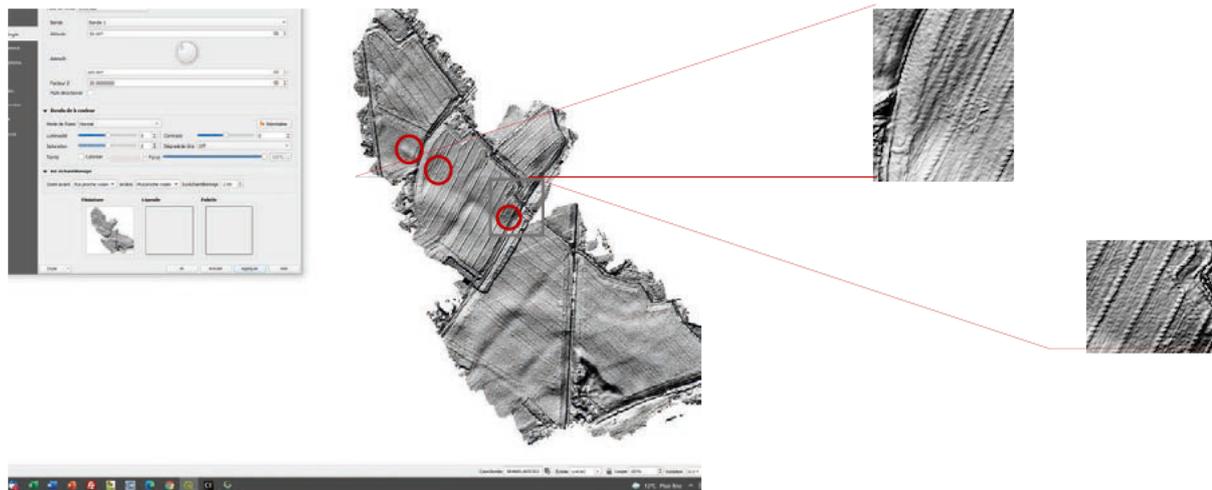


30 Garennnes sur Eure, « Bellevue », levé LiDAR : nuage de points sol [© aird'éco drone]



31 Garennnes sur Eure, « Bellevue », levé LiDAR : MNT sur fond Bing Aerial, Fz=1 [© aird'éco drone]

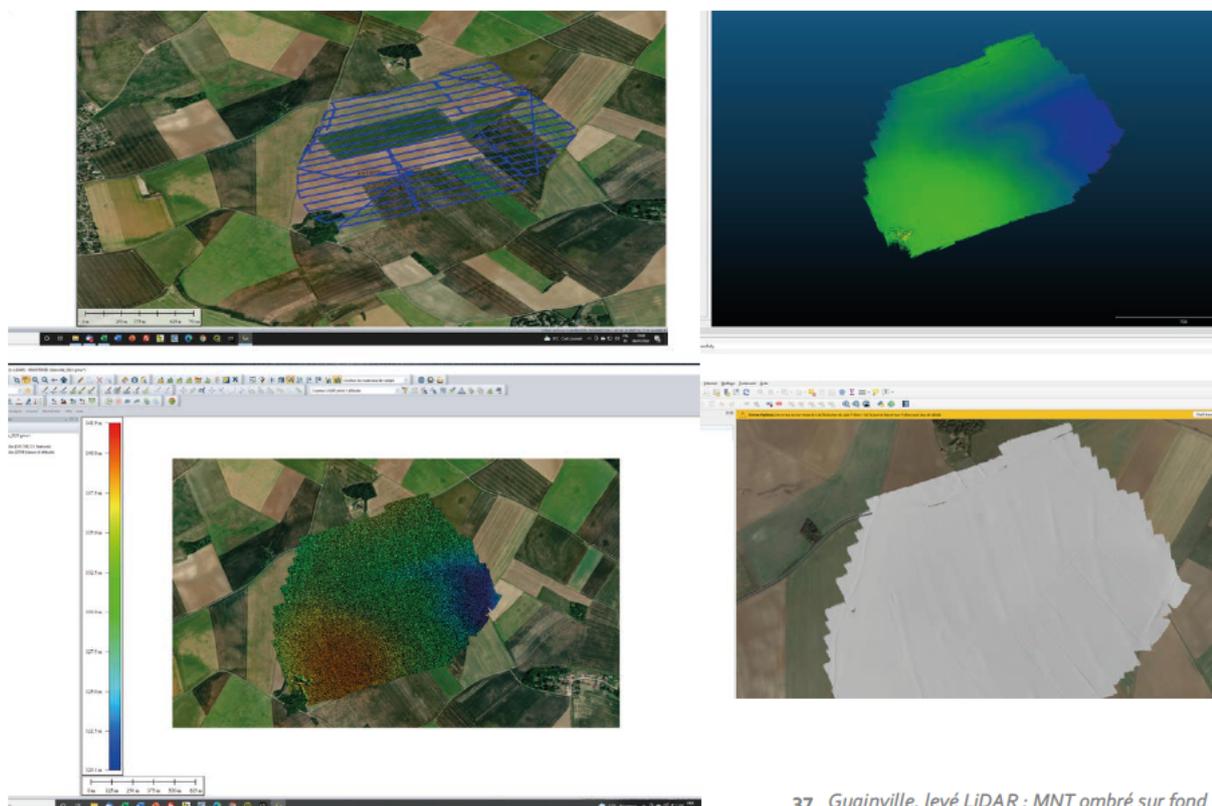
L'amplification des altitudes met parfaitement bien en évidence les paléochenaux ainsi que les formes agraires – rapportées au parcellaire du cadastre napoléonien –, lisibles sur le RGE Alti 1 m de l'IGN et le nuage de points sol du levé LiDAR [Rapport 2019 : 74-80]. Peu d'anomalies microtopographiques ressortent en revanche, brouillées très certainement par le dessin très marqué des sillons agraires relatifs au travail actuel des parcelles. Deux ensembles ressortent toutefois : l'un au nord-ouest de la zone couverte, qui dessine une forme hexagonale diffuse, l'autre à l'emplacement du *fanum* et sur la parcelle nord, exactement sur le monticule repéré par courbes de niveaux [fig. 33]. La question reste de la fiabilité autant que de l'interprétation de ces potentielles anomalies. D'autres traitements restent nécessaires : à défaut de pouvoir accéder au terrain en effet – les propriétaires craignant par notre présence de favoriser des intrusions non souhaitables –, aucune vérification n'est envisageable, ni en prospection pédestre ni en prospection géophysique au sol.



- **Guainville « Les Fosses du Breuil » (28260)**

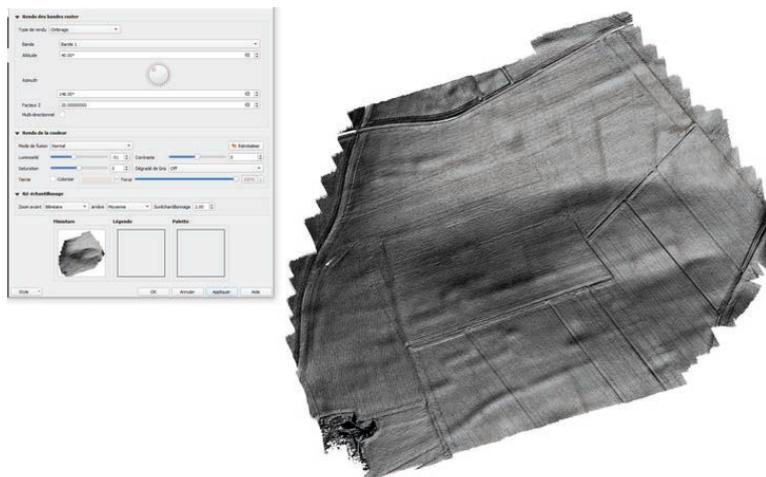
La prospection a été effectuée le 3 mars 2021. Quatre vols ont été nécessaires afin de couvrir la zone de 103 ha. La vitesse a été réglée à 10 m/s et les lignes de vol avec un écartement de 50 m correspondant à un recouvrement de l'ordre de 50 % entre elles [fig. 34].

Les vols ont enregistré un total de 331 161 507 points [fig. 35] et un MNT en a été extrait par classification de l'ensemble des points, traité ensuite en colorimétrie suivant l'altitude (Z) [fig. 36], puis en niveaux de gris [fig. 37].

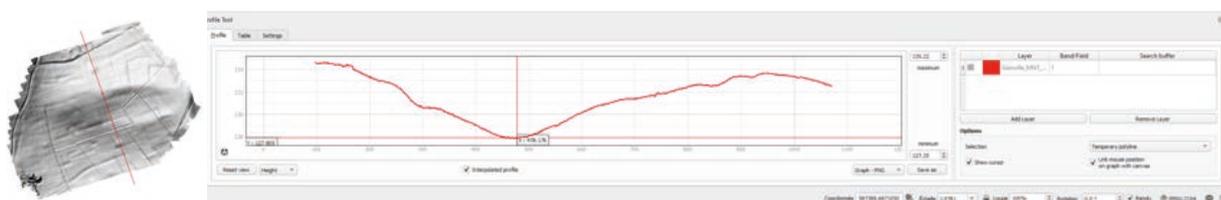


37 Guainville, levé LiDAR : MNT ombré sur fond C (QGIS) Fz=1 [© air'd'éco t

Compte tenu du faible rendu en termes de microtopographie, un traitement particulier a été tenté avec une exagération de l'altitude x 20 de manière à faire ressortir davantage les microreliefs [fig. 38]. Une coupe de ce dernier MNT rend compte de la polarité de la topographie [fig. 39].



38 Guainville, levé LiDAR : MNT ombré NW, FZ=20 [© aird'éco drone]

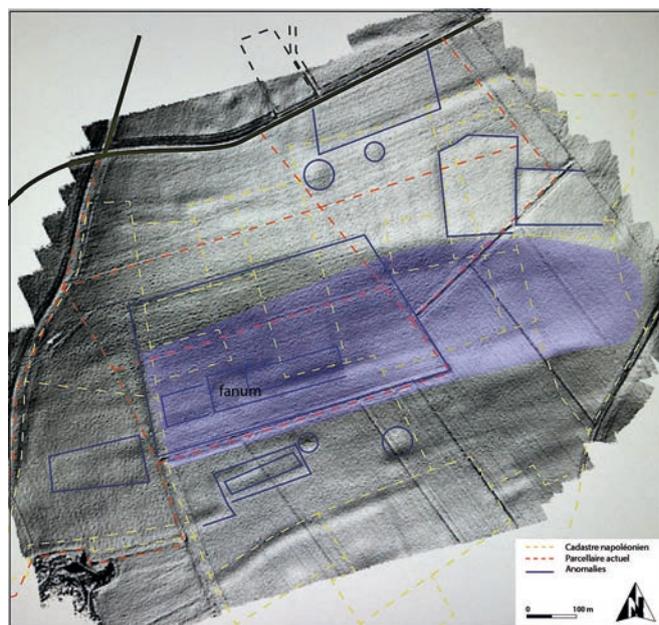


39 Guainville, levé LiDAR : profil NNW SSE dans le MNT ombré [© aird'éco drone]

La microtopographie met en évidence essentiellement les crêtes de labour correspondant au parcellaire du x^e siècle et de l'actuel [fig. 37]. L'exagération des altitudes offre plus de précision et permet de faire ressortir de faibles anomalies topographiques qu'il est possible de rapprocher notamment de la position du *fanum* dans la portion sud-ouest (sans pouvoir reconnaître sa forme en revanche) et qui semble se dupliquer un peu plus au sud. Au nord-est, la trace de buttes légèrement déviées par rapport aux autres peut interroger quant à leur rapprochement avec les indices d'un bâtiment sur poteau repéré en télédétection [fig. 40]. Enfin, se lit très nettement une forme oblongue en relief d'orientation EW sur laquelle le sanctuaire semble se loger [fig. 41].



40 Guainville, « Fosses du Breuil » : éléments repérés en télédétection à partir de Google Earth et des prospections aériennes menées par Archéo27.



41 Guainville, levé LiDAR : interprétation des anomalies microtopographiques après superposition du cadastre napoléonien et des limites de parcelles actuelles [DAO F. Dugast 2021]

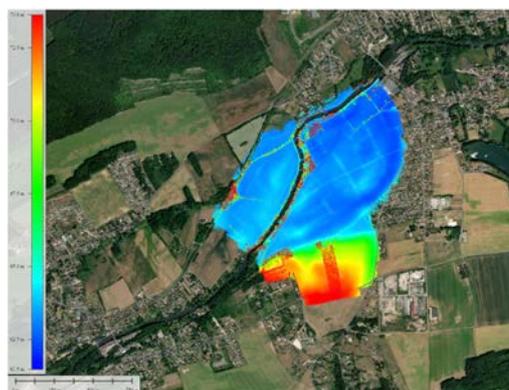
• Saussay « Les Terres noires » (28260) / Croth « La Grosse Épine » (27530)

La prospection a été effectuée le 19 février 2021. Quatre vols ont été nécessaires afin de couvrir la zone de 107 ha. La vitesse de vol a été réglée à 10 m/s et les lignes de vol avec un écartement de 50 m correspondant à un recouvrement de l'ordre de 50 % entre elles [fig. 42]

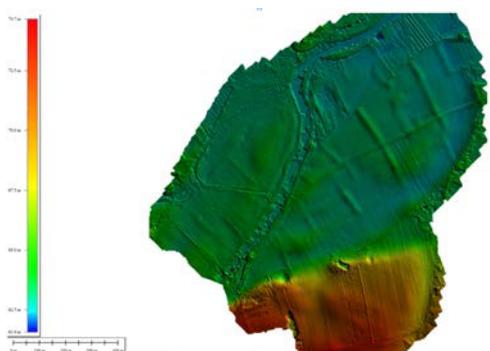
Les vols ont enregistré un total de 331 161 507 points [fig. 43], soit une densité moyenne de points de 380 points/m². Un MNT en a été extrait par classification de l'ensemble des points, traité ensuite – en colorimétrie [fig. 44] suivant l'altitude (Z). Une carte des courbes de niveau à équidistance de 40 cm a également été tiré pour mesurer les différences d'altitude [fig. 45]. Le MNT est présenté en ombrage W [fig. 46].



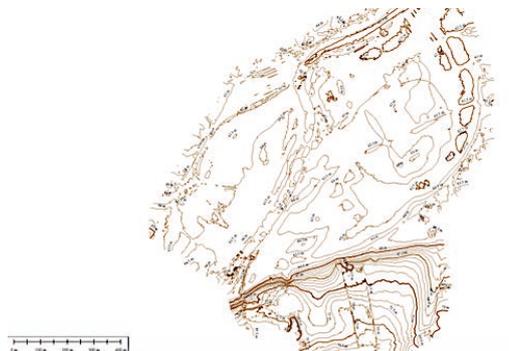
42 Plaines de Saussay « Les Terre noires » et Croth « La grande Épine », levé LiDAR : trajectoires de vol [© aird'éco drone]



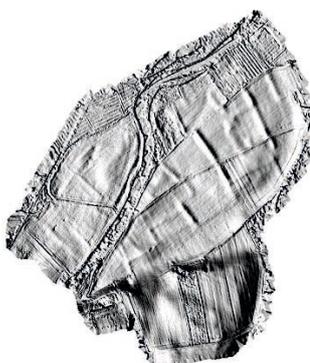
43 Plaines de Saussay « Les Terre noires » et Croth « La grande Épine », levé LiDAR : nuage de points sur fond Bing Aerial [© aird'éco drone]



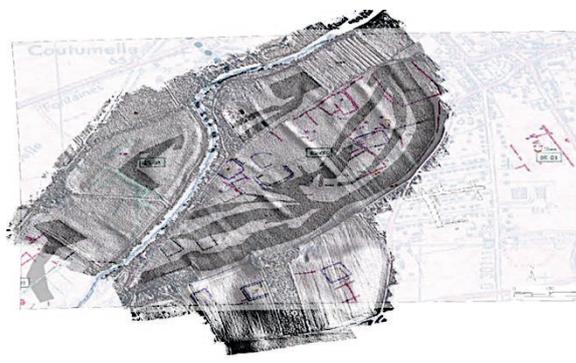
44 Plaines de Saussay « Les Terre noires » et Croth « La grande Épine », levé LiDAR : MNT colorisé, Fz=1 [© aird'éco drone]



45 Plaines de Saussay « Les Terre noires » et Croth « La grande Épine », levé LiDAR : courbes de niveau écart de 40 cm [© aird'éco drone]



46 Plaines de Saussay « Les Terre noires » et Croth « La grande Épine », levé LiDAR : MNT ombré WS, Fz=20 [© aird'éco drone]



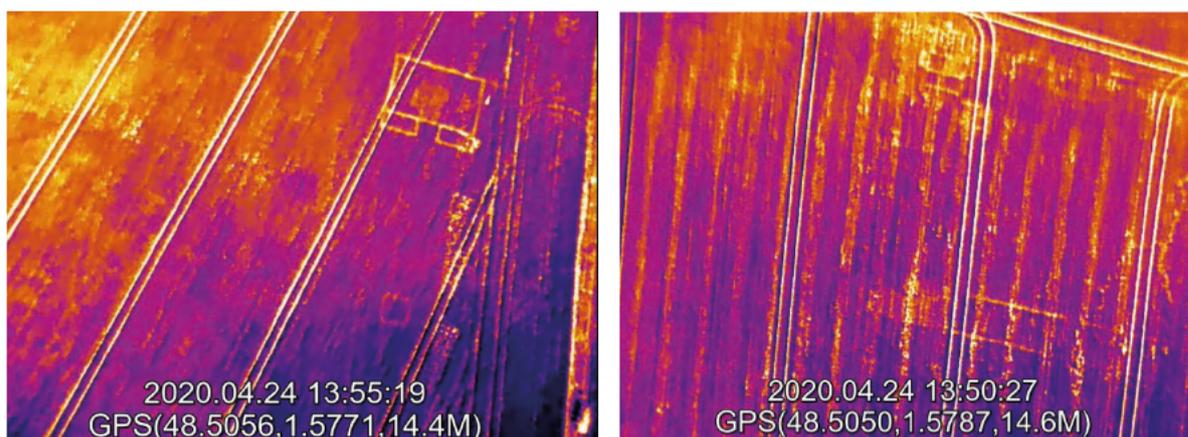
47 Plaines de Saussay « Les Terre noires » et Croth « La grande Épine », levé LiDAR : superposition de la carte d'interprétation d'Archéo27 [© aird'éco drone]

– Thermique (IR) –

Compte tenu de la difficulté du terrain, qui fait ressortir essentiellement les formes agraires témoins des parcellaires et les paléochenaux (en plaine), d'autres types de capteurs géophysiques pouvant être embarqués sous drone ont été testés avec pour objectif de couvrir de grandes superficies et, soit de préciser la nature des quelques anomalies apparaissant sur les relevés LiDAR, soit de détecter de nouvelles anomalies qui ne ressortent pas en LiDAR et correspondant à des indices de structures archéologiques en subsurface.

La plus classique de ces techniques est la thermographie du sol. Elle est essentiellement utilisée en agriculture : les caméras peuvent en effet détecter les variations thermiques des céréales dans un champ. Les plants dont les racines buttent sur des fondations souffrent également de stress hydrique et ont tendance à chauffer plus que les autres. Les structures faiblement enfouies dans le sol présentent en effet une plus grande inertie thermique que les sédiments alentour et tendront à se réchauffer moins vite quand la température augmente et inversement. Depuis les années 1970, la mesure du rayonnement infrarouge du sol a été de fait employée pour détecter des vestiges en subsurface avec quelques résultats [Tabbagh 1977 & 1983 ; Lunden 1985 ; Bellerby et al. 1990]. L'amélioration de la technologie des capteurs thermiques et leur miniaturisation permettent de les embarquer sous drone et de systématiser des mesures beaucoup plus fines [Calastrenc et al. 2020].

Des essais effectués en 2020 sur des vestiges archéologiques connus en contexte de plateau ont permis un premier « étalonnage » – au printemps, sur des zones couvertes en blé de 0,50 m de haut, un sol très sec visible entre les jeunes plans, ayant reçu un fort ensoleillement de la journée (caméra Flir Pro/Phantom) [fig. 48].



48 Exemples d'artéfacts thermiques liés à des structures archéologiques [© aird'éco drone]

• Équipement

Afin d'optimiser les conditions techniques de ces mesures, plusieurs caméras ont été testées sous différents drones (en fonction de leur poids) sur le site de Saussay, au lieu-dit Les Terres Noires, afin de retenir la technologie la plus appropriée au projet [fig. 49].



Caméra FLIR simple sous un Phantom 4 V2



Caméra FLIR DUO (mesure IR et RGB simultanée) sous un Matrice 210 et 300



Mavic Enterprise avec caméra IR et RGB en simultanée

49 Ensembles drone capteur testés [2021]

Le Mavic Enterprise et ses capteurs ont été retenus pour la suite des mesures pour sa simplicité de mise en œuvre et la qualité de ses capteurs dont les caractéristiques sont les suivantes :

*Caméra thermique DJU MAVIC
Enterprise Advanced Dual*

<ul style="list-style-type: none"> • Caméra thermique M2EA • Capteur • Capteur microbolométrique non-refroidi • Distance focale • Environ 9 mm • Équivalent 35 mm : Environ 38 mm • Résolution du capteur • 640 x 512 à 30 Hz • Plage de températures • -40 à 150 °C (haut gain) • -40 à 550 °C (faible gain) • Zoom numérique • 16x 	<ul style="list-style-type: none"> • Caméra thermique M2EA • Pas de pixel • 12 µm • Bande spectrale • 8-14 µm • Formats de photo • R-JPEG • Format de vidéo • MP4 • Méthode de mesure • Mesure spot, mesure de zones • FFC • Auto/Manuel
---	--

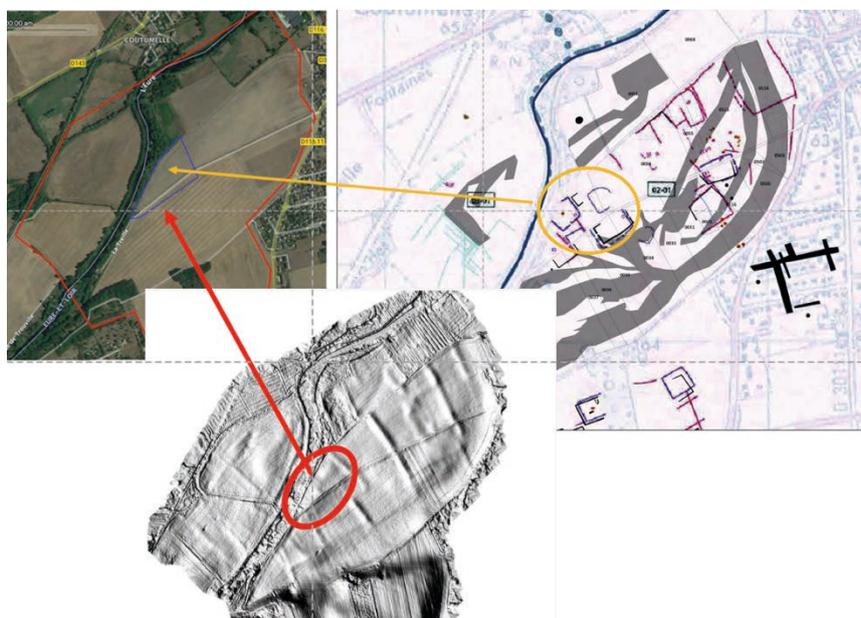
*Caméra visible DJU MAVIC
Enterprise Advanced Dual*

<ul style="list-style-type: none"> • Caméra optique M2EA • Capteur • CMOS 1/2"; Pixels effectifs : 48 M • Objectif • FOV : 94° • Format équivalent 35 mm : 24 mm • Ouverture : f/2,8 • Mise au point : de 1 m à ∞ • Gamme ISO • Vidéo : 100-12800 (auto) • Photo : 100-1600 (auto) • Zoom numérique • 32x • Taille d'image maximale • 8 000 x 6 000 	<ul style="list-style-type: none"> • Caméra optique M2EA • Modes de photographie • Prise de vue unique • Intervalle : 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s • Panorama : Sphère • Définition vidéo • 3840 x 2160 à 30 ips • 1920 x 1080 à 30 ips • Formats de photo • JPEG • Format de vidéo • MP4
--	--

• **Mise en œuvre 1**

Une première ortho-image a été produite en IR sur 5,5 ha au centre de la zone d'étude qui rassemble plusieurs indices révélés par l'interprétation des clichés aériens par avion mais qui n'apparaissent absolument pas sur le terrain [fig. 50].

50 Localisation de la parcelle test pour la thermographie. La zone couverte par le test de mesure thermique apparaît en bleu sur le fond Google Map. A droite, l'interprétation des photos aériennes montrant des artéfacts possibles dans ce secteur du terrain ; en dessous, localisation de la parcelle sur le MNT ombré, Fz=20 [© aird'éco drone]

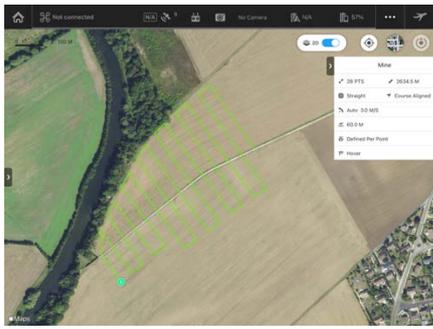


Deux vols ont été réalisés avec le Mavic Enterprise sur la même zone, avec le même plan de vol, le 23 septembre 2021. Les conditions climatiques étaient favorables, sans vent (inf. 3 m/s) et une hygrométrie de l'air de 44 %.

Les hauteurs de vol étaient de 30 et 60 m/sol, avec une vitesse de 3 m/s. Pour le premier, l'écartement des lignes de vol était de 10 m ; pour le second, l'écartement était de 25 m pour obtenir 80 % de recouvrement latéral et longitudinal, en vue d'assembler une ortho-image [fig. 51]. La prise de photo a été réglée à un intervalle de 2 secondes.

• **Conditions au sol**

Le sol était différent de chaque côté du chemin central : blé d'hiver au nord et chaumes au sud [fig. 52].



51 Trajectoire du vol thermique [© aird'éco drone]

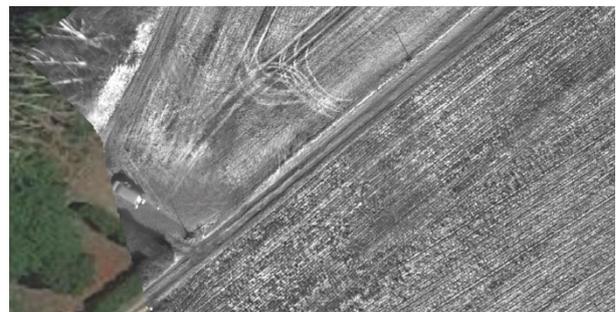
52 Conditions au sol : blé d'hiver au nord (à gauche) et chaumes au sud (à droite) [© aird'éco drone]



Deux ortho-images ont été assemblées avec le logiciel PIX4D. Leur comparaison montre une meilleure définition à 30 m/sol (fig. 53-54) par rapport à la prise de mesure à 60 m (fig. 55-56), mais la différence a été jugée minimale pour ce premier test, compte-tenu du temps d'acquisition double pour le passage à 30 m/sol. L'ortho-image à 60 m/sol a par conséquent été retenue (fig. 57).



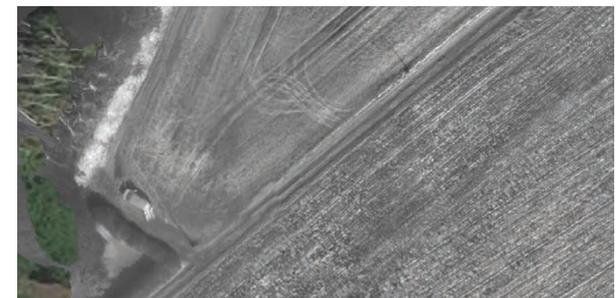
53 Ortho image N&B 30 m/sol [© aird'éco drone]



54 Ortho image N&B 30 m/sol détail [© aird'éco drone]

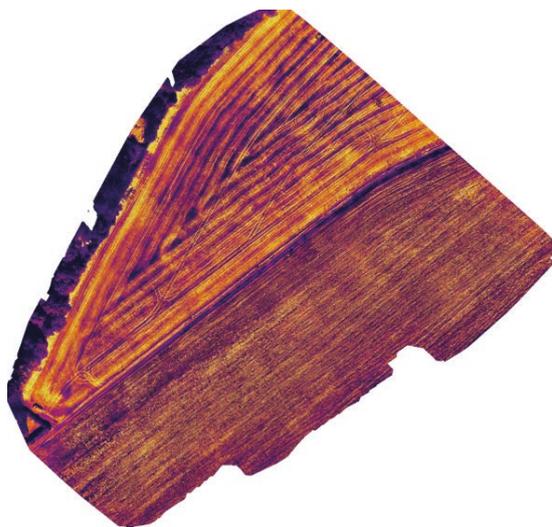


55 Ortho image N&B 60 m/sol [© aird'éco drone]



56 Ortho image N&B 60 m/sol détail [© aird'éco drone]

A ce stade, les paramètres du plan de vol ont été calés pour obtenir une ortho-image, facilitant le repérage géographique des éventuelles anomalies thermiques. Techniquement, l'obtention d'une ortho-image thermique est compliquée, d'autant plus qu'il s'agit de champs « nus » (faible rugosité du sol) où le logiciel de photogrammétrie a du mal à repérer des objets sous plusieurs angles de prise de vue.



57 Ortho image thermique à 60 m [© aird'éco drone]

Summary	
Project	CROTH NEWMWMC
Processed	2021-09-27 19:59:15
Camera Model Name(s)	MWMC2-ENTERPRISE-ADVANCED_0.0_640x612 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	8.39 cm / 3.30 in
Area Covered	0.055 km ² / 5.4866 ha / 0.02 sq. mi. / 13.5228 acres
Time for Initial Processing (without report)	53m:27s

Quality Check	
Images	median of 11547 keypoints per image
Dataset	365 out of 365 images calibrated (100%), 2 images disabled
Camera Optimization	40% relative difference between initial and optimized internal camera parameters
Matching	median of 8260.8 matches per calibrated image
Georeferencing	yes, no 3D GCP

58 Résumé des métadonnées de l'ortho image

Les mesures ont été prises en pleine journée (midi) car le but était de valider la technologie plutôt que d'essayer de détecter des anomalies. Ce travail reste donc à continuer. Il permettra de mieux comprendre la mesure en faisant varier la hauteur de prise de mesure, l'heure de la journée, type de végétation au sol...

– État d'avancement et perspectives –

• LiDAR

La technique LiDAR étant éprouvée [LeTellier-Heitz 2020], nos efforts se concentrent sur l'interprétation visuelle des MNT ombrés et sur les autres techniques de post-traitement connues mais moins classiquement utilisées (sky-factor, ombrages multiples [MDOW], relief local [LRM], intensités...). Ces post-traitements sont en cours et continueront en 2022 pour obtenir des cartes d'anomalies microtopographiques plus détaillées.

• Thermique (IR)

L'année 2021 a eu pour objectif premier de tester le matériel disponible en termes de capteur thermique et de choisir un équipement pour les futures opérations. La mise en œuvre optimale ayant été définie (hauteur et vitesse de vol, espacement des lignes de vol, intervalle de prise de mesure), des mesures répétées sur des zones ciblées vont pouvoir être menées en 2022, avec différentes conditions climatiques et de végétation au sol. La mesure IR est en effet fortement influencée par la végétation au sol – le sol doit être le plus nu possible alors que le territoire est agricole avec de grandes cultures quasiment toujours levées –, par les conditions météo – en particulier le vent sur les plateaux, très présent cette année –, l'heure de prise de mesure – le matin ou bien le soir lorsque le soleil a bien réchauffé le sol.

Une autre difficulté est inhérente au capteur. Il s'agit de la fauchée de prise de vue qui oblige à resserrer les lignes de vol qui, combinée à la faible vitesse de vol, freine la couverture de larges zones dans les mêmes conditions.

• Géomagnétisme

La pertinence de la prospection géophysique au sol appliquée à l'archéologie n'est plus à démontrer, qu'il s'agisse de la mesure électrique ou de la mesure passive du champ magnétique terrestre, le géomagnétisme. Celui-ci est lié à des variations d'aimantations dans le sous-sol, comme c'est souvent le cas entre vestiges archéologiques et leur encaissant, que l'on mesure en nano-teslas (nT).

Le développement de l'utilisation du drone en télédétection archéologique et la miniaturisation des capteurs ouvrent de nouvelles perspectives, voire de nouvelles voies exploratoires en termes de géomagnétisme en collaboration avec Christian Camerlynck (Umr 7619 METIS, SU).

Le choix du capteur de mesure magnétique a été arrêté ensemble sur une technologie Flussgate mono ou multisondes qui sera testé en 2022 sur des zones de géologie contrastée (sol limoneux / riche en silex). Les tests sur le terrain commenceront début 2022. Il s'agira, dans un premier temps, de valider la méthode et sa mise en œuvre, en comparant des mesures aéroportées et des mesures au sol sur le même secteur, avec un même capteur. Il s'agira ensuite d'optimiser la mise en œuvre sous drone, en sachant qu'une difficulté est de maintenir le capteur à une même hauteur réduite – inférieure à 5 m – par rapport au sol. Cette contrainte forte obligera peut-être à trouver une technologie complémentaire pour augmenter la précision du contrôleur de vol (RTK ou ajout d'un télémètre par exemple). Devront également être testés les différents post-traitements à disposition pour en déterminer les plus adaptés à la recherche d'artéfacts archéologiques.

Inventaire et évaluation des sites d'intérêt géoarchéologique ou « géoarchéosites » : un exemple d'application en vallée de l'Eure moyenne

[Théophile Piau]

Bien évidemment, l'apport des techniques aéroportées n'enlève pas les lacunes en termes de « mise en réseau » dues aux occupations et constructions actuelles, non plus que celles dues aux aménagements antérieurs successifs dont les plus marquants sont sans doute l'exploitation des sources de sables et graviers donnant lieu au creusement de ballastières et à la disparition définitive de certaines traces d'occupation antiques à préhistoriques – entre Breuilpont et Merey notamment. Faute par ailleurs de pouvoir approcher aisément les « cultures matérielles », témoins de la rythmicité des regroupements de communautés dont les marqueurs les plus fins restent le mobilier et en particulier la poterie – mais qu'il est nécessaire de redéfinir [Dugast 2021] –, une démarche d'inventaire des « géoarchéosites » a été conduite à l'échelle de la moyenne vallée de l'Eure, entre la confluence avec l'Iton au nord et la ville de Chartres au sud [Rapports 2020], qui s'appuie de manière complémentaire sur l'inventaire archéologique – bases nationales Patriarche et Mérimée, *Carte archéologique de la Gaule* mais également données des services départementaux – et l'Inventaire National du Patrimoine Géologique (INPG) des départements de l'Eure (27), de l'Eure-et-Loir (28) et des Yvelines (78).

– La notion de « géoarchéosite » : état de la question –

Tandis que la communauté scientifique des géologues et des géographes porte, depuis le symposium de Digne-les-Bains (1991), un intérêt nouveau pour les géopatrimoines, la recherche archéologique s'est progressivement ouverte au champ des géosciences sous l'impulsion des préhistoriens et quaternaristes. L'émergence d'un regard géohistorique sur les formes du relief et la reconnaissance internationale de leur valeur patrimoniale intrinsèque se sont avérées particulièrement fécondes, autant dans une perspective de recherche fondamentale (reconstitution diachronique des paléoenvironnements, quantification de la géodiversité) qu'appliquée (géoconservation, géotourisme) [Bétard 2017]. Les deux dernières décennies ont ainsi vu l'avènement d'une démarche réflexive et méthodologique d'évaluation intégrée et standardisée des paysages géomorphologiques. La dimension culturelle y est envisagée à travers les interactions entre les sociétés humaines et les éléments du relief et, *a posteriori*, des valeurs matérielles et immatérielles qui leur sont attribuées.

Toutefois, dans la plupart de ces études, la charge culturelle, archéologique et/ou historique, employée comme une variable de pondération additionnelle dans l'évaluation numérique des géomorphosites [Reynard *et al.* 2007], s'efface souvent derrière la valeur scientifique centrale. Or, se positionner à l'interface des sciences de la



59 Tuf pléistocène de La Celle (Seine et Marne, 77) [© B. Guigou 2021] et alluvions pléistocènes de la Somme à Abbeville, « Moulin Quignon » (Somme, 80) [APVS 2019]. La charge culturelle (archéologique et/ou historique) est généralement reléguée en arrière plan. Une réflexion sur le choix et la définition des critères d'évaluation de la composante archéologique des sites s'avère nécessaire

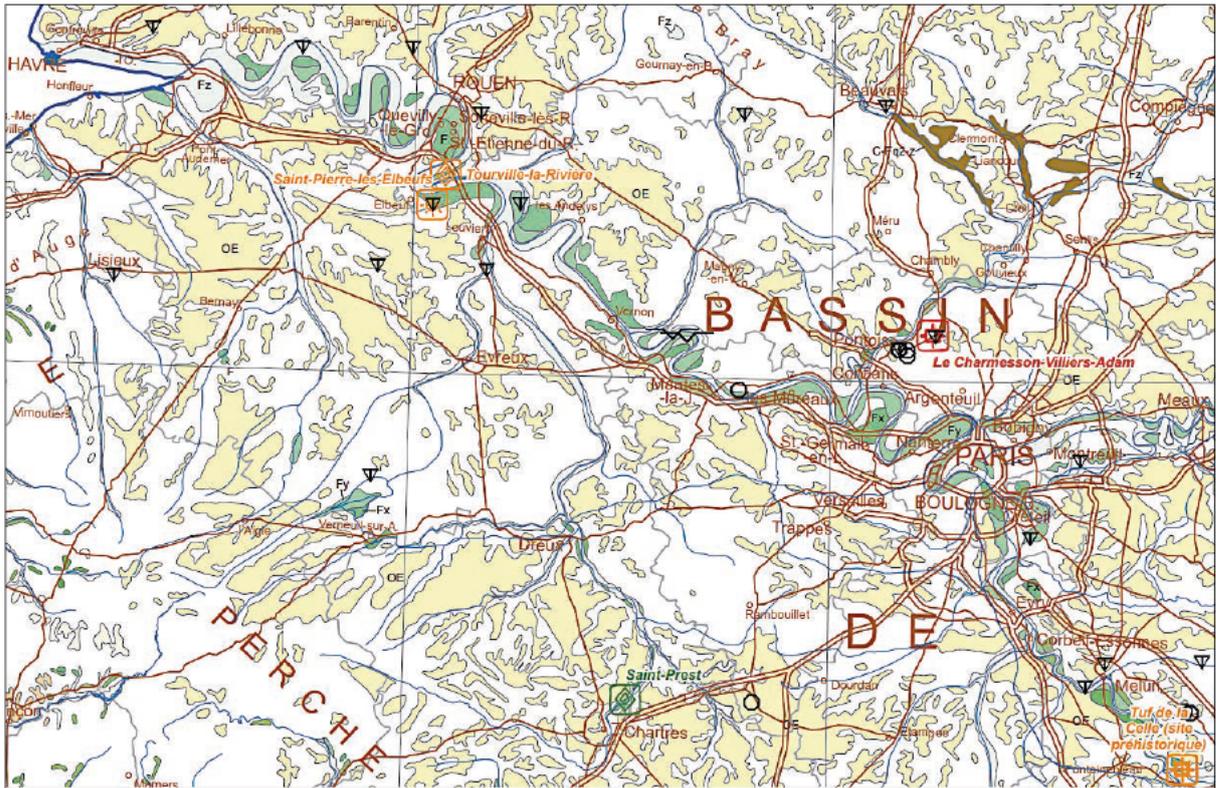
Terre, de l'Environnement et de la Société impose d'examiner conjointement et sur le même plan de valeur scientifique, les relations chronologiques et fonctionnelles entre les composantes archéologiques et géomorphologiques d'un paysage culturel. Nous proposons ici d'employer, dans une acception large et englobante, le concept de « géoarchéosite » [Fouache & Rasse 2009² ; Lena 2009³] comme la contraction de « sites géoarchéologiques » ou de « sites d'intérêt géoarchéologique », c'est-à-dire une unité de lieu particulièrement favorable à la compréhension des interactions sociétés anciennes-environnement à l'échelle des temps quaternaires ou historiques.

Bien que les études de cas abondent dans la littérature scientifique récente, les directives méthodologiques pour inventorier et évaluer une série de géoarchéosites à des fins de conservation et/ou de valorisation patrimoniale font encore défaut. En France, et plus particulièrement dans le Bassin parisien, ces mesures ont pour la plupart été initiées à partir de 2007 suite à l'Inventaire National du Patrimoine Géologique (INPG). Elles concernent généralement des sites d'âge pléistocène ayant un intérêt géologique et/ou paléoclimatique tel que le tuf de La Celle (Seine-et-Marne, 77) ou encore celui des alluvions de la Somme à Abbeville (Somme, 80). Ainsi, l'inventaire des géoarchéosites potentiels en vallée de l'Eure moyenne vise à combler cette lacune, en incluant une évaluation de leur valeur scientifique. L'étude permettra d'ouvrir sur des perspectives d'aide à la décision et à la planification dans le cadre des problématiques actuelles de l'aménagement des territoires en impliquant de façon concertée le grand public dans toutes les étapes de patrimonialisation [fig. 60-61].

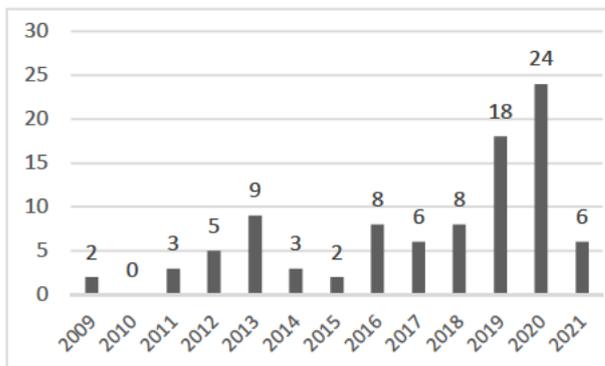
– Méthodologie d'inventaire et d'évaluation des géoarchéosites –

Dans le cadre de l'inventaire des géoarchéosites de la moyenne vallée de l'Eure, deux critères principaux ont été retenus dans le processus de sélection. Les entités retenues doivent être représentatives du cadre géomorphologique régional (axe spatial) et des cultures matérielles archéologiques (axe temporel). Elles permettent ainsi d'apprécier, à des échelles spatiales et temporelles variées, la trajectoire plurimillénaire des paysages palimpseste du Quaternaire et d'en saisir l'épaisseur culturelle : 1/ du temps court de l'événement historique et hydrologique au temps long de la culture matérielle archéologique et de l'histoire géologique ; 2/ de l'échelle locale du point de peuplement et de la paléforme fluviale à l'échelle régionale du continuum territorial et géomorphologique.

2 Pour Fouache & Rasse (2009) le concept de « géoarchéosite » est défini comme « une unité de lieu particulièrement favorable à la compréhension des interactions sociétés anciennes-environnement à l'échelle des temps quaternaires ou historiques ». Les auteurs proposent deux types de sites : 1/ ceux qui ont une valeur scientifique et/ou patrimoniale et 2/ ceux qui ont une valeur scientifique et/ou patrimoniale et une valeur paysagère et/ou culturelle (e.g. les sites de l'Yonne et de la Somme).
 3 Pour Lena (2009), s'agit d'une « unité de lieu particulièrement favorable à la compréhension des interactions sociétés anciennes-environnement à l'échelle des temps quaternaires ou historiques ». Les auteurs proposent deux types de sites : 1/ ceux qui ont une valeur scientifique et/ou patrimoniale et 2/ ceux qui ont une valeur scientifique et/ou patrimoniale et une valeur paysagère et/ou culturelle (e.g. les sites de l'Yonne et de la Somme).



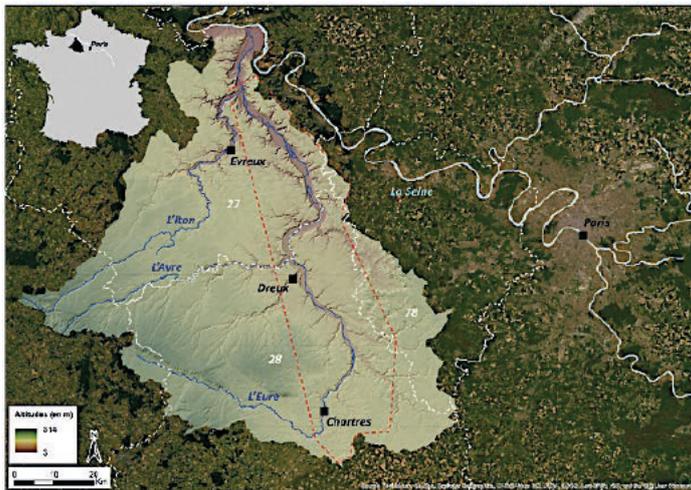
60 Extrait de la carte au millionième du Quaternaire de la France. Certains sites d'intérêt géoarchéologique remarquables (préhistoriques, paléontologiques et/ou climatiques) y sont figurés : le tuf pléistocène de La Celle, les alluvions pléistocènes de la Seine (Tourville la Rivière, Saint Pierre lès Elbeuf) et de l'Eure (Saint Prest) ou encore la séquence de l'èss pléistocène Le Chamesson/Villers Adam [©BRGM 2020]



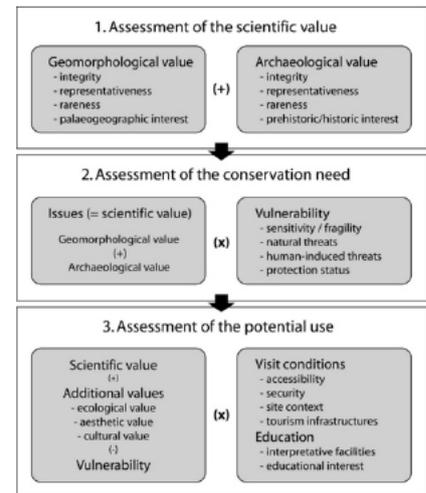
61 Recensements des publications mobilisant le concept de « géoarchéosite » depuis 2009 et quelques exemples d'articles publiés, en particulier dans la revue Geohier tagé [© T. Piau 2021]

- *An Under-Recognised Geoarchaeological Heritage Asset in Turkey: Dana Island, Mersin*, 2021.
- *Geoarchaeomorphosites under Strong Urbanization Pressure at the Tineh Plain, NE of the Nile Delta, Egypt*, 2020.
- *Archaeo-geosites in urban areas: a case study of the etruscan Palazzone Necropolis (Perugia, central Italy)*, 2019.
- *The Mefite in the Ansanto Valley (Southern Italy): a Geoarchaeosite to Promote the Geotourism and Geoconservation of the Irpinian Cultural Landscape*, 2020.
- *Geo-Archeoheritage Sites Are at Risk, the Manzala Lagoon, NE Nile Delta Coast, Egypt*, 2019.
- *The Etruscan "Volumni Hypogeum" Archeo-Geosite: New Sedimentological and Geomorphological Insights on the Tombal Complex*, 2016. *Archaeology, Geoarchaeology and Geomorphosite management: towards a typology of Geoarchaeosites*, 2009.

Pour en préciser l'importance et la valeur relative, une méthode intégrée d'évaluation numérique des géoarchéosites a récemment été proposée et adaptée au contexte du Bassin de Paris [Piau *et al.* 2021]. Seule l'évaluation de la valeur scientifique (VSci) des géoarchéosites est présentée ici. Elle repose sur la moyenne des valeurs géomorphologique (VGéo) et archéologique (VArc) des sites, chacune de ces deux valeurs étant évaluées selon des critères d'intégrité, de représentativité, de rareté et d'intérêt paléogéographique ou historique [voir Reynard *et al.* 2016 pour le détail de ces critères et les modalités de l'attribution des valeurs] [fig. 62-63].



62 Topographie (BD Alti 25 m IGN) du bassin versant de l'Eure et emprise, en pointillé rouge, de l'inventaire des géoarchéosites entre la confluence avec l'Iton au nord et la ville de Chartres au sud [réalisation T. Piau 2021]



63 Méthodologie d'inventaire et d'évaluation des géoarchéosites [d'après Piau et al. 2021]

– Premier résultats –

Pour l'heure, l'inventaire cartographique, susceptible d'évoluer dans le temps et d'être enrichi, fait émerger une sélection de 24 géoarchéosites potentiels [fig. 64-65]. Cinq grandes catégories se dessinent :

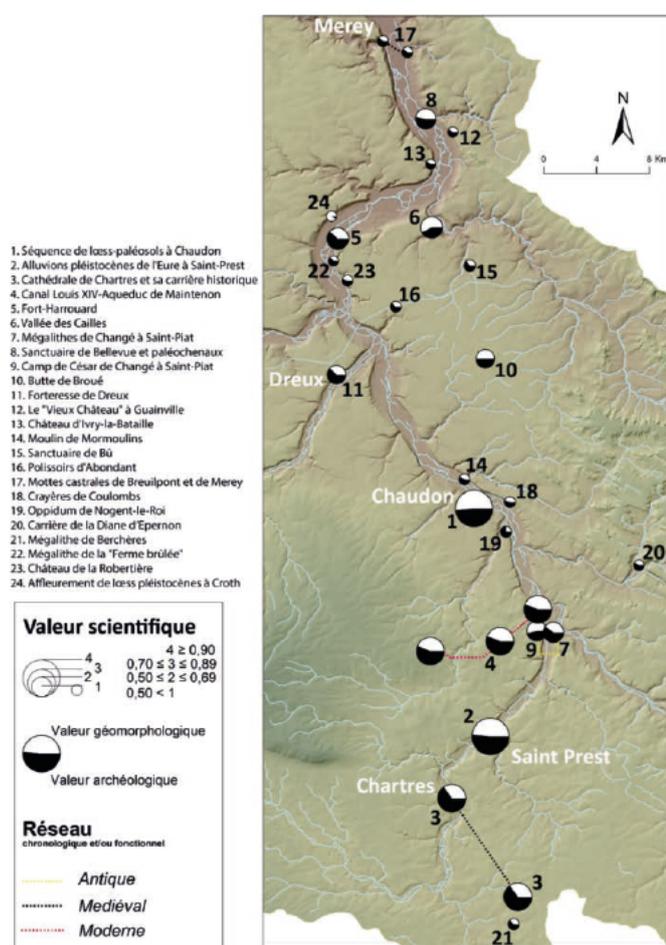
1. les coupes dans les formations superficielles quaternaires (alluvions, loess, biefs à silex) recelant des vestiges préhistoriques (matériels lithiques, restes fauniques) ;
2. les sites défensifs d'âge protohistorique, antique et/ou médiéval (éperons barrés, mottes castrales, forts) en position géomorphologique dominante ;
3. les anciennes carrières d'extraction de matériaux à usage traditionnel ou historique (carrières de calcaire lutétien et de meulière, crayères, marnières) ;
4. les grottes calcaires et abris sous roche sur les rebords de plateau et les versants ;
5. les sites archéologiques d'âge variés situés en fond de vallée, plus ou moins articulés avec des systèmes de chenaux fluviaux (sanctuaires, enclos fossoyés, moulins).

N°	Géoarchéosites	Valeurs géoarchéologiques*			Niveau d'intérêt patrimonial **
		VGéo	VArc	VSc	
1	Séquence de loess paléosols à Chaudon	0,94	0,88	0,91	Internationale
2	Alluvions pléistocènes de l'Eure à Saint Prest	0,88	0,94	0,91	Internationale
3	Cathédrale de Chartres et sa carrière	0,50	0,94	0,72	Nationale
4	Canal Louis XIV Aqueduc de Maintenon	0,63	0,81	0,72	Nationale
5	Fort Harrouard	0,50	0,81	0,66	Régionale
6	Vallée des Cailles	0,75	0,56	0,66	Régionale
7	Mégalithes de Changé à Saint Piat	0,50	0,75	0,63	Régionale
8	Sanctuaire de Bellevue et paléochenaux	0,56	0,63	0,59	Régionale
9	Camp de César de Changé à Saint Piat	0,50	0,63	0,56	Régionale
10	Butte de Broué	0,50	0,50	0,50	Régionale
11	Forteresse de Dreux	0,38	0,63	0,50	Régionale
12	Le "Vieux Château" à Guainville	0,38	0,56	0,47	Locale
13	Château d'Ivry la Bataille	0,38	0,56	0,47	Locale
14	Moulin de Mormoulins	0,38	0,56	0,47	Locale

Géoarchéoses		Valeurs géoarchéologiques*			Niveau d'intérêt patrimonial**
N°	Dénomination	VGéo	VArc	VSc	
15	Sanctuaire de Bû	0,31	0,56	0,44	Local
16	Polissoirs d'Abondant	0,31	0,50	0,41	Local
17	Mottes castrales de Breuilpont et de Merey	0,31	0,50	0,41	Local
18	Crayères de Coulombs	0,38	0,44	0,41	Local
19	Oppidum de Nogent le Roi	0,19	0,56	0,38	Local
20	Carrière de la Diane d'Epéron	0,31	0,44	0,38	Local
21	Mégalithe de Berchères	0,25	0,44	0,34	Local
22	Mégalithe de la "Ferme brûlée"	0,25	0,44	0,34	Local
23	Château de la Robertière	0,25	0,44	0,34	Local
24	Affleurement de loess pléistocènes à Croth	0,56	0,06	0,31	Local

* Valeurs de 0 à 1. VGéo=Valeur géomorphologique ; VArc=Valeur archéologique, VSc=Valeur scientifique (= moyenne (VGéo ; VArc)).
** International : VSc \geq 0,90 ; National : 0,70 \leq VSc \leq 0,89 ; Régional : 0,50 \leq VSc \leq 0,69 ; Local : VSc < 0,50.

64. Résultats de l'évaluation numérique des 24 géoarchéoses potentiels en vallée de l'Eure [d'après Piau et al. 2021]



65. Carte synthétique des 24 géoarchéoses inventoriées et évaluées en moyenne vallée de l'Eure [d'après Piau et al. 2021]

Parmi les sites à haute valeur scientifique, la coupe de Chaudon – séquence de loess-paléosols et vestiges préhistoriques du Paléolithique moyen [Borderie et al. 2016] – et le gisement de Saint-Prest – haute terrasse de l'Eure à restes de mammifères et vestiges acheuléens [Violet et al. 2021] – font figure de référence internationale pour la géologie du Quaternaire et la Préhistoire [fig. 66]. D'autres sites plus discrets et/ou en cours d'étude, d'intérêt régional et local, méritent également une attention particulière.



66 La coupe de Chaudon (séquence de loess paléosols et vestiges préhistoriques du Paléolithique moyen ; à gauche) et le gisement de Saint Prest (haute terrasse de l'Eure à restes de mammifères et vestiges acheuléens ; à droite) [© T. Piau 2021]

Bien que certains de ces lieux de mémoire conservent un caractère monumental (forteresse de Dreux, château d'Ivry-la-Bataille), la grande majorité reste réduite à d'épars vestiges et/ou formes de relief en périphérie du tissu urbain (affleurement de loess, sanctuaire antique de Bellevue). Ces sites plus modestes ne sont pas inclus dans la liste des Monuments Historiques qui ne prend globalement en considération que les « ouvrages d'art » définis pour partie selon des critères d'intégrité et/ou d'esthétisme. Afin d'éviter l'écueil du « guide touristique », il est nécessaire d'initier un changement de paradigme et un décloisonnement disciplinaire dans la façon d'analyser et d'évaluer la valeur scientifique des sites « ruraux ordinaires ». Ces derniers constituent un patrimoine structurant et fonctionnel du continuum « eurois / eurélien », qui demeure particulièrement vulnérable face aux pressions anthropiques (érosion et artificialisation des sols) en l'absence d'un véritable « commun » territorial. Ainsi, afin de combler cette lacune, certains géoarchéosites sont mis en « réseaux ». Ces derniers sont alors envisagés comme la somme scientifiquement articulée mais spatialement disjointe de témoins matériels archéologiques et d'objets géo(morpho)logiques remarquables et/ou ordinaires. C'est notamment le cas de la cathédrale de Chartres et de sa carrière historique, distante l'une de l'autre d'une dizaine de kilomètres, des vestiges spatialement disjoints du Canal Louis XIV et de l'Aqueduc de Maintenon, ou encore des mottes castrales de Merrey et Breuilpont qui privilégient une position géomorphologique dominante. Cette mise en réseau selon des relations chronologiques et/ou fonctionnelles contribue à rehausser la valeur scientifique globale du géoarchéosite tout en le replaçant, à une échelle plus large et sur le temps long, dans les dynamiques du réseau de peuplement humain et d'aménagement de la vallée.

– Conclusion et perspective de recherche –

La démarche d'inventaire cartographique a fait émerger l'existence d'une grande diversité de géoarchéosites en vallée de l'Eure moyenne (paléogéographique, bâti, minier, carrier). Elle démontre l'intérêt

- de croiser les composantes archéologique et géomorphologique dans un processus d'évaluation numérique pour mesurer le potentiel géoarchéologique des sites ;
- de replacer des lieux d'intérêt ponctuel dans un « réseau » d'agencement des territoires anciens afin de les rendre plus intelligibles.

Ce premier inventaire devrait aussi servir à poser les fondements des futures actions de conservation et/ou de valorisation des paysages culturels du bassin de l'Eure, en collaboration étroite avec les populations locales. Ces dernières constituent un levier fondamental du processus de recherche autour des géoarchéosites qui, à plus long terme, devrait accentuer le sentiment d'appartenance et d'appropriation collective de ce « commun » territorial par les habitants et les acteurs locaux.



67 Géoarchéosites potentiels prospectés en vallée de l'Eure moyenne lors des deux semaines de terrain en mars et avril 2021. Certains n'ont finalement pas été retenus pour l'inventaire et l'évaluation finale.

1. Vallée des Cailles ; 2. Séquence de loess paléosols à Chaudon ; 3. Alluvions pléistocènes de l'Eure à Guainville ; 4. Aqueduc de l'Avre ; 5. Château d'Ivry la Bataille ; 6. Motte castrale de Breuilpont ; 7. Crayère de Coulomb ; 8. Moulin de Mormoulins ; 9. Butte de Broué ; 10. Château d'Anet ; 11. Mégalithes de Changé à Saint Piat [© T. Piau 2021]

Partie III

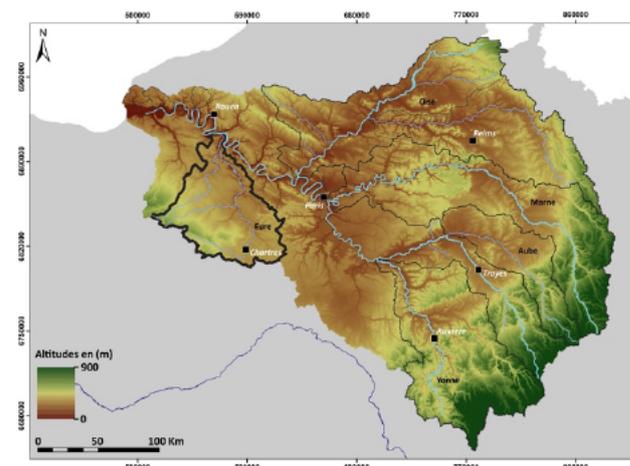
Approche géoarchéologique de la vallée de l'Eure moyenne

[sous la coord. de Théophile Piau]

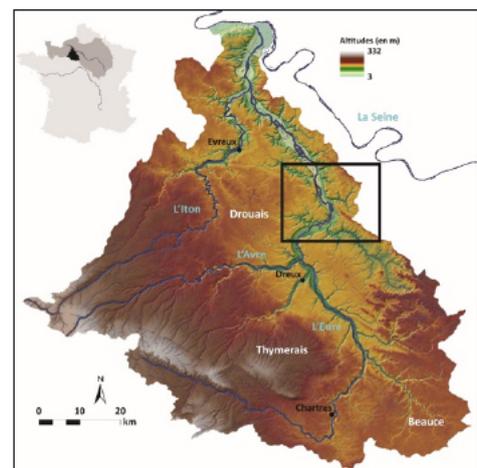
Les années 2019 et 2020 se sont attachées à démontrer le potentiel paléoenvironnemental de l'Eure moyenne et à poser les fondements de l'approche géoarchéologique du PCR « Vallée de l'Eure : une rivière, des territoires ». En premier lieu, la réalisation d'une cartographie géomorphologique détaillée à l'échelle régionale (Eure moyenne) a permis **1/** d'identifier les secteurs favorables à l'archivage de données sédimentaires à haute résolution temporelle et les processus géomorphologiques à l'origine de leur mise en place ; **2/** d'évaluer la représentativité spatiale des séquences sédimentaires préservées dans le système géomorphologique ; **3/** de proposer une comparaison entre la distribution actuelle des gisements archéologiques et les formations superficielles quaternaires (argile à silex, loess, colluvions, alluvions) ; enfin **4/** de guider les prospections thématiques en cours et à venir [fig. 68-71].

Aussi, depuis deux ans, les prospections sur le terrain et les recherches dans les bases de données existantes (BRGM, IGN) et/ou la littérature scientifique ont contribué à :

- faire un état des lieux de la documentation disponible sur le système d'étagement des terrasses alluviales de la vallée de l'Eure afin de replacer, à terme, les gisements préhistoriques dans un cadre chronostratigraphique cohérent. Il s'agissait aussi d'évaluer le potentiel de ces terrasses en termes de datation absolue (OSL sur sables quartzeux, U/Th sur tuf carbonaté) et de reconstitution paléoenvironnementale. La moyenne terrasse de Guainville, près de la confluence avec le Radon dans la portion médiane de l'Eure, offre à ce titre des potentialités intéressantes [Rapport 2020 : 21-24] ;
- réaliser une reconnaissance préliminaire des formations superficielles quaternaires (limons éoliens, alluvions et colluvions) dans le sous-bassin du Radon, un affluent de rive droite de l'Eure. Celui-ci offre



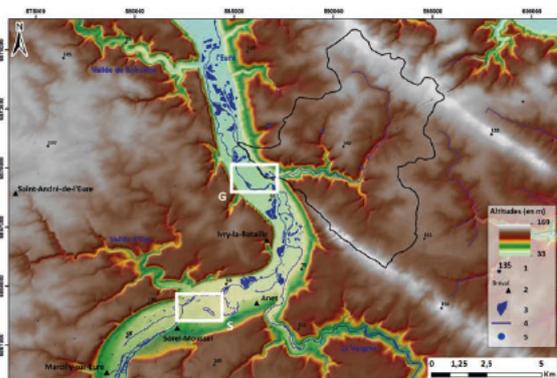
68 Carte de localisation du bassin versant de l'Eure à l'échelle du système Seine [fonds orographique : BD Alti 25 m de l'IGN ; fonds hydrographique : BD Carthage de l'IGN ; système de coordonnées Lambert 93 Conformal Conic réalisation T. Piau 2020]



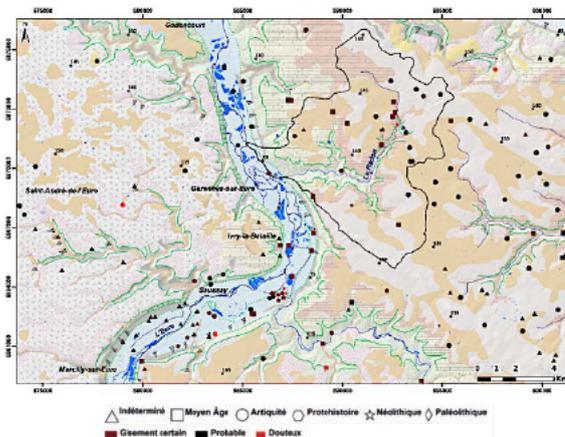
69 Contexte topographique et hydrographique du bassin versant de l'Eure. Le rectangle noir localise la zone d'étude retenue pour ce travail exploratoire [fonds orographique : BD Alti 25 m de l'IG ; fonds hydrographique : BD Carthage de l'IGN ; système de coordonnées Lambert 93 Conformal Conic réalisation T. Piau 2020]

un cadre morpho-structural et géomorphologique favorable à la mise en œuvre d'une approche par « budget » sédimentaire afin d'appréhender la temporalité des dynamiques érosives et de quantifier la redistribution des sédiments au cours de l'Holocène, en lien avec l'organisation spatiale du peuplement humain (enclos protohistoriques, sanctuaires d'époque romaine, nécropoles et habitats mérovingiens, commanderie médiévale – cf. *supra*);

- sélectionner deux zones ateliers à fort potentiel archéologique et paléoenvironnemental holocène dans la plaine d'inondation de l'Eure : l'une sur la commune de Garennes-sur-Eure au lieu-dit « Bellevue » [Rapport 2019], l'autre sur les communes de Saussay au lieu-dit « Les Terres Noires » et de Croth au lieu-dit « La Grosse Épine » [Rapport 2020]. La diversité des paléofformes fluviales tardiglaciaires et/ou holocènes (paléochenaux, montilles sablo-graveleuses) préservées à proximité immédiate de l'emprise supposée d'indices d'occupation humaine (sanctuaire antique, enclos fossoyés d'âge indéterminé) offre l'opportunité de reconstituer et de dater les jalons de la trajectoire socio-environnementale de l'Eure dans sa moyenne vallée au cours des dix derniers millénaires.



70 Localisation des deux zones ateliers retenues en fond de vallée de l'Eure dans le cadre du PCR. Légende : 1. point coté, 2. commune, 3. ballastière, 4. cours d'eau, 5. exurgence karstique, G. zone atelier de Garennes sur Eure au lieu dit « Bellevue », S. zone atelier de Saussay au lieu dit « Les Terres Noires » [fond orographique : BD Alti 25 m de l'IGN ; fond hydrographique : BD Carthage de l'IGN, système de coordonnées Lambert 93 Conformal Conic réalisation T. Piau 2020]



71 Vallée de l'Eure, section médiane : comparaison entre la localisation des gisements archéologiques et celle des formations superficielles quaternaires [sources : BD Alti 25 m de l'IGN, BD Carthage, BD Archéo PCR ValEuRT réalisation T. Piau 2019]

Alors que le calendrier prévisionnel de l'année 2020 avait été fortement perturbé et les travaux de terrain et de laboratoire nécessaires à la production de données primaires sensiblement ralentis, deux semaines intensives en vallée de l'Eure (du 19 au 26 mars 2021 puis du 19 au 23 avril 2021⁴) ont été allouées aux observations géomorphologiques et archéologiques. Elles ont été conduites en complément des levés LiDAR, des prospections géophysiques et des carottages sédimentaires réalisés en amont, au début du mois de mars 2021. Nos efforts se sont ainsi portés vers deux axes de recherche complémentaires du PCR :

1. devant l'impossibilité d'accéder aux parcelles agricoles autour du sanctuaire antique de « Bellevue » pour des prospections au sol (refus des propriétaires, rotation des cultures), les opérations de l'année 2021 se sont prioritairement focalisées sur la zone-atelier de Saussay au lieu-dit « Les Terres Noires ». L'année 2020 s'était attachée à démontrer le potentiel paléoenvironnemental et archéologique de ces terroirs alluviaux de rive droite de l'Eure : les investigations de l'année 2021 devaient permettre, en premier lieu, de **poursuivre la reconnaissance de l'environnement géomorphologique** d'un secteur

4 Les deux campagnes de prospection géomorphologique ont été financées par le pôle de Recherche et d'Innovation de l'Université de Caen Normandie (Doco a e a c é o g e ; Facu é des Le es de So bo e U ve s é), Gu au e C u g-To (Doco a e a c é o g e ; U ve s é Pa s s 1 Pa é o -So bo e, UMR 8167 O&M), A eksa d e P ospe (Géog ap e, p ofesseu ag égé d'H s o e-Géog ap e), H ppo y e Deco ck (ENSG) e Pau R bbe (ENSG) Qu' sso e c a eu euse e e e cés pou eu a dep é c euse da s 'acqus o e ' ep é a o des do ées su e e a

riche en indices d'occupations : enclos fossoyés d'âge indéterminé d'après les bases de données Patriarche et Mérimée du Ministère de la Culture [Fencke *et al.* 2014] ;

2. afin de **poursuivre l'approche par budget sédimentaire** entamée en 2018, des observations géomorphologiques (sondage exploratoire à la tarière pédologique, relevé de coupe sur des berges en rive concave) ont été conduites dans deux vallées affluentes de rive droite de l'Eure : le Radon et la Vesgre. Alors que l'année 2019 avait permis de repérer des zones clés pour appréhender les profils pédologiques en contexte de plateau et d'interfluve dans le sous-bassin du Radon, l'année 2021 a été l'occasion d'investiguer plus particulièrement les séquences sédimentaires fluviales de ces deux fonds de vallée secondaire afin d'estimer leur potentialité paléoenvironnementale et d'établir un premier cadre chronostratigraphique ;

Approche géoarchéologique des terroirs alluviaux de la ZA de Saussay (Eure-et-Loir)

La zone-atelier de Saussay au lieu-dit « Les Terres Noires » est localisée dans la section médiane du bassin-versant de l'Eure, entre les communes de Croth au sud-ouest et d'Anet au nord-est. Le fond de vallée, d'une largeur de 2,5 km, à fond plat et aux versants dissymétriques, s'encaisse de 70 m à partir de la surface de référence représentée par des plateaux culminant à 130 m. L'Eure a entaillé, en rive gauche, les assises crayeuses du Sénonien (Ivry-la-Bataille) et a épargné sur son versant de rive droite une grande partie des dépôts tertiaires qui s'échelonnent de l'Éocène au Mio-Pliocène (Chaussée-d'Ivry). La surface des plateaux est nappée de manteaux d'altérites (formations résiduelles à silex), de biefs à silex (en rive gauche) et de limons éoliens. Le long de la vallée, trois nappes alluviales, étagées et partiellement masquées par d'importants dépôts colluviaux sont individualisées à des altitudes relatives comprises entre +5, +15 et +25 m [Dewolf 1974 ; Fencke *et al.* 2016] [fig. 72]. Le fond de vallée est tapissé d'alluvions fluviales holocènes surmontant une grave grossière à silex roulés. L'Eure coule depuis Nogent-le-Roi selon une orientation SSE/NNW avant de s'infléchir de près de 90° au niveau de Sorel-Moussel, puis de reprendre son orientation originelle à partir d'Ivry-la-Bataille. Ce tracé en baïonnette serait à l'intersection entre l'Anomalie Magnétique du Bassin de Paris et l'accident linéaire « Avre-Eure-Seine-Oise » [Obert *et al.* 1992 et 1997 ; Lacombe, Obert 2000]. À l'amont comme à l'aval de la



72 Extension des formations fluviales quaternaires (Fz, Fye et Fye d) sur fond d'orthophotographie haute résolution [ORTHO HR® de l'IGN, 2016], dans la zone atelier de Saussay [réalisation T. Piau 2020 d'après la carte géologique au 1/50000^e du BRGM (feuilles de St André de l'Eure ; Dewolf 1974) système de coordonnées Lambert 93 Conformal Conic]

zone-atelier, le cours de l'Eure est artificialisé par divers aménagements et activités anthropiques modernes (berges partiellement maçonnées, ballastières, aqueduc) et se caractérise par un chenal unique méandrique. En rive droite, son principal affluent est la Vesgre, tandis qu'en rive gauche, une vallée sèche d'orientation NW/SE (Ezy-sur-Eure) vient se raccorder au fond de vallée. Cette dernière a la particularité d'avoir un cours supérieur relativement rectiligne qui, dans sa partie aval, évolue en une série de méandres peu encaissés dans la craie [Dewolf 1974]. La nature plus ou moins perméable des couches géologiques affleurantes permet d'expliquer les différences de drainage entre la rive gauche, où le chevelu hydrographique est quasi inexistant sur les couches crayeuses, et la rive droite, où il est beaucoup plus développé du fait de la présence des niveaux imperméables du Tertiaire.

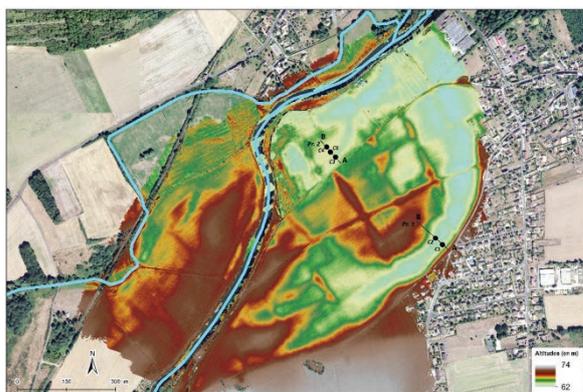
– Mise en évidence de chenaux abandonnés de l'Eure à proximité d'indices d'occupation humaine –

En 2020, le traitement statistique d'un modèle numérique de terrain à haute résolution (RGE Alti 1 m de l'IGN) a montré l'existence de variations micro-topographiques au sein de la plaine alluviale de l'Eure au lieu-dit « Les Terres Noires ». Un ensemble de paléoflumes tardiglaciaires et/ou holocènes (paléochenaux, montilles sablo-graveleuses) a ainsi été individualisé à proximité immédiate de l'emprise supposée d'indices d'occupation humaine détectée par photographie aérienne (Archéo27). Afin de confirmer cette interprétation paléohydrographique préliminaire, les investigations de terrain de l'année 2021 ont été réalisées en trois temps :

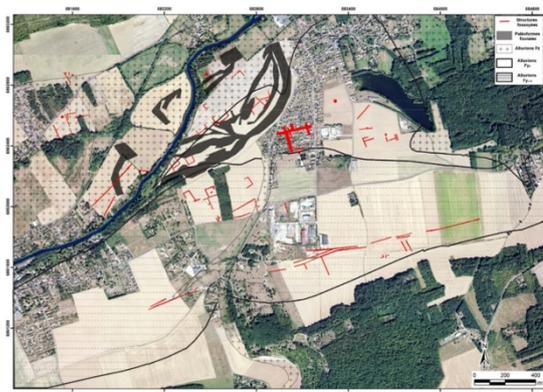
1. des levés LiDAR afin d'affiner l'extension spatiale des variations micro-topographiques et repérer d'éventuelles structures archéologiques ;
2. des prospections géophysiques (tomographie de résistivité électrique) pour reconstituer la géométrie 2D du remblaiement alluvial ;
3. des carottages dans l'axe d'écoulement des paléochenaux pour préciser l'architecture et l'âge des unités des séquences sédimentaires.

• Levés LiDAR et variations micro-topographiques dans la plaine d'inondation de l'Eure

Les levés LiDAR réalisés par Isabelle Le Tellier (Aird'eco-drone) sur près de 88 hectares ont permis de préciser l'extension spatiale des paléoflumes préalablement individualisées sur les dalles du RGE Alti 1 m de l'IGN [fig. 73]. Pour l'heure, aucun indice de site n'a été détecté bien que leur emprise au sol ait pu être appréhendée en 2020 par photo-interprétation via deux orthophotographies (1966 et 1979) de l'IGN [fig. 74].



73 Levés LiDAR de la zone atelier de la commune de Saussay au lieu dit « Les Terres Noires. En noir, localisation des deux profils de tomographie de résistivité électrique et des cinq carottages sédimentaires [fond hydrographique : BD Carthage de l'IGN ; système de coordonnées Lambert 93 Conformal Conic réalisation T. Piau 2021]



74 Anomalies d'origine anthropique et géomorphologique individualisées sur deux orthophotographies de l'IGN (1966 et 1979) et extension des formations fluviales quaternaires d'après la carte géologique au 1:50 000 du BRGM. La plupart des indices d'occupation humaine sont implantés sur les terrasses alluviales de l'Eure (F_{Y_{et}c d}) [réalisation T. Piau 2020]

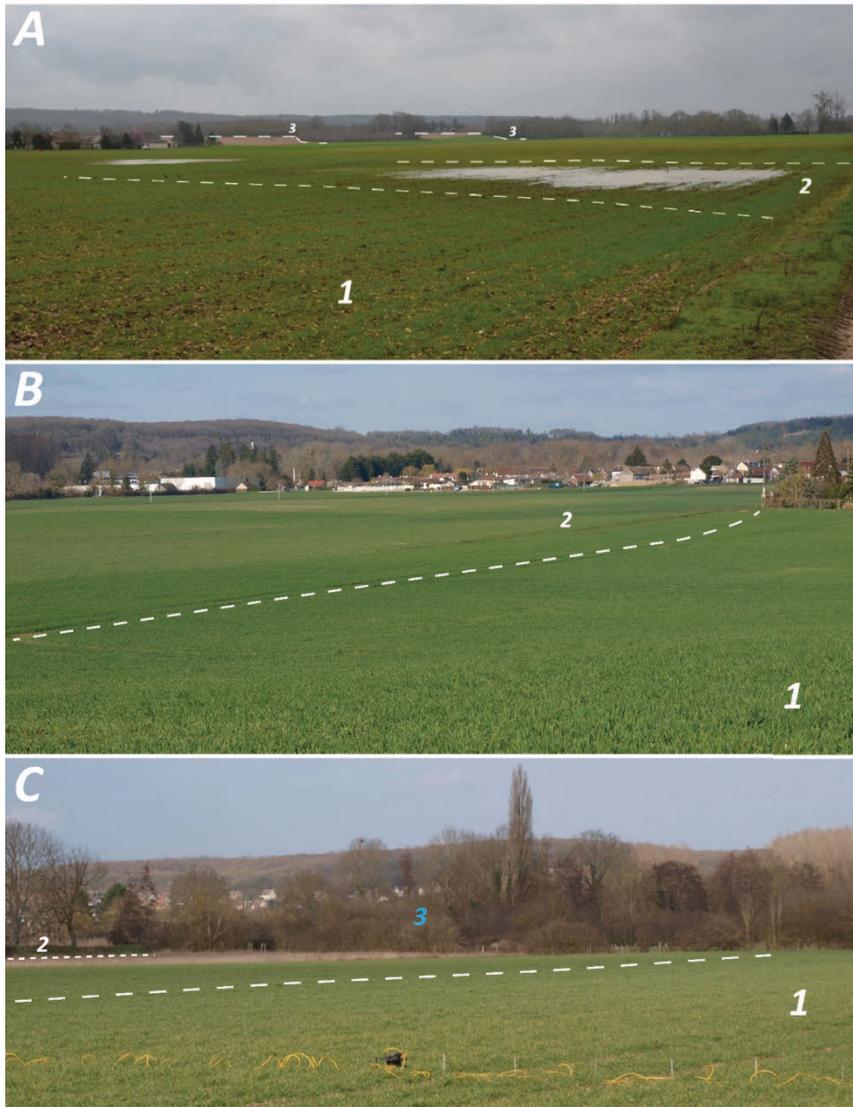
Les seules variations micro-topographiques identifiables sont des éléments de planimétrie, en particulier des linéaments qui semblent s'apparenter à des formes agraires de type « crêtes de labours » par comparaison avec le système parcellaire des planches du cadastre napoléonien de la commune de Saussay (1830) [Rapport 2020 : 26-32].

- **Profils de tomographie de résistivité électrique (TRE) :
description et interprétation des résultats**

En complément de l'interprétation paléohydrographique préliminaire à partir des levés LiDAR (2021) et d'un extrait du RGE Alti 1 m de l'IGN (2020), une campagne de prospection géophysique (tomographie de résistivité électrique) a été réalisée le 3 mars 2021 à l'aide d'un système multi-électrodes Abem Terrameter LS en collaboration avec Clément Virmoux (UMR 8591 LGP-Meudon). Afin de reconstituer la géométrie 2D des structures sédimentaires, deux profils respectivement de 140 m (profil 1) et 90 m (profil 2) ont été positionnés perpendiculairement à l'axe d'écoulement des paléochenaux. Pour conserver une résolution suffisante, les deux profils TRE ont confirmé la présence de deux zones de paléochenal. Sur le profil 1, le paléochenal, qui est par ailleurs bien marqué dans la topographie actuelle des parcelles agricoles, mesure environ 40 m de large et est incisé d'environ 1 m dans la grave grossière à silex roulés. Sur le profil 2, deux paléochenaux semblent s'individualiser. Leur gabarit est toutefois moindre puisqu'il ne mesure qu'une trentaine de mètres de largeur pour 1 m, voire 2 m de profondeur [fig. 75-77].



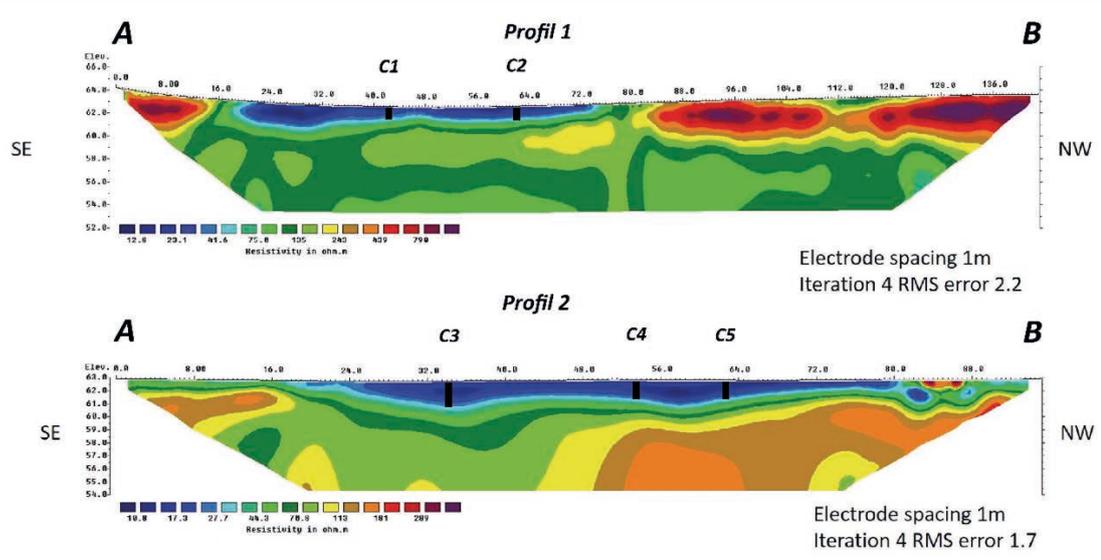
75 Profil 2 de tomographie de résistivité électrique réalisé en collaboration avec C. Virmoux (UMR 8591) au lieu dit « Les Terres Noires » sur la commune de Saussay à l'aide d'un système multi électrodes Abem Terrameter LS et d'un DGPS [© F. Dugast 2021]



76 A Au second plan, un ancien chenal (2) de l'Eure (profil TRE 1) partiellement inondé à la faveur d'un haut niveau phréatique le 4 mars 2020. Au premier plan, la grave grossière à silex roulés (1) est quasi affleurante sur la parcelle (Fy_e). En arrière plan, une légère ondulation (3) marque le raccordement entre le fond de vallée de l'Eure (alluvions récentes Fz et basse terrasse Fy_e) et sa moyenne terrasse (Fy_{c,d}) d'après la carte géologique au 1/50000 du BRGM [©T. Piau 2020]

76 B Ce panorama, pris en pied de moyenne terrasse (1) de l'Eure (Fy_{c,d}), permet d'observer en arrière plan le paléochenal (2) du profil TRE 1 incisé dans les alluvions à silex roulés de la basse terrasse (Fy_e) [© T. Piau 2021]

76 C. En arrière plan, le chenal d'écoulement principal de l'Eure à une centaine de mètres est masqué par une digue (2), mais reste repérable grâce la ripisylve qui borde ses berges (3). Au premier plan le et/ou les deux paléochenaux (1) de l'Eure individualisés sur les levés LiDAR mais dont la lisibilité dans la topographie actuelle des parcelles agricoles est délicate [© F. Dugast 2021]



77 Profils de tomographie de résistivité électrique de la zone atelier de Saussay au lieu dit « Les Terres Noires ». Sur les deux profils de résistivité électrique, les mesures de résistivité apparente forte en rouge renvoient à des faciès grossiers (grave à silex roulés). A contrario, les mesures de résistivité apparente faible (en bleu et vert) renvoient à des faciès sédimentaires plus fins (argiles et limons) [réalisation et traitement C. Vermoux 2021 (UMR 8591); DAO T. Piau 2021]

• Carottages sédimentaires : synthèse et interprétation des résultats

Le 18 mars 2021, cinq carottages réalisés au carottier à percussion Cobra MK1 de l'UMR 8586 PRODIG ont été implantés dans le remblaiement des paléochenaux de l'Eure afin de préciser l'architecture et l'âge des unités sédimentaires préalablement observés sur les deux profils de tomographie de résistivité électrique [fig. 78]. Des analyses sédimentologiques en laboratoire (granulométrie, paramètre texturaux et image CM), actuellement



78 Carottage réalisé à l'aide d'un carottier à percussion cobra MK1 et extraction de la gouge sur la commune de Saussay au lieu dit « Les Terres Noires » [© F. Dugast 2021]

en cours, viendront à terme étayer les observations texturales et structurales des unités, contribuer à caractériser les milieux de sédimentations fluviales associées et finalement préciser les conditions paléohydrologiques. Une datation radiocarbone (^{14}C Accelerated Mass Spectrometry) a été également exécutée au laboratoire BetaAnalytic sur un échantillon de sédiment organique prélevé dans la partie basale du carottage 1. La date obtenue a été calibrée à 2 sigma avec le logiciel OxCal 4.4 (IntelCal20).

Bien que l'interprétation des analyses sédimentologiques soit toujours en cours, il est d'ores et déjà possible de mettre en évidence trois séries sédimentaires distinctes au sein des séquences de remblaiement des paléochenaux de l'Eure au lieu-dit « Les Terres Noires » :

1. une grave à silex roulés, parfois sableuse, dans une matrice argileuse ;
2. des limons argilo-sableux ;
3. des limons sableux et/ou des sables limoneux.

La série sédimentaire basale est constituée d'unités riches en silex dans une matrice argileuse. Elle constitue la charge de fond des chenaux de l'Eure et a été observée systématiquement et de manière continue entre 1 et 2 m de profondeur dans les cinq carottages. Cette série, dont la profondeur est inconnue, est recouverte, sans discontinuité apparente, par des unités sédimentaires de limons argileux gris-bleu, parfois riches en grains de sables et/ou en nodules carbonatés, qui semblent témoigner d'une déconnexion du chenal de l'axe d'écoulement fluvial principal et son remblaiement progressif à partir de l'âge du Bronze. La partie basale de cette séquence est en effet datée, *via* des restes épars de matière organique, de 4220 ± 30 BP [Beta – 593639 ; 4626-4854 cal BP ; 2678-2905 cal BC] (Néolithique récent). Enfin, la série sommitale est constituée de deux unités de limons sableux et/ou de sables limoneux dont la partie supérieure est largement remaniée par les labours agricoles récents. C'est dans ces dépôts (entre 50 cm et 1 m d'épaisseur) que s'est développé le sol actuel. Leur partie basse est plus hydromorphe, de couleur bleu-gris, et est ponctuée de nodules d'oxydation ferro-manganiques. Les unités supérieures sont bioturbées et de couleur jaune orangé à brun orangé. Cette série sédimentaire semble correspondre à des dépôts de débordements de l'Eure, à rattacher à la période moderne, voire à l'époque contemporaine, sans plus de précision en l'absence d'éléments datant [fig. 79].



79 Séquences sédimentaires des remblaiements de chenaux de l'Eure sur la commune de Saussay au lieu dit « Les Terres Noires » prélevées par carottage. Série sédimentaire 1 : grave à silex roulés, parfois sableuse, dans une matrice argileuse. Série sédimentaire 2 : limons argilo sableux. Le rectangle noir localise l'échantillon prélevé pour datation radiocarbone qui a livré une date de 4220 ± 30 BP [Beta 593639 ; 4626 4854 cal BP ; 2678 2905 cal BC]. Série sédimentaire 3 : limons sableux et/ou sables limoneux [© T. Piau 2021]

– Discussion et perspectives de recherche –

L'étude morpho-sédimentaire et paléohydrologique des paléochenaux individualisés sur la commune de Saussay au lieu-dit « Les Terres Noires » a permis d'identifier trois grandes phases :

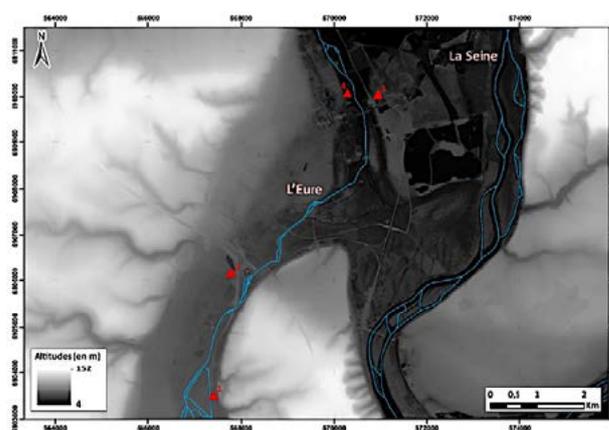
1. mise en place d'un chenal énergétique (profil TRE 1) sans doute vers le milieu de l'Holocène (Subboréal). Il est toutefois possible que ce dernier réoccupe le tracé d'un chenal plus ancien dont les unités sédimentaires ont été érodés *a posteriori* ;
2. déconnexion des chenaux (profils TRE 1 et 2) de l'axe fluvial principal et remblaiement progressif par des limons argileux probablement issus de la dégradation des sols du bassin-versant de l'Eure ;
3. atterrissement et abandon total des chenaux.

Ces premiers résultats indiquent que les chenaux de l'Eure à Saussay sont *a priori* déjà remblayés au moment de l'implantation des indices d'occupation humaine repérés en prospection aérienne. Toutefois, le choix d'une installation sur une montille sablo-graveleuse n'est pas anodine. Elle pourrait s'expliquer par des inondations périodiques de cette portion de la plaine d'inondation de l'Eure à la faveur d'un haut niveau phréatique, comparable à celui observé en mars 2020. Pour l'heure, les données acquises dans cette zone-atelier semblent être en accord avec celles obtenues plus en aval sur la commune de Garennes au lieu-dit « Bellevue »⁵ ou encore près de la confluence avec la Seine, dans la boucle du Vaudreuil notamment. En effet, les séquences sédimentaires indiquent un abandon et un remblaiement progressif des chenaux de l'Eure à la fin du Néolithique récent et au début de l'âge du Bronze (Louviers « La Villette » et Incarville « Les Prés », Val-de-Reuil « Le chemin-

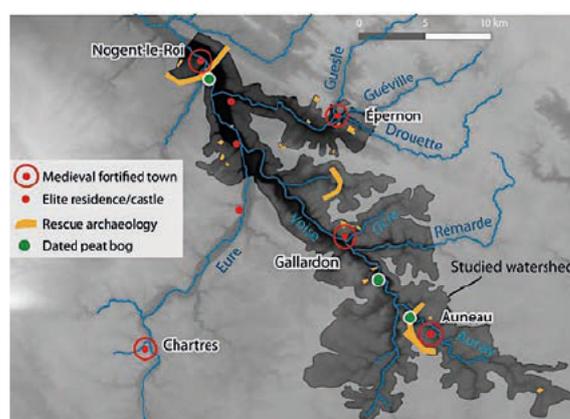
⁵ La paléogéographie et la séquence de remblaiement d'un paléochenal de l'Eure au lieu-dit « Bellevue » à Vieux-Évroux daté de 3690 ± 30 BP [Beta a-538257 ; 3924-4146 cal BP ; 1975-2197 cal BC] (Bouzeau et al.) [Rappo 2019 : 100 ; Piau et al. 2020 : 194]

aux-errants »⁶ et « Les Noés de Léry »⁷). Ces premiers éléments vont dans le sens d'une métamorphose fluviale synchrone de l'Eure probablement sous les effets d'une dégradation accrue de la couverture pédo-sédimentaire sur les plateaux et les versants.

Toutefois, dans les chenaux investigués jusqu'à présent en vallée de l'Eure moyenne, l'absence de sédiments à dominante organique (tourbes et/ou argile organique) caractéristiques du début de l'Holocène (Préboréal, Boréal et/ou Atlantique) pourrait témoigner d'une érosion de ces derniers liée à une réactivation hydrodynamique à l'origine de la mise en place d'une nouvelle génération de chenaux au début du Subboréal ou tout simplement d'un faible taux de sédimentation dans le chenal d'écoulement principal. À plus longue échéance, il conviendra de mettre en perspective ces résultats avec la portion amont du bassin-versant de l'Eure où plusieurs opérations d'archéologie préventive conduites par le Service de l'archéologie du Conseil général d'Eure-et-Loir (fouilles et diagnostics) ont permis d'appréhender d'autres séquences sédimentaires fluviales holocènes de l'Eure – Coulombs « déviation de Nogent-le-Roi, section RD 116/RD 4 », 2018 ; Nogent-le-Roi et Lormaye, « Aménagement de la déviation routière de Nogent-le-Roi. Tronçon BD », 2013 ; Lormaye « Les Pâtures », 2014. Ces dernières ont d'ailleurs mis au jour d'épaisses sédimentations organiques stratifiées et rattachées à la seconde moitié de l'Holocène [fig. 80-81].



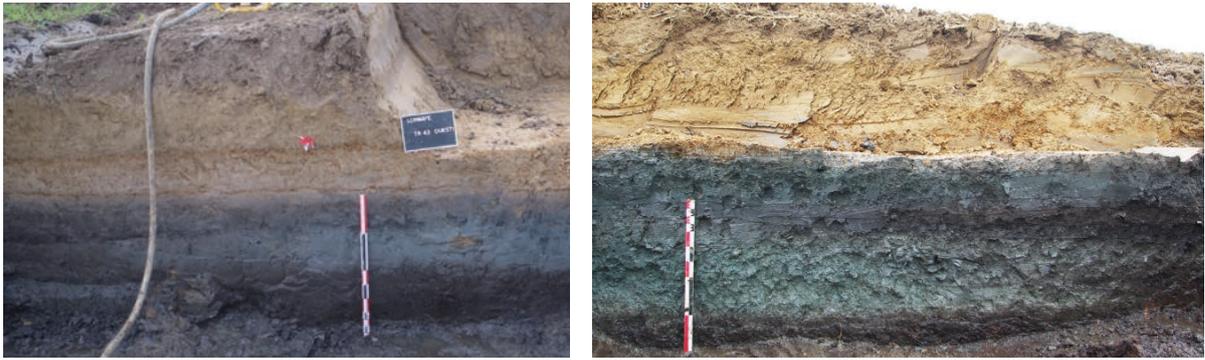
80 Localisation des séquences sédimentaires dans la basse vallée de l'Eure. 1. Louviers « La Vilette », 2. Incarville « Les Prés », 3. « Les Chemin aux errants », 4. « Les Noés de Léry » [sources : BD Carthage & RGE Alti 1 m réalisation T. Piau 2019]



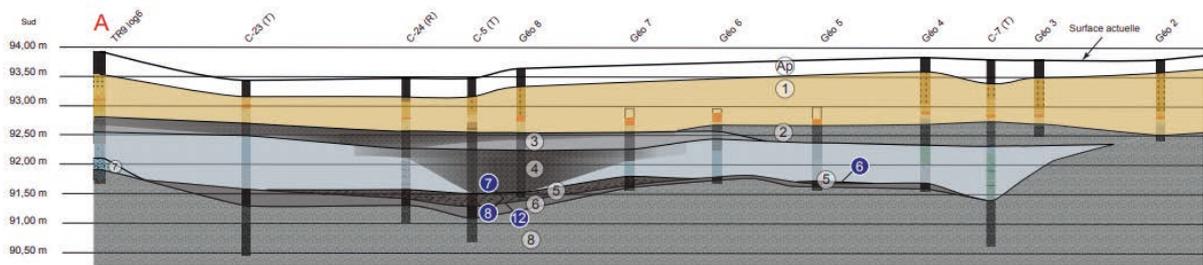
81 Carte de localisation des opérations archéologiques préventives dans la section amont du bassin versant de l'Eure, en aval de la ville de Chartres. Elles ont permis d'appréhender les formations sédimentaires fluviales de l'Eure (Nogent le Roi, Lormay et Coulombs) et deux de ses affluents de rive droite : les vallées de la Drouette (Hanches, Droue sur Drouette) et de l'Aunay (Auneau) [d'après Borderie et al. 2019]

Les unités tourbeuses mises au jour à Lormaye « Les Pâtures » ont été relevées dans une dépression (paléocheval ?) au sein des alluvions grossières à silex roulés (*i.e.* basse terrasse) qui nappent le fond de la vallée de l'Eure en rive gauche [fig. 82-83]. Elles peuvent atteindre localement 1 m d'épaisseur et reposent sur des alluvions graveleuses (3 m d'épaisseur), plus ou moins riches en sables. La tourbogenèse débute vers **3300 ± 30 BP** [Poz-60879 ; 3451-3578 cal BP ; 1502-1629 cal BC]. Elle est interrompue par des unités limono-sableuses à sablo-limoneuses (1,20 m d'épaisseur environ) aux alentours de **1115 ± 30 BP** [Poz-60871 ; 937-1176 cal BP ; 775-1014 cal AD]. La partie basale de la série tourbeuse a ponctuellement livré des pièces lithiques et céramiques rattachées au Néolithique récent et à l'âge du Bronze. Ainsi, le développement tardif d'unités tourbeuses entre le milieu de l'âge du Bronze et le Haut Moyen-Âge est un phénomène qui a déjà été individua-

6 À Louves « La Vilette » et « Les Prés », des appositions (agressives) à la fin des processus de bouffant et de l'occupation assés (Néolithique récent) [Gagny (d) 2005]
 7 La séquence de la basse vallée de l'Eure débute par une phase d'occupation avec des tourbeuses datées de **3830 ± 35 BP** [4096-4404 cal BP ; 2147-2455 cal BC], soit à l'âge du Bronze [Leblond 2016]



82 Sédimentation organique observée dans la plaine d'inondation de l'Eure à Lormaye « Les Pâtures » [d'après Borderie, Chamaux 2014]

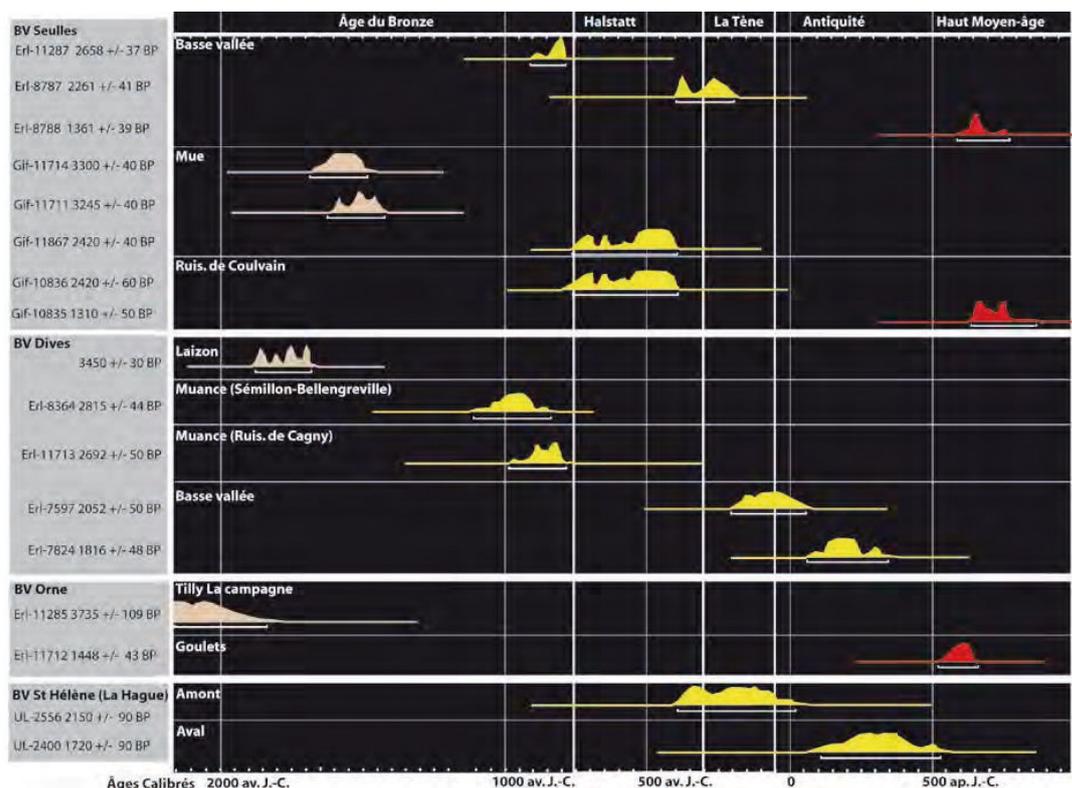


83 Transect géomorphologique dans la plaine d'inondation de l'Eure à Lormaye « Les Pâtures » [d'après Borderie, Chamaux 2014]

lisé dans les vallées du bassin de la Seine. Il illustre la variabilité croissante des enregistrements sédimentaires fluviaux holocènes. En effet, bien qu'à partir du Subboréal, la sédimentation détritique prédomine dans les plaines d'inondation des vallées principales du système séquanien (Seine, Oise, Marne, Yonne), des complexes organo-tufacés peuvent perdurer localement dans le temps jusqu'au Subatlantique [Pastre *et al.* 2014] :

- au cours de la seconde moitié du Subboréal, l'exhaussement limoneux progressif des lits mineurs et la réduction de leurs sections en travers s'accompagnent d'une remontée du niveau des nappes phréatiques et d'une reprise ou d'un maintien de la sédimentation tourbeuse dans les zones les plus déprimées dans la vallée de l'Oise (Houdancourt « ruisseau des Épinères », Pontpoint « fossé Traxin » et Longueil-Sainte-Marie « Le Cul de Fayel »), phénomène asynchrone également observé dans les vallées secondaires de la Plaine de France (La Beuvronne à Compans, Claye-Souilly et Annet-sur-Marne) ;
- l'augmentation significative de la pluviométrie et le relèvement des nappes phréatiques en réponse à l'événement climatique rapide de 2800 cal BP induisent, durant le premier âge du Fer (Hallstatt), un maintien ou une recrudescence de la tourbogenèse avant 2500 cal BP dans les organismes secondaires de la Seine moyenne (Beuvronne à Claye-Souilly, Crould à Goussainville, La Mérantaise au « Moulins d'Ors »), auxquels s'ajoute parfois une artificialisation précoce du milieu alluvial ;
- l'Antiquité tardive et le Haut Moyen-Âge voient aussi un ralentissement de l'activité fluviale et une réduction des processus d'alluvionnement qui s'accompagnent d'une extension de nouvelles petites unités tourbeuses dans les vallées secondaires de l'Oise (l'Esches et de La Serre) et de la Marne (La Beuvronne, Le Crould). Cette baisse relative de l'activité hydrodynamique semble s'amorcer entre 1800 et 1700 cal BP.

La sédimentation tourbeuse observée en vallée de l'Eure à Lormaye « Les Pâtures » semble s'inscrire dans ces tendances bien qu'il ne soit, en l'état actuel des connaissances, pas possible d'en identifier les causes principales : forçages climatique (événement de 2800 cal BP) et/ou anthropique (perturbation locale de drainage, mutation des pratiques agro-sylvo-pastorales) et/ou « effets de sites » (dépression dans la grave à silex roulés, haut niveau phréa-



84 « Datations radiocarbones obtenues sur les derniers dépôts organiques fossilisés par les premiers atterrissements détritiques de fond de vallée enregistrés en Basse Normandie. En beige, atterrissements précoces et partiels (âge du Bronze) ; en jaune, atterrissements généralisés (âge du Fer et Antiquité) ; en rouge, atterrissements tardifs (époque médiévale) » [d'après Lespez 2012 : 90]

tique, zone de confluence avec la vallée des Vacheresses). Toutefois, les données acquises plus en aval semblent plutôt plaider pour un « effet de site », les paléochenaux de l'Eure individualisés à Saussay « Les Terres Noires », Garennes-sur-Eure « Bellevue » et dans la boucle du Vaudreuil étant systématiquement remblayés par une sédimentation détritique dès le Néolithique récent et le Bronze ancien. Il est à noter que dans la plaine de Caen, L. Lespez et ses collaborateurs ont aussi mis en évidence localement des dépôts organiques tardifs, attribués au Haut Moyen-Âge dans les vallées de la Seullès et de l'Orne [Lespez 2012] [fig. 84].

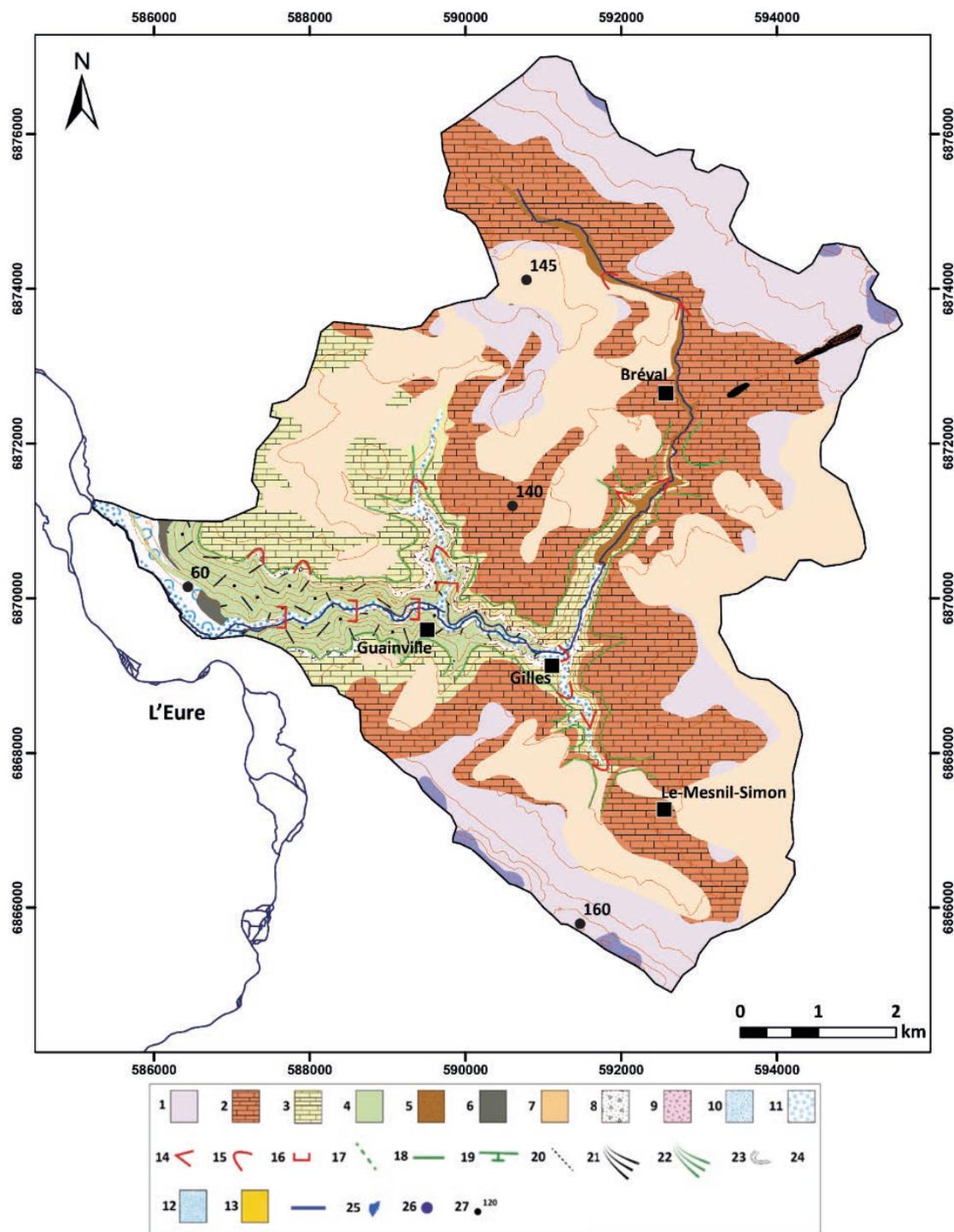
Reconnaissance des séquences sédimentaires fluviales dans les sous-bassins de l'Eure en rive droite : les vallées du Radon et de la Vesgre

L'année 2021 a également été l'occasion de poursuivre la reconnaissance géomorphologique des séquences sédimentaires fluviales de deux vallées affluentes de l'Eure en rive droite, le Radon et la Vesgre. L'ambition de ces nouvelles observations de terrain était de proposer une estimation de leur potentialité paléo-environnementale et d'établir les premiers jalons d'un cadre chronostratigraphique dans l'optique, à terme, de réaliser un budget sédimentaire holocène. Ces données ont été mises en perspective avec la portion amont du bassin-versant de l'Eure où des opérations d'archéologie préventive ont permis d'appréhender les remblaiements alluviaux de deux autres vallées secondaires de rive droite en aval de Chartres : la Voise (et l'un de ses affluents, l'Aunay) et la Drouette.

– Cadre géomorphologique des vallées du Radon et de la Vesgre –

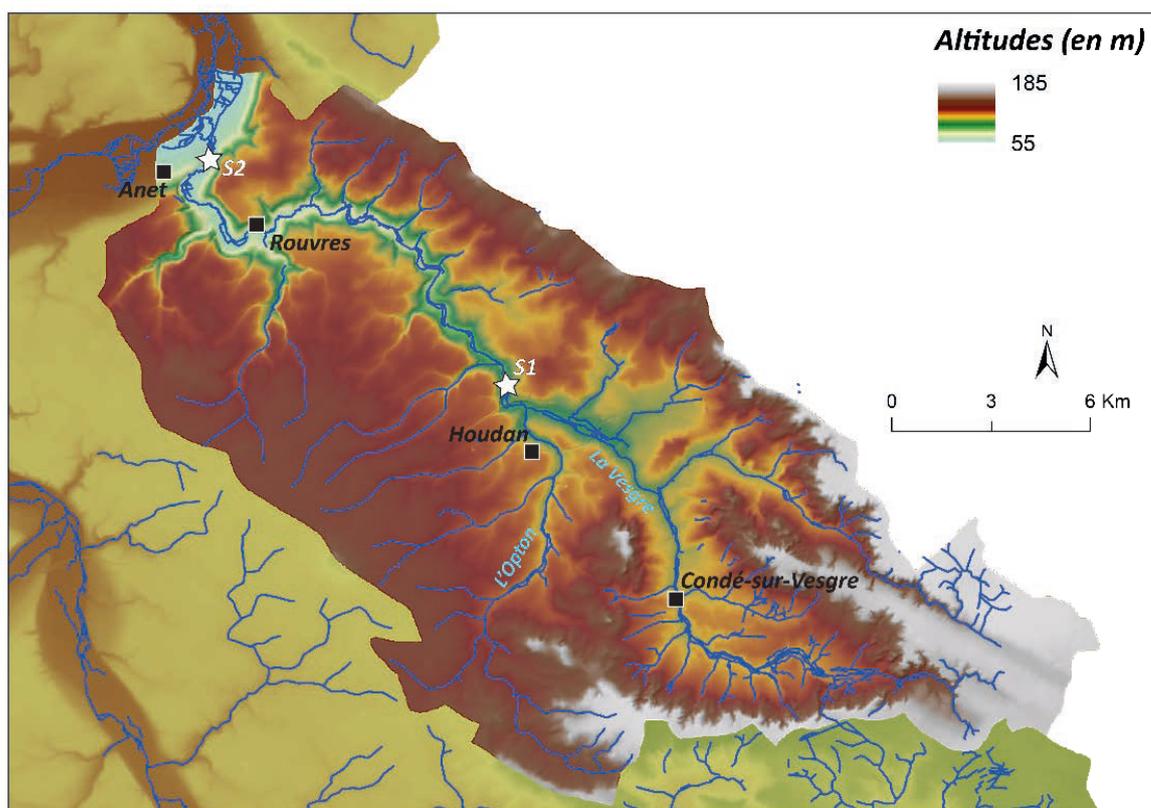
Les petits affluents de l'Eure en rive droite se distinguent de leurs voisins de rive gauche, développés dans la craie. Les vallées du Radon et de la Vesgre se caractérisent par un profil transversal régulier et ne présentent

qu'un drain unique à l'opposé des vallées crayeuses en rive gauche qui s'organisent en un ensemble de petits drains multiples dans leur partie amont [Dewolf 1977]. L'une et l'autre sont *a priori* marquées par l'absence d'un étagement des formes alluviales. D'après la carte géologique au 1/50 000^e (feuille d'Houdan), les séquences sédimentaires fluviales de la Vesgre sont constituées d'unités sablo-limoneuses, parfois tourbeuses et dont l'épaisseur peut atteindre localement 11 m (Houdan). Aussi, le Radon est aujourd'hui incisé d'un mètre environ

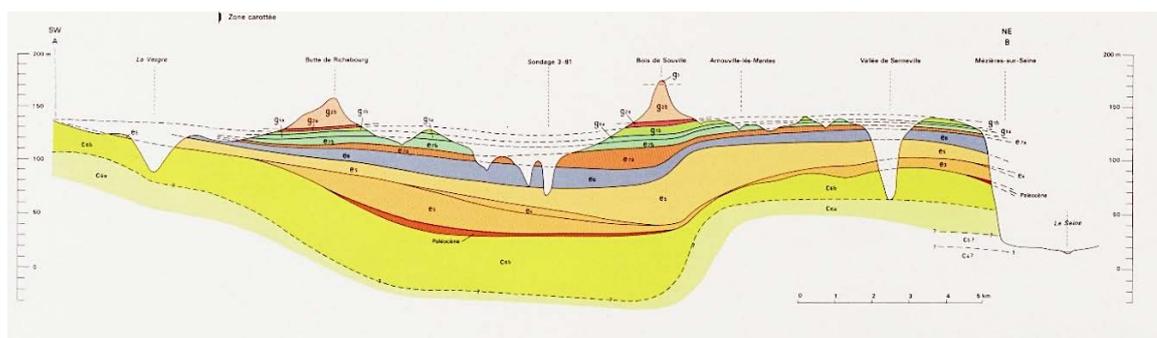


85 Carte géomorphologique du sous bassin du Radon en rive droite de l'Eure. 1. Bancs meulériés encadrant une épaisse couche sableuse (g2, g1), Stampien Sannoisien. 2. Intercalations calcaires dans marnes et sables (e7, e6), Ludien Bartonien. 3. Calcaire grossier sur argiles et sables (e5, e3), Lutétien Yprésien. 4. Craie à silex (c6, C5), Campanien. 5. Colluvions de fond de vallon et vallée. 6. Colluvions de versant. 7. Lœss. 8. Bief à silex. 9. Argile à silex. 10. Alluvions de moyenne terrasse (Fx). 11. Alluvions de basse terrasse (Fy). 12. Alluvions récentes (Fz). 13. Sables de Lozère, 14. Vallon en V. 15. Vallon en berceau. 16. Vallon à fond plat. 17. Rupture de pente concave. 18. Rupture de pente de convexe. 19. Versant régulier lié au sapement fluvial. 20. Axe synclinal. 21. Glaciaire colluvial alluvial. 22. Glacis alluvial. 23. Courbes de niveau, équidistance 10 m. 24. Chenal d'écoulement permanent. 25. Étang ou ballastière inondée. 26. Source. 27. Cotes en mètre [réalisation T. Piau 2021]

dans les alluvions limoneuses de sa plaine alluviale et n'emprunte plus, sur certains tronçons (basse vallée), les points bas du fond de vallée. Cette migration de la rivière hors de son talweg semble être liée à son artificialisation croissante depuis la période médiévale (six moulins à eau et biefs associés). La confluence du Radon avec l'Eure est totalement artificielle et, d'après les cartes de Cassini, d'État-Major et les planches du cadastre napoléonien de la commune de Garennes-sur-Eure, remonterait au début du xv^e siècle. Ce constat s'observe aussi pour la vallée de la Vesgre, rivière dont le cours est aujourd'hui largement aménagé, reprofilé et recalibré par un réseau de douze moulins à eau. Dans sa basse vallée, les cartes anciennes (État-Major) et plus récente (IGN) mentionnent l'existence de zones humides au sein de sa plaine d'inondation. Enfin, deux zones d'exurgences ont été identifiées dans le bassin-versant du Radon. Ces exurgences sont liées aux circulations des eaux de pluie dans le réseau karstique du calcaire lutétien, eaux pluviales qui se retrouvent par la suite bloquées par les niveaux argileux et marneux imperméables (Lutétien et/ou Yprésien) [fig. 85-91].



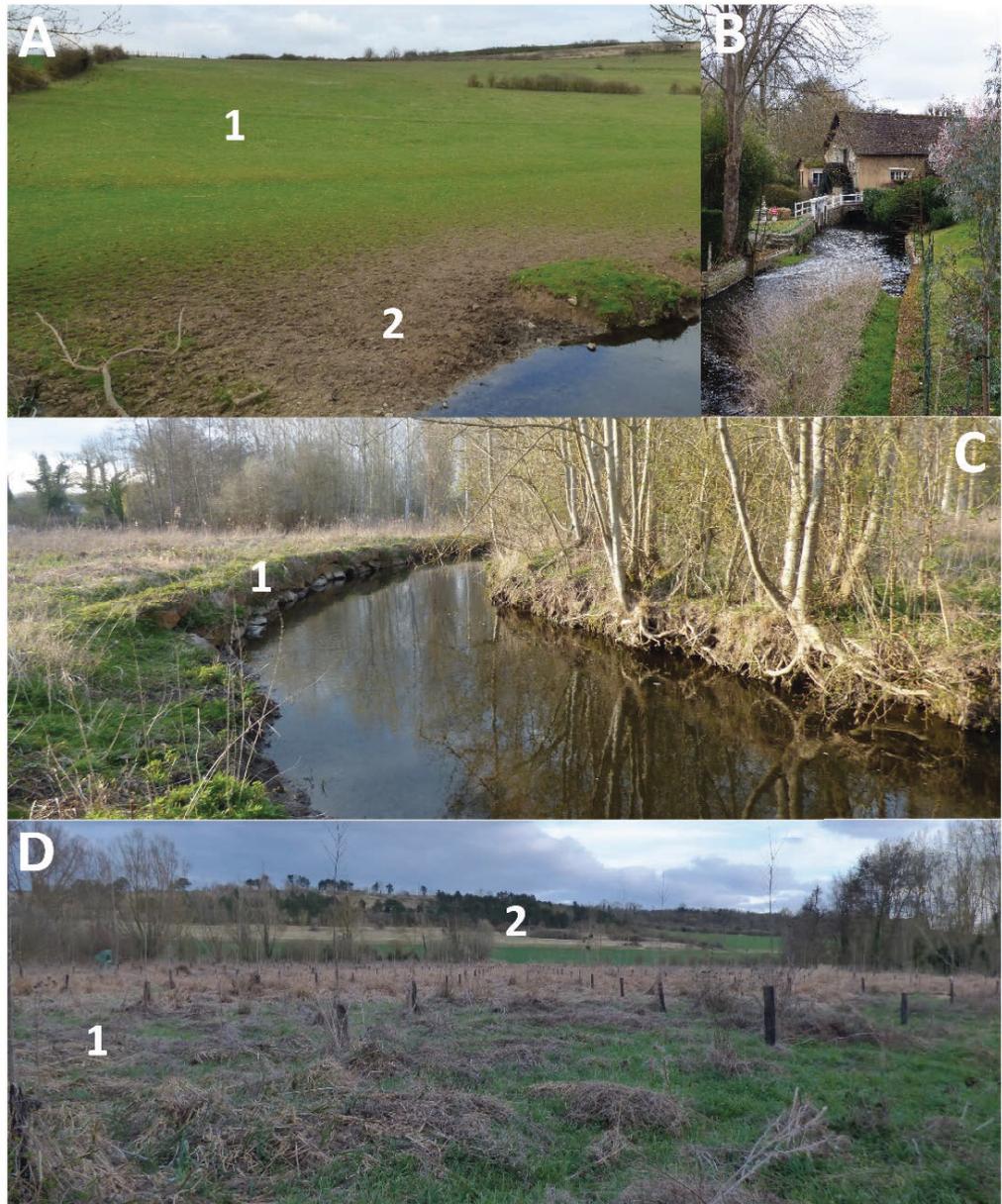
86 Contexte topographique du bassin versant de la Vesgre et localisation des sondages exploratoires à la tarière pédologique S1 (au lieu dit « le Moulin ») et S2 (au lieu dit « Prés de l'Arche ») [fond orographique : BD Alti 25 m de l'IGN ; fonds hydrographique : BD Carthage de l'IGN ; système de coordonnées Lambert 93 Conformal Conic réalisation T. Piau 2021]



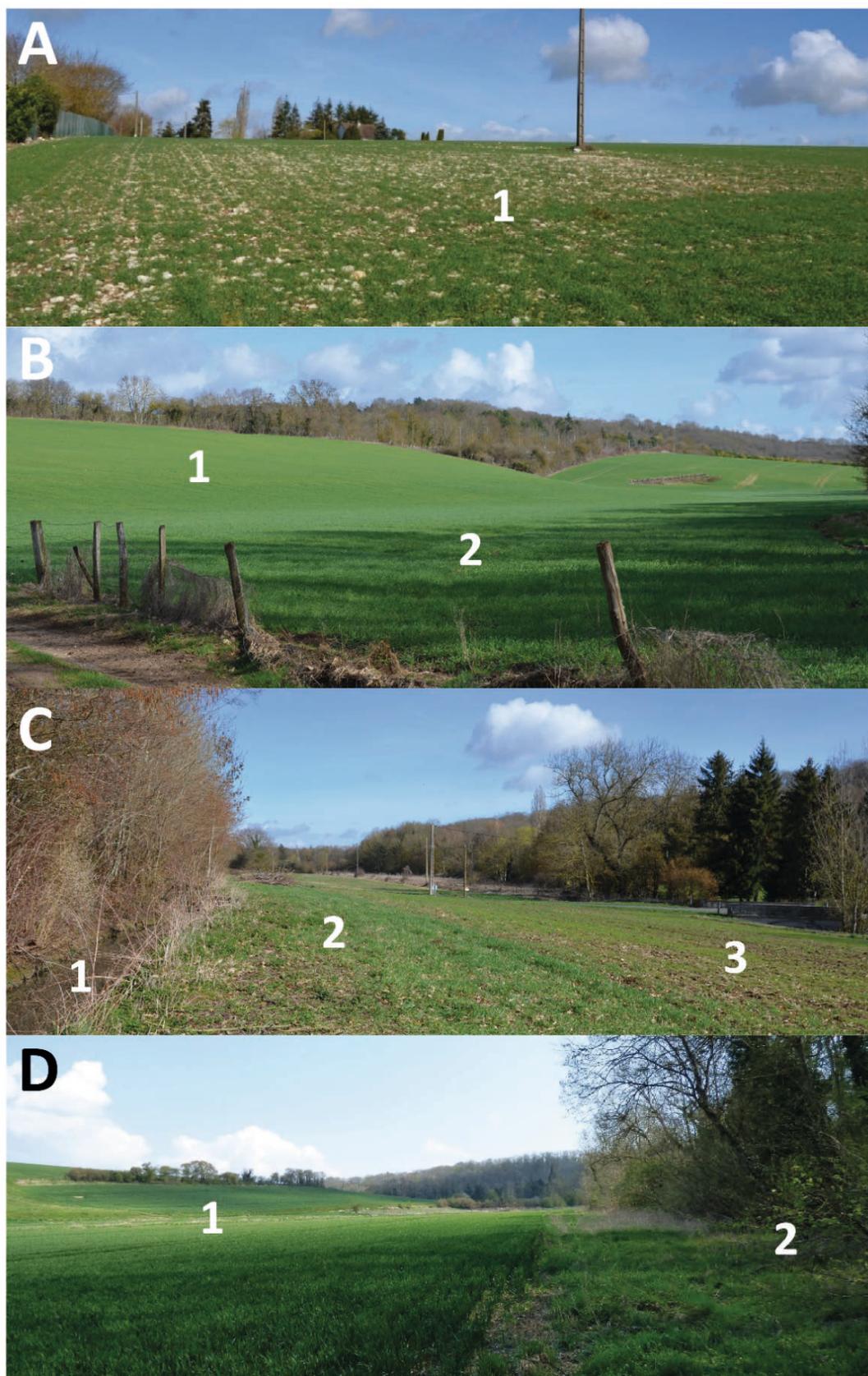
87 Coupe géologique de la feuille d'Houdan [d'après Turland et al. 1975]. La vallée de la Vesgre, à droite, est largement ouverte dans les séries tertiaires du Bassin parisien [© Infoterre (BRGM)]



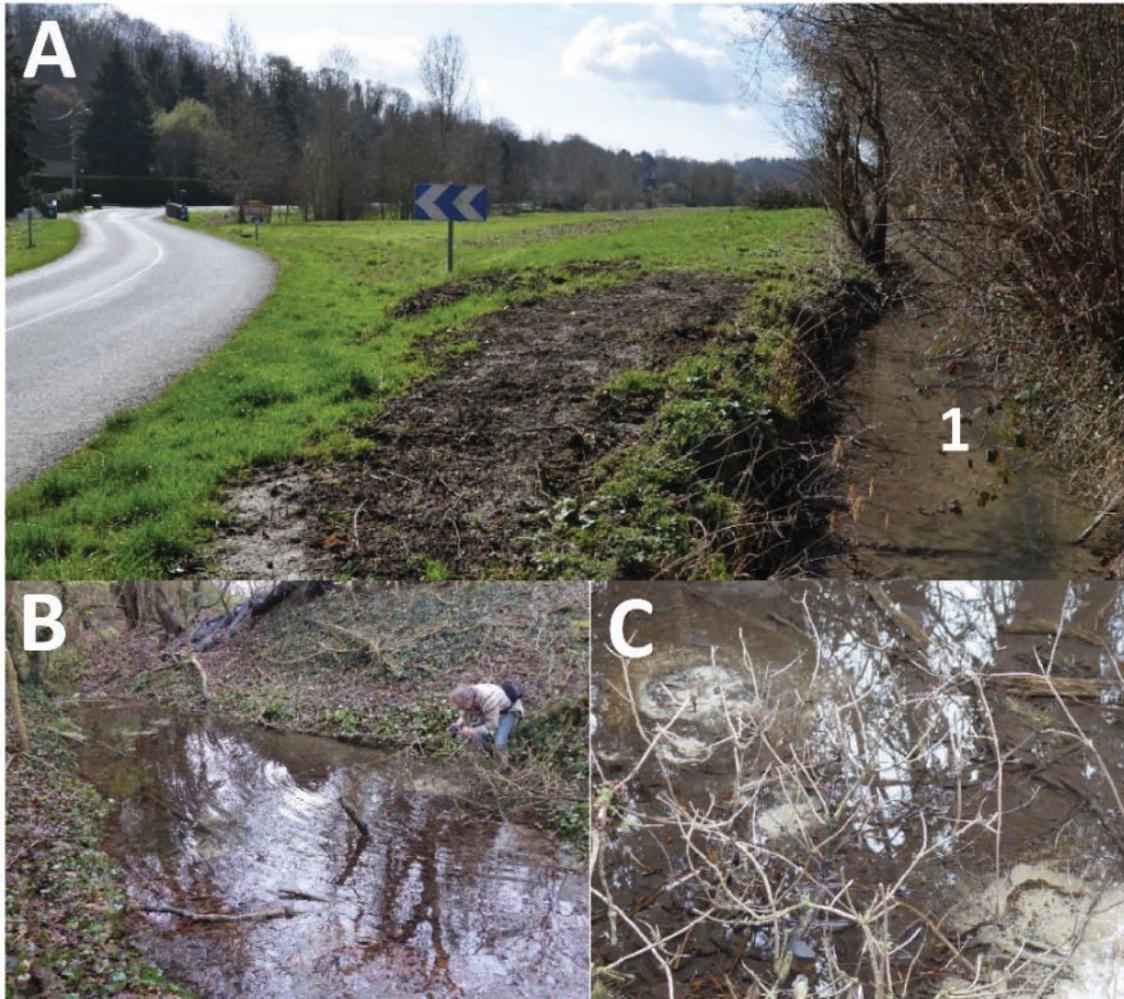
88 Cartes postales illustrant deux aménagements hydrauliques sur le cours de la Vesgre : les moulins de Berchères sur Vesgre (à gauche) et de « la Folie » (à droite ; cf. fig. 19.B) [© cartorum]



89 A. Fond de vallée de la Vesgre dans sa portion médiane au lieu dit « Prés de l'Arche » à Rouvres. Au second plan, le raccordement entre les versants en pentes douces et le fond de vallée. B. Aménagement hydraulique (« Moulin de la Folie ») de la Vesgre au lieu dit « Prés de l'Arche » à Rouvres dans sa section médian. C. Le cours de la Vesgre dans sa portion aval, près de la confluence avec l'Eure. Ici, il s'agit d'un tronçon largement artificialisé par les activités anthropiques modernes au lieu dit « le Pont au Roy ». Noter la présence d'un enrochement de berge en rive concave afin de limiter l'érosion. D. Plaine d'inondation de la Vesgre en rive droite dans sa basse vallée au lieu dit « le Pont au Roy ». Noter la présence au premier plan d'une végétation hygrophile caractéristique d'une zone humide. En arrière plan, le versant se raccorde en pente douce avec le fond de vallée [©T. Piau 2021]



90 **A.** Substrat calcaire affleurant en rebord de plateau dans le sous bassin du Radon (1) [© F. Bétard 2019].
B. Basse vallée du Radon. Noter le faible remblaiement alluvial de la plaine d'inondation (1), le versant (2) se raccordant directement au fond de vallée. **C.** Glacis colluvial (2) identifié dans la moyenne vallée du Radon (3).
 Noter également le fossé de drainage à l'extrémité gauche de la photographie (1), interrompant le glacis colluvial [© T. Piau 2019]. **D.** Modification d'origine anthropique du cours du Radon dans sa basse vallée, près de sa confluence avec l'Eure près du lieu dit « La Motte ». Celui-ci a été déplacé hors de sa zone de talweg (1) en pied de versant de rive gauche (2) [© T. Piau 2021]



91 A. Fossé de drainage agricole (1) mettant en évidence un suintement au contact calcaire argiles à l'entrée de la commune de Gilles dans le sous bassin du Radon [© F. Bétard 2014]. B. et C. Exurgence karstique dans un vallon sec du sous bassin du Radon [© C. Guillemain 2017]

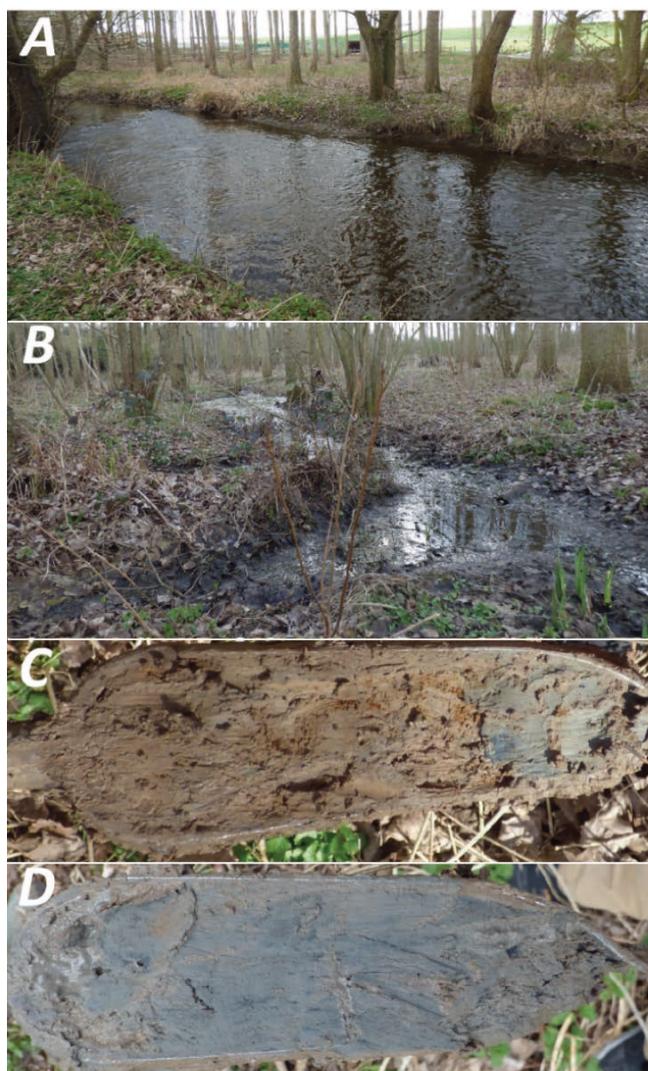
– La Vesgre : des tourbes à fort potentiel paléoenvironnemental pour documenter les pratiques agro-pastorales de la seconde moitié de l'Holocène –

Les observations géomorphologiques se sont focalisées sur les portions moyenne et aval de la vallée de la Vesgre. Des sondages exploratoires à la tarière pédologique ont permis de caractériser la nature du remblaiement alluvial et d'établir les premiers jalons d'un cadre chronostratigraphique dans sa portion aval près de sa confluence avec l'Eure. L'interprétation des analyses sédimentologiques est actuellement en cours.

Dans sa portion médiane, deux sondages ont été réalisés au lieu-dit « le Moulin ». Sur ce tronçon, la plaine d'inondation de la Vesgre est marquée par la présence d'une zone humide parcourue par de petits drains secondaires probablement d'origine anthropique et pour la plupart en cours d'atterrissement, au moins durant la période estivale. Les sondages implantés en rive droite à proximité immédiate du lit mineur (plaine d'inondation proximale) ont révélé la faiblesse du remblaiement alluvial (environ 1 m). Ce dernier est constitué d'une sédimentation fine à dominante limono-argileuse avec de nombreux restes organiques dans sa partie médiane (débris ligneux et végétaux). La partie basale de la séquence, dont l'épaisseur est inconnue, est constituée d'une unité sableuse qui est apparue dès 0,75 m de profondeur. Le niveau de la nappe phréatique et le caractère humide

des sédiments ne nous a cependant pas permis de la sonder plus profondément. Cette unité semble néanmoins comparable à celle observée dans le fond du chenal d'écoulement principal de la Vesgre, laissant ainsi supposer une migration de son lit à une période encore indéterminée en l'absence d'éléments datant [fig. 92].

Dans sa portion aval, deux sondages exploratoires à la tarière pédologique ont été réalisés au lieu-dit « le Pont au Roy », l'un en rive gauche en plaine d'inondation proximale, le second en rive droite en plaine d'inondation distale. La végétation hygrophile et l'absence de cultures dans les parcelles investiguées laissent présager la présence d'une zone humide, mentionnée par ailleurs sur la carte topographique au 1/25 000^e de l'IGN. Les deux sondages ont confirmé cette hypothèse et révélé la présence d'une sédimentation organique (entre 20 et 60 cm d'épaisseur), alternant entre des unités d'argile organique et des unités tourbeuses riches en débris ligneux. En raison du haut niveau de la nappe phréatique et de l'engorgement des sédiments tourbeux, les sondages à la tarière pédologique n'ont pas pu dépasser 1 m de profondeur et la partie basale du remblaiement n'a pu être atteinte. Deux datations radiocarbone ont toutefois été réalisées au laboratoire Beta Analytic sur deux échantillons ligneux. Le premier, prélevé entre 60 et 70 cm de profondeur en rive gauche de la Vesgre, a livré une date de 920 ± 30 BP [Beta 593641 : 741-915 cal BP ; 1035-1210 cal AD]. Le second échantillon, prélevé en rive droite entre 85 et 90 cm de profondeur, a donné une date plus ancienne : 1540 ± 30 BP [Beta 593642 : 1353-1517 cal BP ; 433-598 cal AD]. Ces unités tourbeuses sont scellées, dans leur partie sommitale, par des limons argileux, plus ou moins sableux.



92 A. Cours de la Vesgre au lieu dit « le Moulin ». B. Zone humide au sein de sa plaine d'inondation proximale. Celle-ci est parcourue par de petits drains d'origine anthropique en cours d'atterrissement durant la période estivale. C et D. Sédimentation observée dans le remblaiement alluvial de la Vesgre au lieu dit « Le Moulin » entre 20-40 cm (C) et 60-80 cm (D) de profondeur [© T. Piau 2021]

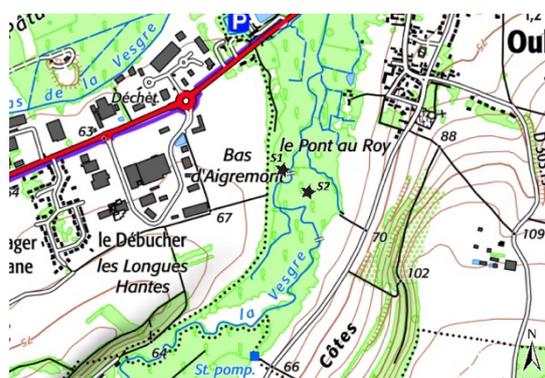
Ainsi, ces premiers éléments de datation invitent à poursuivre les investigations de terrain dans cette vallée secondaire dont la sédimentation tourbeuse est susceptible de fournir de précieux enregistrements polliniques permettant de documenter l'évolution des paysages à l'Holocène récent dans cette portion médiane de la vallée de l'Eure, encore peu documentée d'un point de vue paléoenvironnemental. Ces séquences sédimentaires fluviales permettraient alors de caractériser les pratiques agro-sylvo-pastorales mis en œuvre dans ses terroirs alluviaux et leurs environs (plateaux et versants adjacents) en lien avec l'occupation humaine. Le remblaiement alluvial individualisé en basse vallée de la Vesgre contraste par ailleurs sensiblement avec celui du sous-bassin du Radon exclusivement limoneux [fig. 93-95].



93 Unités sédimentaires prélevées par sondage à la tarière pédologique de la séquence de remblaiement de la Vesgre aval en rive gauche au lieu dit « le Pont au Roy ». A. entre 0 et 20 cm ; B. entre 20 et 40 cm ; C. entre 40 et 60 cm ; D. entre 60 et 70 cm. Le rectangle blanc localise le prélèvement de restes ligneux pour une datation radiocarbone au laboratoire Beta Analytic (Beta 593641 : 741 915 cal BP ; 1035 1210 cal AD) [© T. Piau 2021]



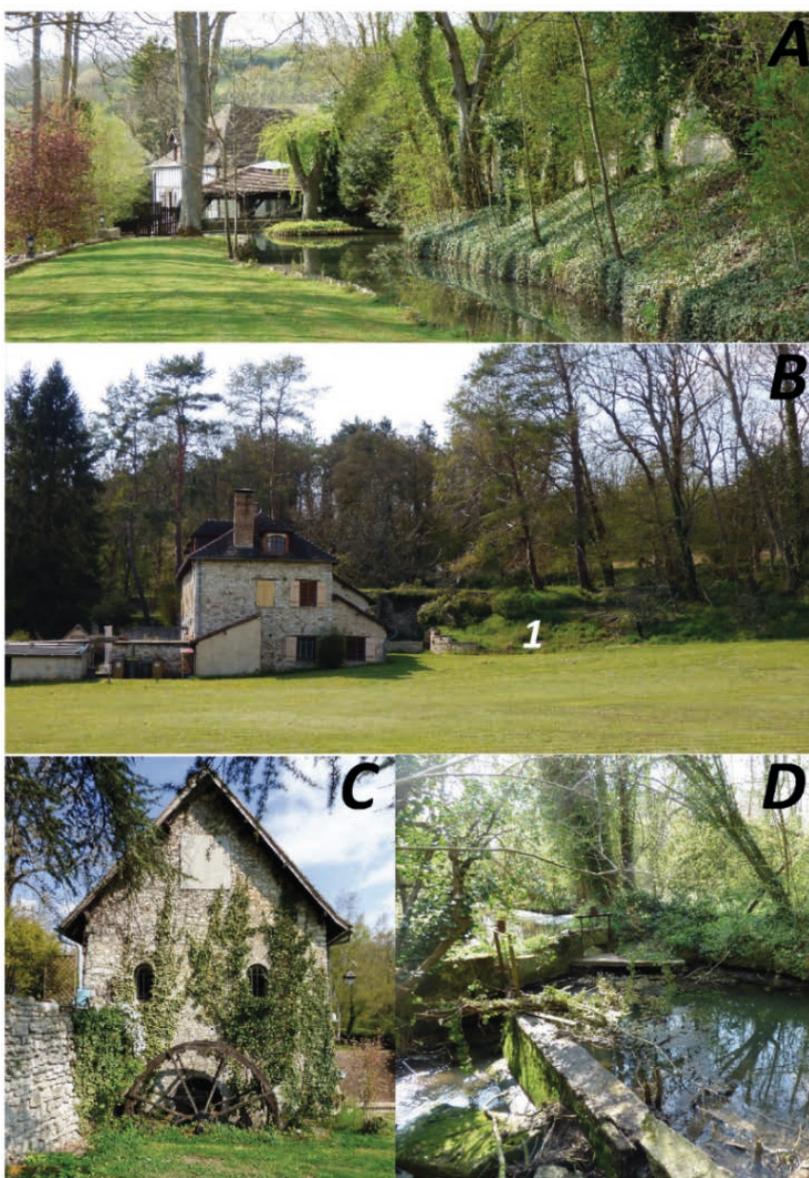
94 Unités sédimentaires prélevées par sondage à la tarière pédologique de la séquence de remblaiement en rive droite dans sa portion aval au lieu dit « le Pont au Roy ». A. entre 0 et 20 cm ; B. entre 20 et 40 cm ; C. entre 40 et 60 cm ; D. entre 60 et 80 cm ; E. entre 80 et 90 cm. Le rectangle blanc localise le prélèvement de restes ligneux pour une datation radiocarbone au laboratoire Beta Analytic (Beta 593642 : 1353 1517 cal BP ; 433 598 cal AD) [© T. Piau 2021]



95 Localisation des sondages à la tarière pédologique en vallée de la Vesgre amont, au lieu dit « Le Moulin » (à gauche) et « le Pont Neuf » [réalisation T. Piau 2021]

– Le Radon : une érosion des sols accrue postérieure au xv^e siècle –

Des sondages exploratoires à la tarière pédologique ont été réalisés également dans le fond de vallée du Radon dont le cours est largement artificialisé par des aménagements hydrauliques de la période moderne et contemporaine [fig. 96]. Dans ses portions amont, moyenne et aval, un remblaiement limoneux homogène, généralement supérieur à 1 m, y a été observé. Une datation radiocarbone a été réalisée sur une coupe de berge en rive concave au lieu-dit « le Moulin Hinier ». La partie basale de cette séquence fluviatile, d'environ 1,20 m d'épaisseur et qui repose sans discontinuité apparente sur une grave grossière à silex roulés, a été datée grâce à des micro-charbons de bois de 410 ± 30 BP [Beta - 609922 : 328-519 cal BP ; 1432-1622 cal AD). Ces premiers éléments semblent indiquer une érosion accrue de la couverture pédo-sédimentaire des plateaux et des versants adjacents générée et/ou accélérée par les pratiques agro-sylvo-pastorales contemporaines et/ou postérieures à la période moderne (aux alentours du xv^e siècle). Il est probable que la largeur réduite du fond de vallée (entre 200 et 300 m) et la vigueur des systèmes de pentes des versants environnants, *a fortiori* plus sensible à l'érosion par ruissellement diffus et/ou concentré, explique l'exhaussement limoneux conséquent du plancher alluvial. Il conviendrait toutefois de réaliser d'autres datations afin d'étayer cette interprétation préliminaire [fig. 97-98].



96 Aménagements hydrauliques sur le cours du Radon (moulins de dérivation et d'étang). A. « Moulin Hinier » ; B. Moulin de la Leu. Noter le bief perché (1). C et D. « Moulin de l'étang » en tête du bassin versant du Radon. Il est alimenté en eau par un étang. A droite (D), une vanne éclusière permet de réguler le débit d'eau et d'actionner la roue meunière plus en aval [© T. Piau 2021]



97 A. Remblaiement limoneux homogène d'environ 1 m observé au lieu dit « les blancs fossés » sur une coupe de berge en rive concave du Radon dans sa portion amont. B. et C. Remblaiement limoneux observé en plaine d'inondation proximale du Radon près du lieu dit « La Motte » dans sa basse vallée sur près de 80 cm [© T. Piau 2021]



98 A et B. Remblaiement sédimentaire du Radon dans sa basse vallée au lieu dit « Le Moulin Hinier ». C. Localisation des prélèvements pour des analyses sédimentologiques en laboratoire. Le rectangle noir indique la position des micro charbons de bois prélevés pour datation AMS. Ces derniers ont livré une date de 410 ± 30 BP [Beta 609922 : 328 519 cal BP ; 1432 1622 cal AD] [© T. Pia, 2021]

– Discussion et perspectives de recherche –

La dernière décennie a vu croître les synthèses sur les organismes fluviaux secondaires du bassin de la Seine (1 à 6 selon l'ordination de Strahler, puissance spécifique inférieure à 15 W/m²), aussi bien dans le domaine de l'hydrogéomorphologie fluviale que des paléoenvironnements et de la géoarchéologie. Les systèmes « ordinaires » sont *a fortiori* susceptibles d'apporter des informations complémentaires sur la chronologie et les modalités de l'anthropisation locale des paysages fluviaux. Ces dernières sont plus difficilement perceptibles dans les corps sédimentaires des cours d'eau de rang supérieur où les emboîtements d'échelle viennent masquer le rôle des variables endogènes et des éventuels forçages anthropiques. Toutefois, les vallées secondaires du sud de la Seine et en particulier en vallée de l'Eure n'ont fait l'objet que de rares études paléoenvironnementales et/ou géoarchéologiques. Les données géomorphologiques acquises durant l'année 2021 (vallées du Radon et de la Vesgre) méritent par conséquent d'être mises en perspective avec celles obtenues dans d'autres vallées secondaires de la portion amont du bassin-versant de l'Eure.

Cette approche comparative ambitionne à terme :

- de juger du caractère synchrone ou non des réponses hydro-sédimentaires des sous-bassins de rive droite de l'Eure largement ouverts dans les dépôts tertiaires ;
- de questionner la synchronicité des épisodes détritiques enregistrés dans les sous-bassins avec ceux individualisés dans le remblaiement sédimentaire des formes fluviales héritées de l'Eure dans son fond de vallée (*i.e.* les zones-ateliers de Saussay « Les Terres Noires » et Garennes-sur-Eure « Bellevue ») ;
- de mesurer le rôle respectif de chacun des forçages (anthropiques et climatiques) et des effets des emboîtements d'échelle sur la propagation des signaux sédimentaires, des vallons élémentaires au fond de vallée de l'Eure, en lien avec l'organisation spatiale des points de peuplement humain.

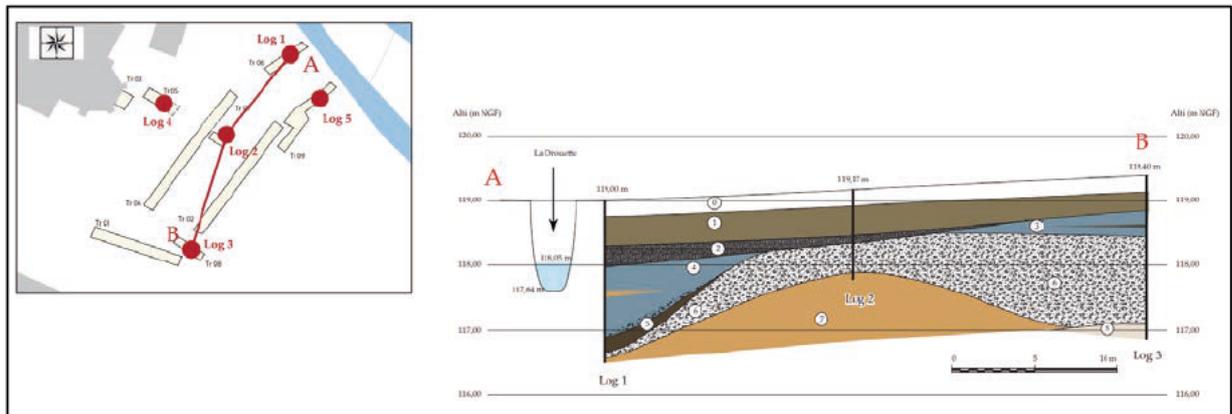
Entre 2009 et 2019, quatre opérations d'archéologie préventive ont permis d'appréhender les remblaiements alluviaux des vallées de l'Aunay (affluent de rive droite de la Voise) et de la Drouette : 1/ Auneau « Aménagement de la déviation routière d'Auneau (section RD 18 - RD 116 - RD 19) », 2009 ; 2/ Auneau « l'Hermitage », 2012 ; 3/ Droue-sur-Drouette « 1, rue de la Mairie – Pré-aux-Pommes » ; 4/ Hanches « ZAC Cœur de la Ville Tranche 1 »/ Rue de la Barre, 2019. Une partie des résultats a été synthétisée dans un article de Q. Borderie *et al.* (2019) intitulé : « Castles in Townscapes: Studying Fortified Medieval Towns and their Environments in Eure-et-Loir (France) », dont nous reprenons ici les grandes lignes, en complément des rapports d'opération.

Dans la vallée de l'Aunay, un affluent de rive droite de la Voise, une sédimentation tourbeuse de près de 3 m d'épaisseur et contenant des restes lithiques mésolithiques, débute entre 8770 ± 60 BP [9550-10120 cal BP ; 7601-8171 cal BC] et 7810 ± 40 BP [8454-8716 cal BP ; 6505-6767 cal BC] près d'Auneau. Elle est interrompue durant la période médiévale, entre 1275 ± 25 BP [1130-1285 cal BP ; 666-820 cal AD] et 1125 ± 45 BP [930-1178 cal BP ; 773-1020 cal AD], par une sédimentation sablo-limoneuse. Dans la vallée de la Drouette, les diagnostics archéologiques ont révélé la faiblesse du remblaiement alluvial (1,50 m) dont la partie sommitale est largement artificialisée par les aménagements anthropiques modernes (remblai entre 0,60 m et 1 m d'épaisseur). A Droue-sur-Drouette, les séquences fluviales sont constituées de trois séries sédimentaires distinctes : 1/ une série basale constituée d'une grave à lits sableux granoclassés verticalement ; 2/ une série médiane composée d'unités tourbeuses (30 cm d'épaisseur) riches en débris ligneux, et enfin, 3/ une série sommitale (40 cm d'épaisseur) constituée d'unités argilo-sableuses gris-bleu massives et localement plus organiques. L'ensemble est nappé d'un remblai grossier d'origine anthropique. Quelques kilomètres en aval, à Hanches, la sédimentation fluviale n'excède pas 1,50 m d'épaisseur. La partie basale de la séquence est constituée d'une unité d'argile bleu-gris organique riche en débris végétaux (1), d'une série médiane constituée de limons argileux brun-gris (2) et enfin, d'une série sommitale composée de limons sableux brun (3). L'analyse géomorphologique semble indiquer un taux de sédimentation relativement faible dans la plaine d'inondation

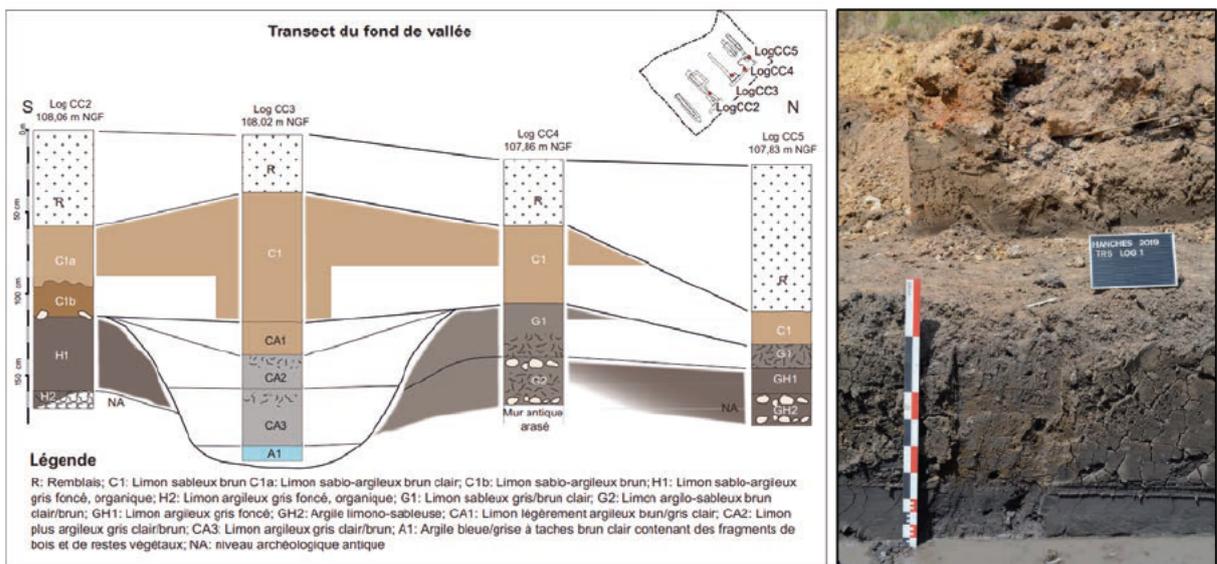
proximale de la Drouette entre le ^e siècle et la période médiévale et un remblaiement progressif d'un chenal par des apports colluvio-alluviaux *a priori* contemporains ou postérieurs au x^e siècle [fig. 99-101].



99 Remblaiement sédimentaire observé dans la vallée de l'Aunay. La partie basale de la séquence correspond aux unités tourbeuses ayant livré des restes lithiques rapportés au Mésolithique [d'après Chamaux 2009]



100 Remblaiement sédimentaire rencontré dans la plaine d'inondation de la Drouette à Droue sur Drouette [d'après Labat et al. 2019]



101 Remblaiement sédimentaire observé dans la vallée de la Drouette à Hanches. Le log 1 du transect géomorphologique correspond à la photo de droite [d'après Capron 2019]

Dans les vallées secondaires du bassin de la Seine, la variabilité spatiale des enregistrements sédimentaires, étroitement dépendante de facteurs morphologiques et anthropiques locaux, s'accroît à l'Holocène récent et complexifie *in fine* la lecture des tendances régionales. C'est le cas de la basse vallée de la Vesgre où la sédimentation tourbeuse semble en l'état actuel des connaissances perdurer de la période antique jusqu'au premier Moyen-Âge. L'Antiquité tardive et le Haut Moyen Âge voient, en effet, un ralentissement de l'activité fluviale et une réduction des processus d'alluvionnement qui s'accompagnent d'une extension de nouvelles petites unités tourbeuses dans les vallées secondaires de l'Oise (l'Esches et de La Serre) et de la Marne (La Beuvronne, Le Crould). Cette baisse relative de l'activité hydrodynamique, qui semble s'amorcer entre 1800 et 1700 cal BP, amène la communauté scientifique à s'interroger sur le rôle d'une éventuelle déprise de la céréaliculture au profit du pastoralisme à laquelle se surimpose une gestion accrue des cours d'eau, dont l'impact sur la sédimentation proximale et le niveau des nappes phréatiques a été largement démontré dans la Plaine de Caen.

Plus généralement, une reprise ou un maintien du détritisme alluvial est constaté durant le Bas Moyen Âge à l'échelle du bassin de la Seine. Cette période connaît de nombreux bouleversements socio-économiques à partir des X^e et XI^e siècles : 1/ une détérioration continue du couvert forestier et des derniers boisements ripariaux (charbonnage et métallurgie) et 2/ une intensification de la céréaliculture au profit du pastoralisme à partir du XI^e jusqu'au XV^e siècle (plaine de Troyes, bassin de la Vanne). L'engorgement limoneux des plaines d'inondation connaît ensuite son paroxysme durant la Renaissance, période contemporaine de la dégradation climatique du Petit Âge Glaciaire (Little Ice Age entre 500 et 200 cal BP) et d'une crise forestière, alors que les déprises humaines se marquent localement dans les spectres polliniques. Plusieurs séquences sédimentaires semblent démontrer que la Seine (Quai-Branly, Île de la Cité) et ses affluents (vallon du Sausset) connaissent un bref regain de leur activité hydro-sédimentaire aux alentours de 600-500 cal BP.

Enfin, le long du continuum séquanien, la partie terminale des remblaiements alluviaux est relativement homogène et généralement attribuée, en datation relative, à la fin de la période médiévale et/ou au début de l'époque moderne entre le XV^e et le XVI^e siècle (l'Eure à Louviers « La Vilette », Incarville « Les Prés » et Aubevoye ; la Marne à Chelles ; la Beuvronne, la Mérantaise). Les vallées du Bassin de Paris semblent en effet touchées par une récurrence des épisodes de crues entre les XV^e et XVI^e siècles selon les sources historiques [Pastre *et al.* 2014]. Ainsi, les résultats obtenus dans les vallées affluentes de rive droite de l'Eure (le Radon, la Vesgre, l'Aunay et la Drouette) largement ouvertes dans les séries tertiaires semblent, en l'état actuel des connaissances, s'inscrire dans ces grandes tendances propres au centre du Bassin de Paris.

Partie IV

Développement d'un outil collaboratif interdisciplinaire

[sous la coord. de Caroline Font

La formalisation du processus de production d'information dans le cadre particulier du PCR – qui se développe volontairement dans un contexte de faible documentation – a permis de mettre en place une structuration et un référencement des différents types de données acquises à l'interface entre les Sciences de la Terre, de l'Environnement et de la Société, de manière à ce qu'ils soient interopérables [Rapport 2020 : 39-53]. L'un des enjeux majeurs de l'outil est en effet d'une part d'intégrer la variable géologique et géomorphologique aux recherches archéologiques, d'autre part de faciliter la lecture et l'ajout de nouvelles informations aux données anciennes, de manière à mettre en lumière les déplacements, les ruptures et les continuités, témoins de l'évolution diachronique du secteur étudié sur le temps long. Il est également de structurer et de référencer les données pour qu'elles soient interrogeables facilement en fonction des besoins et objectifs de chacun. Cet outil se place également dans une démarche d'inventaire du patrimoine géoarchéologique qui viendra l'alimenter et dont la finalité, à plus long terme, est la fabrique d'un « commun » numérique territorial.

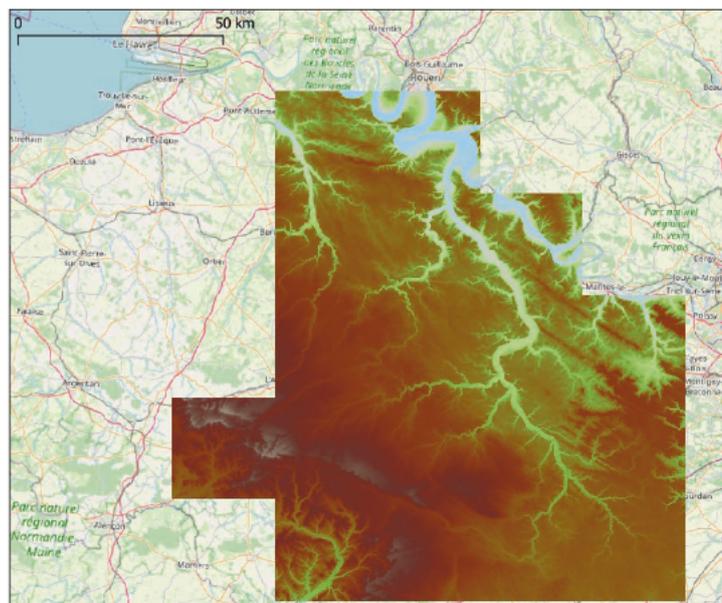
La structuration de l'outil est passée dans un premier temps [2020] par la mise en place d'un format d'organisation de l'information – géomorphologique, archéologique, chronologique – susceptible d'être collectée sous trois grands volets interconnectés : données brutes ; traitement des données ; interprétation et modélisation. L'établissement d'une stratégie d'acquisition et de traitement des données primaires y est évidemment étroitement associé, en vue d'aider à la caractérisation et à l'analyse prédictive de l'espace étudié.

À ce titre, trois étudiants en stage de Licence et de Master en géomatique et en archéologie, ont rejoint l'équipe pour plusieurs mois : Hippolyte Deconinck et Paulin Ribbe, étudiants à l'École Nationale des Sciences géographiques (ENSG), et Pierre Mollard, étudiant en M2 à Sorbonne Université, au sein du double cursus d'archéologie et de géographie. Deux volets ont pu ainsi être développés : l'un sur le traitement automatisé et normalisé des données raster de l'IGN, l'autre sur le développement de la structuration de la plateforme Web-SIG (base de données attributaire et spatiale).

Traitements automatisés des Modèles Numériques de Terrain de l'IGN (BD Alti 25 m)

Entre 2019 et 2020, l'analyse de données topographiques à haute résolution de l'IGN (RGE Alti 1 m et 5 m) n'avait concerné qu'une échelle locale – les zones ateliers de Saussay « Les Terres Noires » et de Garennes-sur-Eure « Bellevue » – et plus ponctuellement les secteurs clés pour des prospections archéologiques au sol et systématiques. Le choix de se focaliser prioritairement sur les données LiDAR de l'IGN résidait dans le fait de pouvoir individualiser rapidement, via des traitements statistiques simples réalisés sous Système d'Information Géographique (QGIS 3.22, ArcGis Pro), des variations micro-topographiques au sein de la plaine alluviale de l'Eure et des plateaux adjacents. Bien que l'utilisation de ces données topographiques à haute résolution soit suffisante pour repérer l'extension de formes fluviales héritées (paléochenal, montille sablo-graveleuse) et/ou des éléments de planimétrie (formes agraires de type « crêtes de labours »), elles s'avèrent en revanche peu adaptées (fichiers trop volumineux, allongement de la durée des traitements statistiques) pour identifier d'éventuels gisements archéologiques et surtout réaliser des analyses à plus grande échelle – celle du bassin-versant de l'Eure). Ainsi, afin d'élargir la réflexion, l'année 2021 s'est focalisée sur les traitements automatisés des fichiers rasters de la BD Alti 25 m de l'IGN. L'objectif de ce travail est de fournir un ensemble cartographique homogène et, à terme, de permettre d'affiner la comparaison, à une échelle régionale, entre la distribution

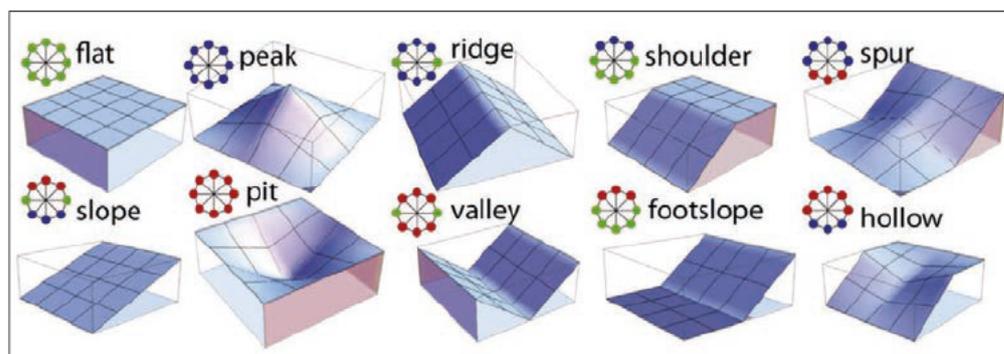
103 Modèle Numérique de Terrain crée à partir des fichiers rasters de la BD Alti 25 m de l'IGN sur fond d'OpenStreetMap. Il couvre l'ensemble du territoire étudié : le bassin versant de l'Eure. A terme, les traitements automatisés concernent aussi les fichiers rasters RGE Alti 5 m et 1 m de l'IGN [d'après Deconinck, Ribbe 2021]



– **Caractérisation automatique des formes de reliefs à l'échelle régionale :**
l'outil « Geomorphons » de GRASS GIS –

Ne disposant pas d'une cartographie géomorphologique détaillée avec une couverture continue à l'échelle du bassin-versant de l'Eure et devant l'impossibilité de réaliser des prospections géomorphologiques systématiques, un outil de caractérisation automatique des formes de reliefs a été employé. La méthodologie de l'outil « Geomorphons », qui fonctionne sous GRASS GIS [<https://grass.osgeo.org/grass78/manuals/addons/r.geomorphon.html>], a été développée en 2012 [Jasiewicz, Stepinski 2012]. Elle propose de classifier les formes du relief en se fondant sur un principe de reconnaissance de la disposition des formes (*pattern recognition*). Plus spécifiquement, la méthode s'appuie sur une analyse d'un Modèle Numérique de Terrain en fonction d'angles d'élévation et directionnels afin de caractériser la variabilité topographique selon une certaine résolution ou rayon de recherche (valeur L ou *Lookup distance*) et d'un seuil de planéité (valeur t ; 2° par défaut) définis par l'utilisateur. Un petit rayon de recherche (*i.e.* faible valeur L) permet de détecter les formes du relief locales de dimensions restreintes. *A contrario*, une valeur élevée de L permet d'individualiser les grandes formes de relief qui structurent le paysage. Les motifs mis en évidence sont alors résumés en dix grandes unités morphologiques, appelés « Geomorphons » ou « geomorphologic phenotypes » [fig. 104].

Plusieurs opérations ont été réalisées en amont afin de « nettoyer » le MNT du territoire étudié. En premier lieu, il s'agissait de supprimer les emprises au sol des zones anthropisées (surfaces bâties et structures linéaires) puisqu'elles peuvent biaiser la détermination automatique des formes de reliefs via l'outil « Geomorphons ».

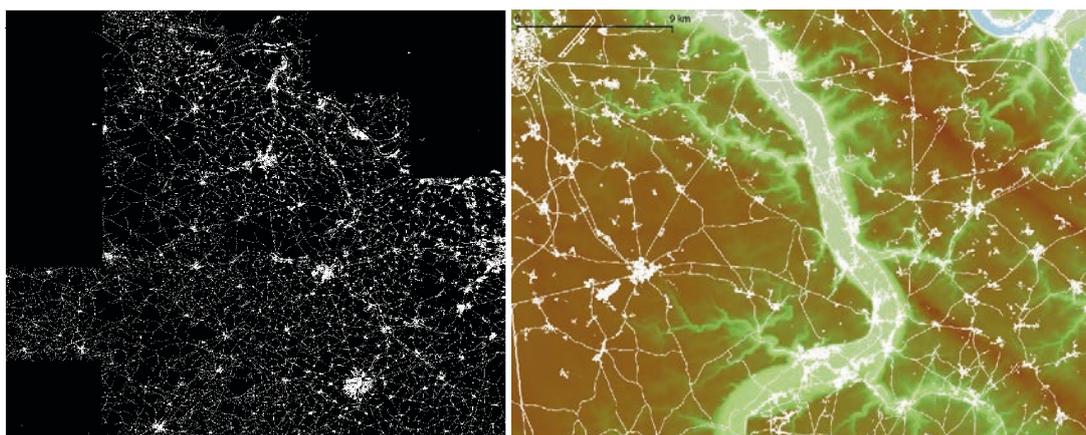


104 Les dix grandes unités morphologiques individualisées par l'outil « Geomorphons » [d'après Jasiewicz, Stepinski 2012]

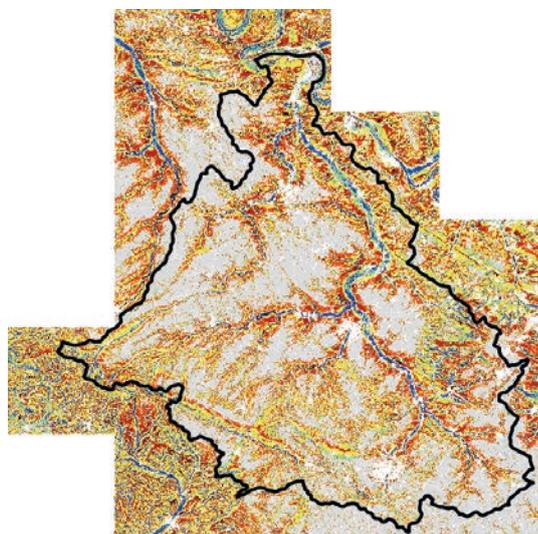
Cette première étape s'est déroulée en six temps :

1. sélection des surfaces bâties et des structures linéaires à l'échelle du territoire étudié à partir de la BD Parcellaire et Topo de l'IGN ;
2. création d'une zone tampon de 25 m de part et d'autre des structures linéaires (routes départementales et voies ferrées) ;
3. rastérisation des « surfaces anthropiques » sélectionnées (outil rastériser ; vecteur vers raster) ;
4. fusion de l'ensemble des « surfaces anthropiques » nouvellement rastérisées ;
5. fusion du MNT du territoire étudié avec celui des « surfaces anthropiques » dont la valeur de pixel est égale à 0 ;
6. reclassification du MNT nettoyé des « surfaces anthropiques » afin de transformer les pixels ayant une valeur de 0 en *no data* (outil SAGA reclassify values).

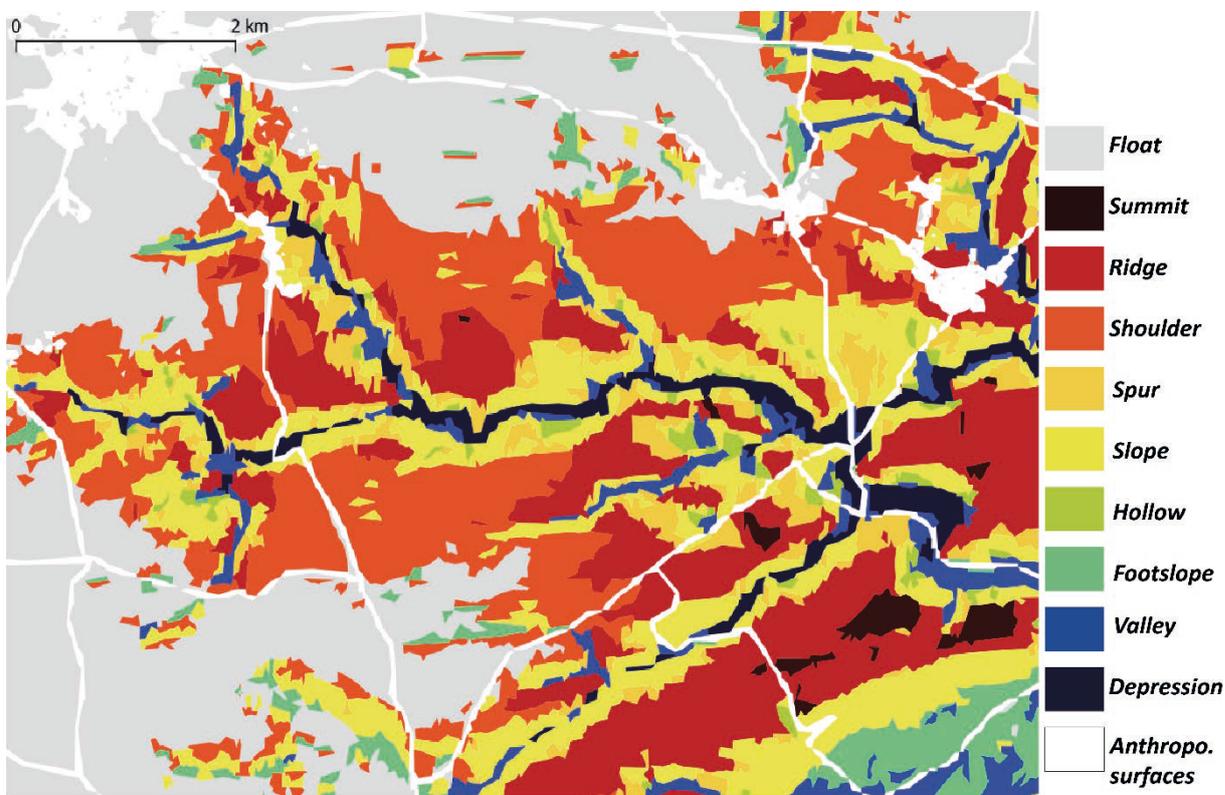
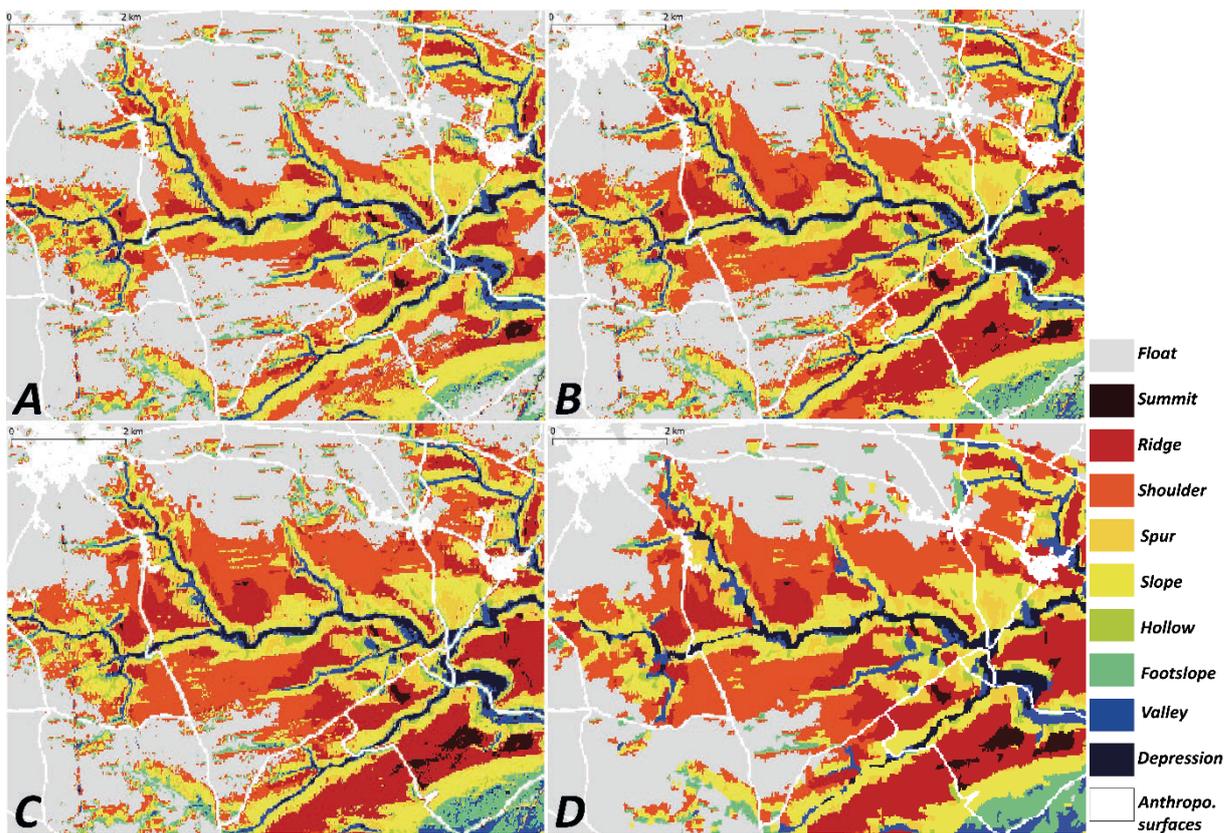
L'outil « Geomorphons » a par la suite été mis à contribution afin de caractériser automatiquement les formes de relief du bassin-versant de l'Eure. Plusieurs rayons de recherche (valeur L oscillant entre 20, 40 et 60) pour un seuil de planéité de 1° ont ainsi pu être éprouvés. Afin d'homogénéiser la cartographie produite et atténuer les effets de pixellisation des formes de relief discriminées, un tamisage a été mis en œuvre (seuil de tamisage oscillant entre 5, 10 et 20). Enfin, les pixels ont été transformés en format polygone (outil raster vers polygone). Les résultats sont présentés dans les figures suivantes.



105 A gauche, les « surfaces anthropiques » (en blanc) ont été rastérisées puis fusionnées à l'échelle du territoire étudié. A droite, fusion du MNT du territoire étudié avec celui des « surfaces anthropiques » (i.e. *no data* en blanc) [d'après Deconinck, Ribbe 2021]



106 Cartographie automatique des formes de relief réalisée à l'aide de l'outil « Geomorphons ». Le trait noir correspond aux limites du bassin versant de l'Eure. Ici, la valeur du rayon de recherche $L = 60$ et le seuil de planéité $t = 1^\circ$. La valeur élevée de L permet d'individualiser les grandes formes de reliefs qui structurent le paysage du bassin versant de l'Eure [© T. Piau 2021]



Ainsi, l'outil « Geomorphons » a contribué à établir une cartographie automatique des formes de relief à l'échelle régionale. Ces données seront, à terme, mises en perspective avec les cartographies géomorphologiques de la vallée de l'Eure et la documentation archéologique disponible. L'objectif de ce travail sera 1/ d'affiner la compréhension des modalités générales de distribution actuelle des gisements archéologiques dans le système géomorphologique (en complément des résultats obtenus en 2019 et 2020) et 2/ de quantifier par période les sites dans leur fonctionnalité selon leur position dans le paysage (formes de relief, orientation des versants, etc.) afin d'analyser, voire *in fine* de modéliser les lieux d'implantation privilégiés selon les périodes. Les vérifications systématiques au sol conduites depuis 2018 au sein des zones-ateliers retenues dans le cadre du PCR viendront étayer cette recherche exploratoire.

Constitution de la base de données attributaire et spatiale d'enregistrement des données

L'objectif de l'année 2021 était de mettre en place la base de données attributaire et spatiale permettant l'enregistrement des données liées au programme de recherche. Les profils complémentaires des trois stagiaires sur l'ensemble des problématiques liés au projet de recherche nous ont orienté vers une répartition des tâches comme suit :

- Théophile Piau, Hippolyte Deconinck et Paulin Ribbe se sont concentrés sur le modèle logique lié à l'enregistrement des données se rapportant aux sciences de la Terre ;
- Pierre Mollard, Fabienne Dugast, Sylvain Rassat et Caroline Font se sont concentrés sur le modèle logique lié à l'enregistrement des données issues de la récolte des inventaires des services archéologiques sur le territoire concerné.

L'ensemble des données spatiales et attributaires prennent ainsi place dans une base de données relationnelle hébergée sur les serveurs PostgreSQL de la Très Grande Infrastructure de Recherche des Humanités Numériques appliquées aux Sciences humaines [TGIR Huma-Num].

L'analyse de ces données, leur croisement et leur éventuelle généralisation prend appui sur l'enregistrement le plus exhaustif possible des observations faites sur le terrain d'étude. De nouvelles réflexions sur la structure des données émergeront sans doute donc à ce stade du projet.

– Structure générale de la base de données (schéma simplifié) –

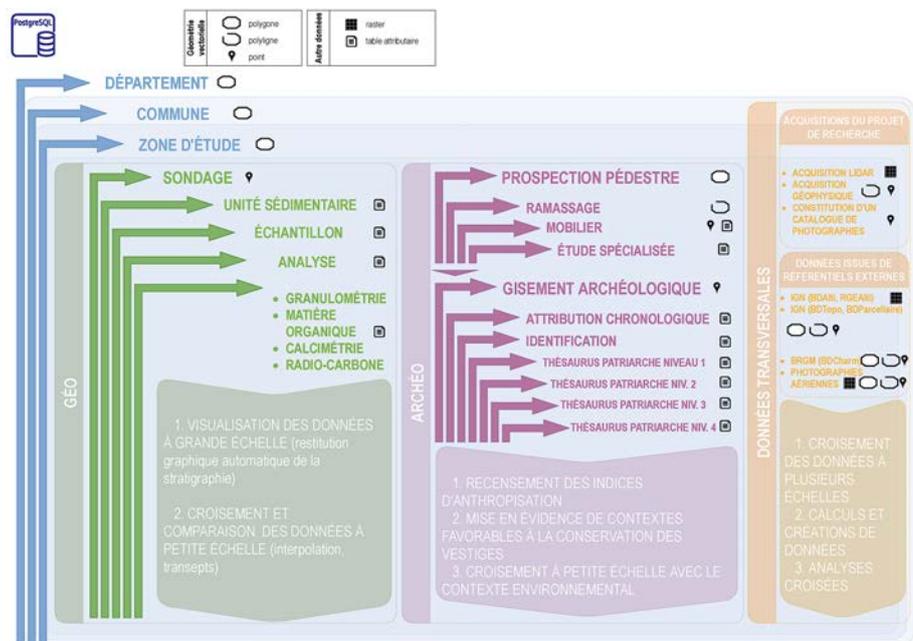
La philosophie générale de cette base de données est de permettre l'enregistrement des observations à plusieurs échelles, de la plus grande à la plus petite, et de bénéficier, grâce à la dimension ou à la description spatiale, d'une visualisation des données. L'ensemble des termes utilisés dans la base de données est intégré sous forme de thésaurus établi selon les spécialités de chaque domaine d'étude.

Les travaux ainsi menés ont permis d'établir une structure de base de données à trois volets [fig. 109] :

- un volet dévolu à l'enregistrement des données liées aux sciences de la Terre (en vert) ;
- un volet permettant de décrire les données archéologiques (en mauve) ;
- un volet permettant de documenter les données transversales exploratoires (LiDAR, prospections géophysiques, couverture photographique, documentation historique...) (en orange).

Ces trois volets se regroupent sur un territoire spatialisé commun, également présent dans la base de données et permettant une localisation administrative et d'emprise de chaque enregistrement (en bleu).

109 Structure de la base de données attributaire et spatiale [réalisation C. Font 2021]



– Le volet dévolu aux sciences de la Terre –

L’enregistrement des données liées aux sciences de la Terre s’appuie sur un échantillonnage des observations effectuées sur le terrain – carottages, sondages –, ou d’ordre générale par une observation stratigraphique à un point donné.

Partant de ce constat, ces observations stratigraphiques ponctuelles prennent forme dans la base de données spatiales au travers du point et une table attributaire « **sondage** », permet de les décrire.

Cette table se décompose en 12 champs : outre l’identifiant unique du sondage (clé primaire), sa géométrie (dimension spatiale ponctuelle, EPSG 2154), et son nom, la date de la réalisation de l’observation stratigraphique, le numéro du point GPS associé, la méthode de réalisation du sondage, le type de sondage, sa profondeur maximale par rapport à la surface, son altitude maximale et minimale (selon le référentiel NGF-IGN6g). Deux champs complètent cette table : un texte libre de commentaire et surtout une clé étrangère d’attribution à une zone d’étude donnée.

Au sein de ce « **sondage** », une ou plusieurs unités sédimentaires sont définies et également décrites dans la base de données au sein de la table attributaire « **unité sédimentaire** ». 12 champs lui sont attribués : outre son identifiant unique (clé primaire), le degré de compacité du sédiment, sa/ses couleur(s) dominante(s), sa granulométrie et sa texture dominantes, son épaisseur observée, sa profondeur maximale et minimale par rapport à la surface du sondage, son altitude maximale [toit] et minimale [base] (selon le référentiel NGF-IGN6g). Là aussi, deux champs complètent la table : un texte libre de commentaire et surtout une clé étrangère d’attribution à un sondage donné.

Un ou plusieurs échantillons, ou prélèvements sédimentaires, sont ensuite réalisés au sein des unités sédimentaires définies et sont décrits dans la table attributaire « **échantillon** » qui se décompose en 8 champs différents : outre son identifiant unique (clé primaire), la méthode d’échantillonnage, sa profondeur maximale et minimale par rapport à la surface du sondage, son altitude maximale [toit] et minimale [base] (selon le référentiel NGF-IGN6g). Ces huit champs sont complétés par deux autres champs : un texte libre de commentaire et une clé étrangère d’attribution à une unité sédimentaire donnée.

Certains échantillons feront l’objet d’une ou plusieurs analyses de différentes natures décrites dans une table attributaire « **analyse** » qui se décompose en 7 champs différents correspondant aux métadonnées : outre toujours l’identifiant unique d’analyse (clé primaire), le nom de l’auteur à l’origine de l’analyse, le nom du

laboratoire, la date de réalisation, le type d'analyse, complétés par une clé étrangère d'attribution à un échantillon et un texte libre de commentaire.

Les résultats des analyses selon leur type prendront place dans une table dédiée, identifié chacun par une clé primaire de l'analyse générale (*supra*) et de l'analyse spécifique :

- la table « **granulometrie** » – spécifiant les résultats concernant les argiles, les graviers, les limons, les sables selon leur finesse – de très fin à grossier – et leur présence (en pourcentage), complétés par une analyse de médiane (d50) et de percentile (d99), et d'un champ libre pour le commentaire ;
- la table « **matiere organique** », spécifiant le pourcentage de matière organique ;
- la table « **calcimetrie** », spécifiant le pourcentage de carbonate de calcium ;
- la table « **carbone 14** », spécifiant la nature de l'échantillon et les résultats en termes de datation – âge BP et âge BP calibré, ainsi que l'identifiant attribué par le laboratoire ;

L'ensemble de ces tables permettent de générer un rendu graphique automatique de l'observation sédimentaire grâce au logiciel QGIS qui possède des outils de générations de géométries en SQL et permet une symbolisation selon les données attributaires.

Ces données sont en cours d'analyse et de saisie. Un thésaurus spécifique leur est dédié.

– Le volet dévolu aux données archéologiques –

Concernant les enregistrements liés à l'archéologie, il existe aujourd'hui deux sources de données.

• Les données issues des prospections pédestres

À l'heure actuelle, la réflexion concernant les données issues des prospections pédestres n'est pas encore aboutie. Ces données recouvrent en effet plusieurs champs possibles d'observation : prospection pédestre au sens archéologique – avec ramassage d'artefacts au sol – et inventaire – avec observations afférentes. Parce qu'elles résultent souvent de plusieurs opérations successives, liées à différents facteurs conditionnels, elles réclament en outre un traçage de l'information sur le plan temporel et identitaire.

Quatre tables sont d'ores et déjà envisagées pour leur enregistrement :

- une table permettant l'enregistrement sous forme de polygone de l'emprise de la prospection ;
- une table permettant l'enregistrement sous forme de ligne du schéma de prospection [avec ou sans ramassage] ;
- une table permettant l'enregistrement sous forme de point de découverte de mobilier/immobilier archéologique/patrimonial ;
- une table permettant l'enregistrement des données issues de l'étude des mobiliers [ou immobiliers] découverts.

L'analyse croisée des données issues des prospections pédestres et des inventaires archéologiques existants permet de préciser ce qui a été défini comme un « gisement archéologique ». Cette notion avait déjà été amenée dans le précédent rapport [Rapport 2020 : 42] comme une observation subjective faite aujourd'hui sur le résultat d'action(s) anthropique(s) et naturelle(s) d'une même action dans un espace-temps cohérent. Cette table permet de réunir à la fois les données de prospection pédestre et inventaire et les données issues des inventaires des services régionaux sous forme de points, de surface, voire de ligne si nécessaire. Elle impose d'y insérer une entrée de « fiabilité » de la donnée pour pouvoir affirmer ou infirmer une entité de site réel ; parce qu'elle résulte souvent de vérifications, liées aux facteurs de fiabilité, elles réclament en outre un traçage de l'information sur le plan temporel et identitaire.

La table « **gisement archeo** » est par conséquent structurée à l'aide de 10 champs différents : outre l'identifiant unique du « gisement » (clé primaire) et sa géométrie (point, polygone, polygone EPSG 2154), ils concernent le type de vestige rencontré (mobilier, immobilier ou les deux), le nom du gisement, son altitude (selon el référentiel NGF-IGN69), mais également, pour permettre de le relier aux inventaires généraux, le dernier identifiant qui lui a été attribué ainsi que la source de la donnée (SRA ou collectivité) ; enfin, et comme pour les données géomorphologiques, une clé étrangère d'attribution à une zone d'étude donnée et un champs texte libre de commentaire.

Afin de conserver l'ensemble des identifiants qui ont pu être attribués aux gisements archéologiques, une table d'enregistrement « **histid gisement archeo** » a été constituée avec une entrée « année d'attribution du numéro » et sa source.

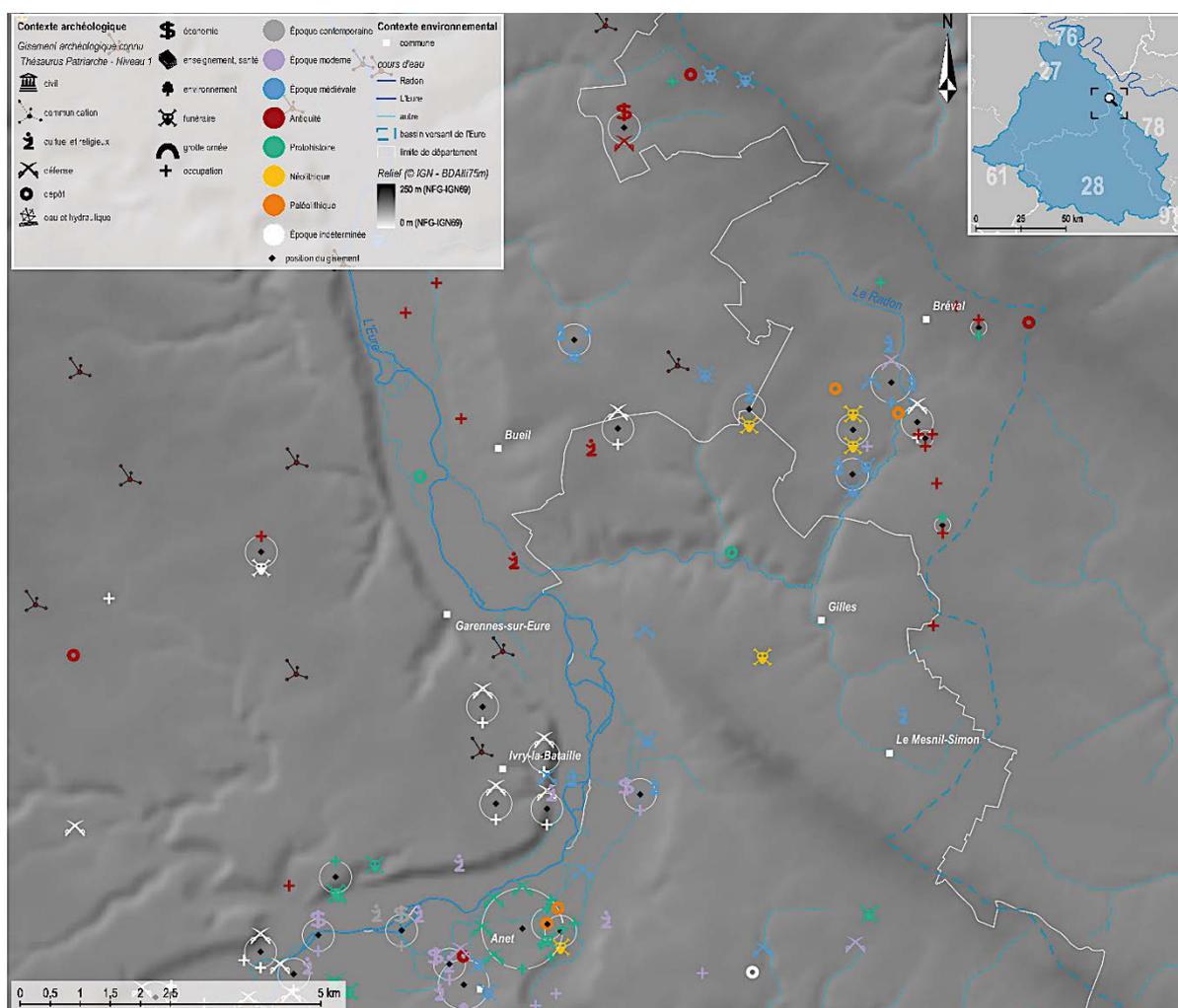
La description chronologique des gisements permet également de conserver l'ensemble des travaux d'attribution chronologique et d'enregistrer les gisements dont l'impact chronologique a été multi-période. Il s'agit de la table « **chrono** », structurée à l'aide de 12 champs différents qui distinguent la période et la grande période d'attribution chronologique, l'année absolue de début et de fin d'attribution chronologique – de manière à permettre une recherche numérique simple au-delà de la périodisation –, et la source de cette attribution. Deux champs type booléen ont été ajoutés : l'un signale une réoccupation éventuelle, l'autre la validité de l'attribution chronologique. Enfin, outre l'identifiant unique de l'attribution, le nom de l'auteur et la date de la saisie, ainsi qu'une clé étrangère d'attribution à un gisement donné.

Les grandes périodes et périodes s'appuient sur les thésaurus déjà constitués par les services de l'État au sein de la base de données Patriarche. Il en est de même pour ceux qui permettent, dans la base, de décrire chaque gisement selon quatre niveaux de description. Les quatre niveaux de description permettent de préciser, à mesure que l'on descend dans le niveau hiérarchique, la ou les natures de chaque gisement.

Quatre tables, correspondant chacune à un niveau de thésaurus, permettent donc de décrire chacun des gisements de manière hiérarchique. À chaque niveau, les listes sont actualisées en fonction du descriptif choisi au niveau précédent [fig. 110].

110 Structure de la table attributaire du volet dévolu aux gisements archéologiques [réalisation C. Font 2021]

L'avancement de la saisie a bénéficié du travail fastidieux d'harmonisation des données des inventaires des services départementaux et régionaux mené par Pierre Mollard cette année. De premières cartes ont pu être produites à partir de ce corpus, qui permettent d'afficher les gisements selon les deux critères : chronologique et interprétatif [fig. 111].



111 Carte des gisements archéologiques autour du bassin versant du Radon, selon la typologie établie à partir du thésaurus Patriarche niveau 1 [© C. Font 2021]

Perspectives

La structure de la base de données spatiale et attributaire mise en place cette année permet de saisir les résultats des observations de l'équipe de recherche, mais également les résultats d'observations issues d'acquisitions LiDAR et géophysiques. Les enregistrements liés à ces deux disciplines sont encore à développer pour les intégrer pleinement dans la base de données. Un travail d'intégration dans la base de données des métadonnées et d'hyperliens pour l'affichage de la couverture photographique faite dans le cadre du projet de recherche est également en cours.

Les données liées aux sciences de la Terre et celles issues des prospections archéologiques récentes restent encore pour la plupart à saisir. La visualisation dans un logiciel de SIG des données est désormais possible pour la production cartographique et figurative (via le Sharedocs d'Huma-Num).

La réalisation et la diffusion de cartes dynamiques via le réseau Internet (*Web Mapping*) relèvent d'un domaine en pleine expansion. Issu de l'informatique appliquée à la géographie, ce type d'outil se place à la croisée de techniques alliant la gestion de données relationnelles, la représentation et l'analyse spatiale, la programmation en langage de script. Il est globalement conçu pour des besoins particuliers et la réadaptation dans un nouvel environnement peut se révéler difficile, d'autant qu'il nécessite un minimum de compétences en développement. Outre les solutions « libres » [*Open Source*] qui autorisent la copie, la diffusion du logiciel et la modification du code source mais qui restent à l'état de prototypes et ne répondent pas aux besoins-types d'un utilisateur de SIG, différents outils ont été développés au sein des laboratoires : ArkéoGis, ChronoCarto... Très performants, ces outils n'ont pas paru répondre aux objectifs de la plateforme collaborative du PCR qui vise à l'interactivité – entre chercheurs et avec la société.

Un partenariat avec l'École de codeurs Simplon (sous la responsabilité de Romain Petit, Charleville-Mézières) a permis d'expérimenter la mise en ligne des données sur un support web sous la forme d'un hakathon (ou marathon informatique). Pendant 3 jours et 3 nuits, plusieurs apprenant.e.s développeurs se sont réunis et ont travaillé en collaboration sur une idée innovante autour de l'archéologie et des données du PCR. Sept applications différentes ont vu le jour autour de sept équipes, touchant aussi bien le domaine ludique que touristique ou scolaire ou encore, et plus prosaïquement, l'aménagement du territoire des communes. Le jury qui s'est tenu le dernier jour en a plébiscité 3 en particulier, mais les 7 démarches ont mis en évidence les compétences et les initiatives des jeunes programmeurs comme les possibilités que peut ouvrir le domaine de la géoarchéologie en termes de Science participative.

Ce partenariat, qui permet de déployer des solutions *OpenSource*, est amené à se poursuivre et à se développer dans les années qui viennent. Au-delà de la création d'un outil numérique dédié, il offre une matière pédagogique pour le développement et le traitement de l'outil considéré, avec de nouveaux besoins (transposables en termes d'outil), de nouvelles technologies et de nouveaux intervenants. L'objectif général est également d'assurer la pérennité et la sécurité de la donnée par un hébergement sur Nakala (Huma-Num).

Quelques fonctionnalités sont d'ores et déjà envisagées qui englobent navigation, requêtes, mais aussi mise à jour à distance des données issues conjointement de l'archéologie et de la géomorphologie. Elles se présentent sous la forme de trois « briques » principales :

- ✓ une brique ou page rédactionnelle, présentant le projet de recherche (contexte, objectifs, collaborations...), les actualités et les publications liées ;
- ✓ une brique de consultation des bases de données, avec accès aux fonds documentaires (iconographie, données historiques d'archive, références bibliographiques...);
- ✓ une brique de consultation des données cartographiques (type Open Street View), en relation avec les bases de données elles-mêmes consultables sur le fond cartographique en en proposant une localisation large sous forme de points.

En termes de visualisation des données, en plus d'un positionnement géométrique sous forme de points, lignes ou polygones des entités présentes et qui possèdent une dimension spatiale, il est envisagé de permettre une visualisation des données descriptives qui ne possèdent pas nativement une géométrie. La structure de la base de données intègre des champs qui permettent de générer, par le biais de programmations informatiques, une géométrie qui dépend directement de la saisie :

- ✓ par exemple, la visualisation sous forme de logs stratigraphiques des résultats des observations et des analyses faites sur les sondages réalisés (à venir),
- ✓ ou encore une visualisation automatique des surfaces couvertes par la couverture photographique à partir des métadonnées liées aux appareils photographiques (géoréférencement, données de lentilles et de zoom...).

Enfin, pour assurer une visibilité absolue des données, trois interfaces sont prévues :

- ✓ une interface **publique** permettant la consultation des données par le public non spécialiste : politiques, municipalité, médiation auprès d'un public étudiant, enseignant ou autres ; des requêtes pourront être prédéfinies selon le public visé ;
- ✓ une interface **privée** permettant la consultation de toutes les données, des fonctionnalités de recherche et de requêtes spécifiques ainsi que des analyses – à destination des collaborateurs au projet ; au sein de cette interface, sont envisagés la saisie directe de données, ou l'ajout de documents iconographiques en ligne pour toutes questions liées aux problématiques collaboratives avec des mécanismes de validation avant publication ;
- ✓ une interface en **science participative** dédiée aux collaborateurs et acteurs « non-scientifiques-professionnels » en leur offrant un espace relais de partage.

Partie V

Bilans et perspectives

Les opérations menées sur l'année 2021 se sont développées sur 5 volets interconnectés :

1. le **déploiement de prospections aéroportées par drone** (LiDAR, Thermique, Géomagnétique), dans un double objectif – de complémentarité en termes de capacité de détection (à l'appui de prospections pédestres) et de prospection extensive sur des surfaces supérieures à 10 ha (dans le cadre d'un développement prospectif) ;
2. la poursuite d'une **démarche inédite d'inventaire cartographique et d'évaluation numérique des géoarchéosites** à l'échelle de la vallée de l'Eure moyenne = entre sa confluence avec l'Iton au nord et la ville de Chartres au sud –, permettant d'individualiser 24 géoarchéosites potentiels aux valeurs scientifiques contrastées (d'internationale à locale) et qui se répartissent dans cinq grandes catégories ;
3. la **reconnaissance de l'environnement géomorphologique de la plaine alluviale** autour de Saussay et de Croth, au sud d'Anet et de part et d'autre de l'Eure – 2^{de} zone-atelier, choisie pour la multiplicité d'indices d'occupations humaines manifestement présents en diachronie ;
4. **l'investigation des séquences sédimentaires fluviales de deux fonds de vallée secondaire** de rive droite de l'Eure, largement ouvertes dans les séries tertiaires (le Radon et la Vesgre), permettant de poser les premiers jalons d'un cadre chronostratigraphique ;
5. **l'intégration des données géomorphologiques et archéologiques** acquises depuis 2018 dans la base de données relationnelle et spatiale du PCR. Ce travail a été l'occasion de revenir sur le traitement automatisé des fichiers rasters de l'IGN (BD Alti 25 m) afin d'élargir la réflexion géoarchéologique à l'échelle régionale (en l'occurrence, le bassin-versant de l'Eure).

Les données géomorphologiques acquises en 2021 [3 et 4] ont pu être mises en perspective avec celles obtenues en vallée de l'Eure amont et aval et sur deux de ses affluents de rive droite en aval de Chartres (l'Aunay et la Drouette). L'objectif était de questionner la synchronicité des épisodes détritiques enregistrés dans les sous-bassins avec ceux individualisés dans le remblaiement sédimentaire des formes fluviales héritées de l'Eure dans son fonds de vallée – les zones-ateliers de Saussay « Les Terres Noires » et Garennes-sur-Eure « Bellevue ». Dans la plaine d'inondation de l'Eure, une métamorphose synchrone de la rivière semble s'opérer à la charnière entre le Néolithique récent et le Bronze ancien : les chenaux sont déconnectés de l'axe d'écoulement fluvial principal et sont progressivement remblayés par une sédimentation détritique. La sédimentation tourbeuse peut toutefois perdurer localement dans le fond de vallée de l'Eure à la faveur d'un « effet de site ». C'est le cas de l'organogenèse tourbeuse observée, entre l'âge du Bronze et le Haut Moyen-Âge à Lormaye « Les Pâtures » dans une dépression individualisée au sein de la grave à silex roulés qui nappe le fond de la vallée de l'Eure [Borderie, Chamaux 2014].

La variabilité spatiale des enregistrements sédimentaires observés dans les fonds de vallées secondaires du continuum séquanien, étroitement dépendante de facteurs morphologiques et anthropiques locaux, s'accroît à l'Holocène récent et complexifie *in fine* la lecture des tendances régionales. Toutefois, dans les sous-bassins de rive droite de l'Eure, l'atterrissement limoneux semble plus tardif que celui observé dans les paléochenaux des deux zones-atelier de la plaine alluviale. En effet, il faut attendre le Bas Moyen-Âge, voire la période moderne pour observer une crise détritique généralisée dans les fonds de vallée de l'Aunay (dès 1125 ± 45 BP), de la Drouette (dès le x^e siècle), de la Vesgre (après 920 ± 30 BP) ou encore du Radon (410 ± 30 BP).

En parallèle, les nouvelles données obtenues, aussi bien grâce aux prospections aéroportées par drone qu'à la chaîne de traitements automatisés sur les fichiers rasters de la BD Alti 25 m de l'IGN et l'utilisation de l'outil « Geomorphons » sous GRASS GIS qui a permis de produire une cartographie automatique des formes de relief à l'échelle du bassin-versant de l'Eure, contribuent à 1/ affiner la compréhension des modalités générales de distribution actuelle des gisements archéologiques dans le système géomorphologique et, 2/ quantifier par période les sites dans leur fonctionnalité selon leur position dans le paysage (formes de relief, orientation des versants, etc.) afin d'analyser, voire *in fine* de modéliser les lieux d'implantation privilégiés selon les périodes.

Enfin, l'inventaire des géoarchéosites démontre l'intérêt 1/ de croiser les composantes archéologique et géomorphologique dans un processus d'évaluation numérique pour mesurer le potentiel géoarchéologique des sites et 2/ de replacer des lieux d'intérêt ponctuel dans un « réseau » d'agencement des territoires anciens afin de les rendre plus intelligibles (*i.e.* géoarchéosites en réseau).

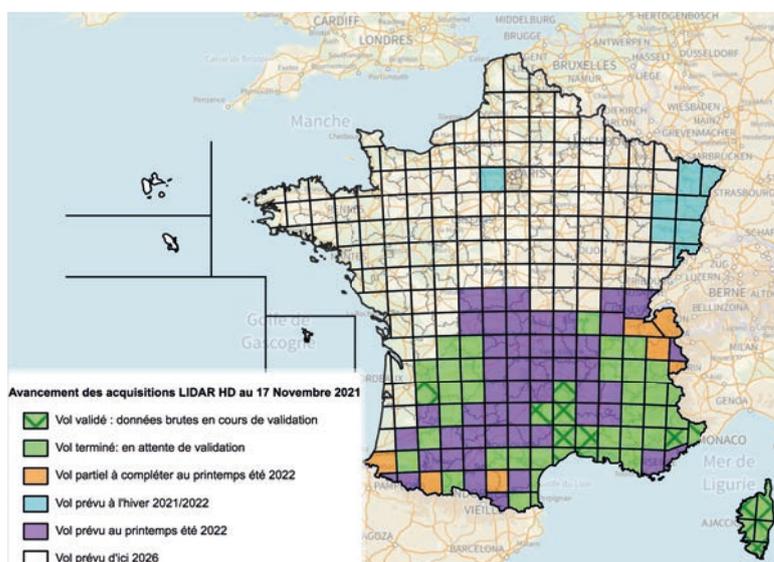
Les actions menées en 2021 devront être complétées au cours de **l'année 2022** afin de proposer les premières synthèses concernant le potentiel de préservation géoarchéologique des formations superficielles (gisements archéologiques vs logs pédo-chrono-stratigraphiques corrélés) et les dynamiques du réseau de peuplement et du risque archéologique associé. Les actions se développeront en 4 volets interconnectés. Il s'agira de :

- **finaliser la reconnaissance de l'environnement géomorphologique des indices d'occupation humaine** repérés en prospections aériennes (Archéo27) dans les zones-ateliers de Saussay « Les Terres Noires » et de Garennes-sur-Eure « Bellevue » afin 1/ de préciser la chronologie et les modalités de recoupement des paléochenaux de l'Eure et 2/ d'éclairer les interrelations entre la plaine d'inondation de l'Eure (risques passés, exploitation et gestion de la ressource en eau), les gisements archéologiques et d'autres traces d'occupation proches sur les terrasses alluviales et/ou les plateaux adjacents (notamment du Mantois) ;
- **poursuivre la reconnaissance des enregistrements sédimentaires fluviaux des vallées secondaires de la moyenne vallée de l'Eure** largement ouvertes dans les séries tertiaires du centre du Bassin parisien. Celles-ci sont susceptibles de fournir 1/ de précieux enregistrements polliniques permettant de documenter l'évolution des paysages et des pratiques agro-sylvo-pastorales à l'Holocène récent (basse vallée de la Vesgre), 2/ des enregistrements tourbeux recelant des vestiges mésolithiques, à faible profondeur et bien préservés (l'Aunay amont) ; 3/ un enregistrement limoneux permettant d'établir une chronologie fine de la rythmicité et des modalités des processus érosifs pour les périodes moderne et contemporaine (le Radon) afin de dresser un premier budget sédimentaire à l'Holocène récent. Ces données pourront, à terme, être mises en perspective avec celles obtenues dans les vallées à lithologie crayeuse de rive gauche de l'Eure (vallées sèches d'Ezy et de Boissière), qui pourraient avoir subi des évolutions asynchrones et/ou des réponses hydro-morpho-sédimentaires différentes au cours de l'Holocène ;
- **finaliser le processus d'évaluation des sites d'intérêt géoarchéologique en vallée de l'Eure moyenne** (*i.e.* besoins de conservation et potentiels d'usage) et ainsi préciser la définition et le choix des critères retenus pour l'évaluation de la valeur scientifique archéologique des sites. Cette démarche inédite d'inventaire cartographique devrait, à terme, contribuer à faire émerger un réseau d'unités de lieu d'importance géoarchéologique pour engager de nouvelles perspectives scientifiques à visée interdisciplinaire et, parallèlement, poser les fondements des futures actions de conservation et/ou de valorisation des paysages culturels de la vallée en collaboration étroite avec les populations locales ;
- **poursuivre l'intégration des données géomorphologiques et paléoenvironnementales** dans la base de données relationnelle et spatiale du PCR et **affiner les traitements automatisés des données topographiques à haute résolution de l'IGN** (RGE Alti 1 m et 5 m) en complément des levés LiDAR,

des prospections géophysiques aéroportées par drone (thermique, géomagnétique) et des prospections archéologiques au sol.

Sur ce dernier point, on notera qu'une couverture LiDAR haute densité par avion est programmée sur la portion orientale du secteur d'étude par l'IGN sur l'hiver 2021-2022 [fig. 112] qu'il sera intéressant également de qualifier. Dans le contexte d'une zone d'agriculture intensive, caractérisée par des ensembles de parcelles adjacentes d'une étendue allant souvent au-delà de 50 ha, labourées et cultivées en permanence et par conséquent peu disponibles, l'intérêt du déploiement d'investigations aéroportées par drone n'en reste pas moins important. L'avantage de ce type de technique est sans conteste son mode non invasif mais également sa flexibilité qui permet de répéter les vols sur une même zone. Par ailleurs, la faible altitude de vol des drones offre non seulement une documentation à une échelle intermédiaire entre le site et la micro-région – et permet ainsi d'élargir l'investigation à l'environnement immédiat du site –, mais également une acquisition d'informations de meilleure qualité et de plus grande résolution et par conséquent de plus grande précision. Partant du principe que, même sur une surface fraîchement remobilisée (entre des tranchées de diagnostics archéologiques par exemple), il est possible, après traitements, d'exploiter les microreliefs anthropiques malgré le bruit (des labours, du passage d'engin, etc.) [Rassat, Wirtz 2013 ; Rassat, Hugonnier 2017], il paraît en ce sens intéressant de procéder à des levés LiDAR spécifiquement dédiés à chaque zone d'étude afin de pouvoir vérifier l'extension spatiale des variations microtopographiques. Divers traitements sont en cours, faisant appel à différentes techniques moins classiquement utilisées (sky-factor, ombrages multiples [MDOW], relief local [LRM], intensités...) pour tenter de mettre en évidence, de préciser et de localiser les anomalies détectées par ailleurs. La souplesse de mise en œuvre de la prospection aéroportée par drone permet en outre d'effectuer des tests à différents niveaux – selon le type de sol, de végétation, d'albédo, de microclimat – et affiner ainsi de l'utilisation d'autres types de capteurs – thermique, magnétique –, plus spécifiques en termes de télédétection et donc d'inventaire. Cette approche, très peu développée aujourd'hui, s'inscrit dans un mode exploratoire.

112 Programmation des acquisitions LiDAR HD de l'IGN : en bleu ciel, les acquisitions à venir sur l'hiver 2021 2022 [https://macarte.ign.fr/carte/322ea69dab4c7e5afabc6ec7043b5994/acquisitionslidarhd]



Bibliographie

– Références générales –

- Antoine P. 1997 « Modifications des systèmes fluviaux à la transition Périgacaire / Tardgacaire et à l'éocène : l'exemple du Bassin de la Somme », *Géographie Physique et Quaternaire* 51/1, p. 93-106.
- et alii 2003 « Paléoenvironnements péstocènes et peuplements paléolithiques dans le Bassin de la Somme (nord de la France) », *Bulletin de la Société préhistorique française* 100/1, p. 5-28.
- Bacon C. 2001 *Les sanctuaires des carnutes, des éburovices et des véliocasses. Topographie, sculpture et épigraphie*, Mémoire de DEA, Univ. Paris V.
- Barra P. 2003 « Céramique indigène et groupes culturels. La Bourgogne et ses marges à LaTène finale », dans S. Pouy, P. Jud (dir.), *Habitats, mobiliers et groupes régionaux à l'âge du Fer* (Actes du 20^e colloque de l'AFEAF, Commar / Mittenwehr, 16-19 mai 1996), Supplément à la *Revue Archéologique de l'Est* 20, Dijon, p. 353-374.
- Beauchamp A. 2019 *Impacts des aménagements hydrauliques sur les systèmes fluviaux bas-normands depuis 2000 ans. Approches géomorphologique et géoarchéologique*, Mémoire de doctorat, Université de Caen Normandie.
- Berby T., Noe M., Branigan K. 1990 « A thermomagnetic method for archaeological prospecting: preliminary investigations », *Archaeometry* 32/2, p. 191-203.
- Ben Redjeb T., Duvette L., Quere P. et al. 2005 « Les campagnes antiques : bilan et perspectives », *Revue archéologique de Picardie* 3-4, p. 177-222.
- Bertoncello F., Braemer F. (dir.) 2012 *Variabilités environnementales, mutations sociales : natures, intensités, échelles et temporalités des changements*, Actes des XXX^e Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes (Antibes, 20-22 octobre 2011), Antibes, APDCA, 349 p.
- Bertran P. et alii 2017 « Géoarchéologie et taphonomie des vestiges archéologiques : impacts des processus naturels sur les assemblages et méthodes d'analyse », dans Jean-Philippe Bruga (dir.), *TaphonomieS. Ouvrage du Groupement de recherches « Taphonomie, Environnement et Archéologie »*, CNRS- NEE, Éditions des Archives Contemporaines, p. 123-156.
- Bertrand G. 1968 « Paysage et géographie physique globale : esquisse méthodologique », *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest* 39 (3), p. 249-272.
- 1991 « La nature en géographie : un paradigme d'interface », *GEODOC, Documents de recherches de l'Institut de géographie Daniel Faucher de l'Université de Toulouse-Le Mirail* 4, 16 p.
- Bertrand C., Bertrand G. 2002 *Une géographie traversière. L'environnement à travers territoires et temporalités*, Paris, Éditions Arguments, 312 p.
- Bétard F. 2017 *Géodiversité, biodiversité et patrimoines environnementaux. De la connaissance à la conservation et à la valorisation*, Mémoire de doctorat à Diriger des Recherches, Université Paris-Diderot, volume 1, 270 p.
- et alii 2021 « Géomorphologie et paléoenvironnements de la Vallée de l'Eure. Éléments contextuels et perspectives géoarchéologiques », dans F. Dugast (dir.), *Formation et gestion des territoires de la Préhistoire à nos jours. Approches et perspectives exploratoires autour de la vallée de l'Eure*, Drémé-Lafage, Éditions Mergo (Archéologie du paysage 5), p. 65-79.
- Bandin P., Bergand D. 2003 « La nature avec ou sans les hommes », *La Recherche*, hors série 11, p. 67-71.
- Borderie Q. 2014 *QuOrEL. Inventaire documentaire des formations quaternaires d'origine éolienne en Eure-et-Loir. Rapport de programme de prospection thématique*, Chartres, conseil général d'Eure-et-Loir.
- _____, Chamaux G. 2014 = *Lormaye (Centre Eure-et-Loir), « Les Pâtures », première étape de fouille*, Rapport intermédiaire d'opération d'archéologie préventive, Chartres, Conseil général d'Eure-et-Loir.
- _____, 2016 *QuOrEL, formations limoneuses quaternaires d'origine éolienne en Eure-et-Loir. Rapport 2015-2016*, Chartres, Conseil départemental d'Eure-et-Loir.
- Borderie Q., Antoine P., Moine O., Rodot M.-A. & Sèzes . 2016 « La coupe de Chaudon : retour sur le passé d'une future réserve géoarchéologique », *Colloque Q10*, Bordeaux, 16-18 février 2016, poster.
- et alii 2017 « La couverture péstocène d'Eure-et-Loir (France). Potentielle pédosédimentaire et organisation spatiale », *Quaternaire* 28/3, pp. 389-400.
- _____, Acheré V., Lacroix T., Labat O., Capron F., Pihède A., Louis A., Douard M. 2019 « Castles in townscapes: studying fortified medieval towns and their environments in Eure-et-Loir (France) », *Landscapes* 20(2), p. 139-159 [DOI : 10.1080/14662035.2020.1861720].
- Buffat L. 2011 *L'économie domaniale en Gaule narbonnaise : les vestiges de la cité de Nîmes*, Lattes (Archéologie méditerranéenne 29).

- Caastrenc C., Baueux F., Poirer N., Rendu C. 2020 « Thermographie aéroportée par drone. Nouvelle procédure pour la détection archéologique en haute montagne », *ArcheoSciences* 44-1, p. 81-96.
- Capron F. (d.r.) 2019 *Hanches « ZAC Cœur de la Ville Tranche 1 »/Rue de la Barre (Centre-Val-de-Loire, Eure-et-Loire 28)*, Rapport d'opération, nrap, Centre Île-de-France, 152 p.
- Chamaux G. 2009 *Auneau (Centre Eure-et-Loire), Aménagement de la déviation routière d'Auneau (section RD 18-RD 116-RD 19)*, Rapport de diagnostic archéologique, Chartres, Conseil général d'Eure-et-Loire, 202 p.
- , 2013 *Nogent-le-Roi et Lormaye (Centre Eure-et-Loire). Aménagement de la déviation routière de Nogent-le-Roi. Tronçon BD*, Rapport de diagnostic d'archéologie et préventive, Chartres, Conseil général d'Eure-et-Loire.
- , Borderie Q. 2013 *Nogent-Le-Roi et Lormaye (Centre - Eure-et-Loire). Aménagement de la déviation routière de Nogent-le-Roi. Tronçon BD*, rapport de diagnostic archéologique, mai 2013.
- (d.r.) 2018 *Coulombs (Eure-et-Loire, Centre-Val de Loire), déviation de Nogent-le-Roi, section RD 116/RD 4. Des vestiges de l'âge du Bronze et des traces de viticulture moderne en vallée de l'Eure*, Rapport de diagnostic archéologique, Chartres, Conseil départemental d'Eure-et-Loire, 128 p.
- Chaussé C. 2003 *Les nappes alluviales de la basse vallée de l'Yonne, approche géométrique et chronostratigraphique. L'apport de l'étude de la nappe de Soucy à la compréhension des occupations du Paléolithique inférieur de Soucy*, Mémoire de doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille.
- et alii 2008 « Quaternary history of the River Seine, Paris, France: bio-chronostratigraphic and geomorphological evidence from the Quaternary », *The Holocene* 18/6, p. 967-980.
- Chouquer G. 1996 « Parcellar sites and long-term. Points de repères historiques et problèmes d'interprétation », dans G. Chouquer (d.r.), *Les Formes du paysage, 2. Archéologie des parcellaires* (Actes du colloque d'Orléans, mars 1996), Paris, Errance, 1996, p. 201-223.
- 2003 « Classement et reconstitution des objets : enjeux de l'archéogéographie. Introduction », *Études rurales* 167-168, p. 13-32.
- Collectif 2004 « Section 32. Mondes antiques et médévaux », *Rapport de conjecture 2004*, t. 1 : « L'état de l'art », Paris, CNRS, p. 651-659. <http://www.cnrs.fr/comtenatona/doc/rapport/2004/rapport/sections/0651-0680-Chap32.pdf>
- CNRA 2016 *Programmation nationale de la recherche archéologique*, publication de la Sous-direction de l'archéologie, Paris, Ministère de la Culture et de la Communication.
- Cormier S., Deshayes G., Bernot J., Fajon P. 2017 « Bue. Le Pèleret, rue du Puits », *Bilan scientifique DRAC-SRA Normandie*, p. 120-121.
- De Castro F., Jagu D. 2014 « Le Camp de César de Changé, commune de Saint-Pat », dans *Comité archéologique d'Eure-et-Loire. 25 ans d'activité (1989-2014)*, p. 43-54.
- Dewof Y. 1970 « Premières observations sur deux coupes de la vallée de l'Eure », *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire* 7/2, p. 191-198.
- 1974 *Carte géomorphologique détaillée de la France au 1/50 000 : feuille XX-14, Saint-André-de-l'Eure*, Carte et notice explicative, CNRS, RCP 77, Paris.
- 1977 *Contribution à l'étude des marges occidentales du Bassin de Paris : problèmes de géomorphologie*, Mémoire de doctorat, Université Paris-Diderot, dir. J. Dresch.
- Dugast F. (d.r.) 2021 *Formation et gestion des territoires de la Préhistoire à nos jours. Approches et perspectives exploratoires autour de la vallée de l'Eure*, Drémé-Lafage, Éditions Mergo (Archéologie du paysage 5), 391 p.
- 2021 « Cultures matérielles, faciès céramiques et approvisionnement entre le 5^e et le 4^e millénaire en territoire carnute : quelques éléments de réflexion », dans F. Dugast (d.r.), *Formation et gestion des territoires de la Préhistoire à nos jours. Approches et perspectives exploratoires autour de la vallée de l'Eure*, Drémé-Lafage, Éditions Mergo (Archéologie du paysage 5), p. 179-190.
- , Pau T. et alii 2019 *Vallée de l'Eure : une rivière, des territoires. Projet collectif de recherche. Rapport d'opérations 2019* (avec la collaboration de G. Arnaud-Fassetta, F. Bétard, G. Chaumet, M. Laromanère, Le Teulier, B. Pando, Renaut, V. Ve, C. Vermoux, L. Yacine), Rapport annuel, SRA-DRAC Normandie.
- , Pau T. et alii 2020 *Vallée de l'Eure : une rivière, des territoires. Projet collectif de recherche. Rapport d'opérations 2020* (avec la collaboration de G. Arnaud-Fassetta, F. Bétard, G. Chaumet, M. Laromanère, Le Teulier, Renaut, V. Ve, C. Vermoux), Rapport annuel, SRA-DRAC Normandie.
- , Renaut. 2017 « Des gisements et des sites. Histoire de gisements, de sites et d'entités historiques en bocasses », *Atelier SITraDA* (d.r. B. Desachy) [En ligne : <https://strada.hypotheses.org/date/2017/02>].
- Favory F., Van der Leeuw S. 1998 « Archaeomedes, une recherche collective sur la dynamique spatio-temporelle de l'habitat antique dans la vallée du Rhône : bilan et perspectives », *Revue Archéologique de Narbonnaise* 31, p. 257-298.
- et alii 2003 *Archéologie et systèmes socio-environnementaux. Études multiscales sur la vallée du Rhône dans le programme ARCHAEMEDES*, Paris, CNRS Éditions (CRA-Monographies 27), 408 p.
- Fencke E. et alii 2014 *Nogent-le-Roi (Centre 28) « Le Pierrier ». Une occupation rurale de La Tène finale au IV^e siècle ap. J.-C. Rapport de fouille archéologique préventive*, Chartres, Conseil général d'Eure-et-Loire.

- 2016 Anet Saussay. *Liaison routière RD928-RD116 (Centre-Val de Loire ; Eure-et-Loir). Des occupations de la Protohistoire ancienne à l'époque contemporaine*, Rapport de diagnostic d'archéologie préventive, Chartres, Conseil départemental d'Eure-et-Loir / Orléans, DRAC Centre Service régional de l'archéologie.
- Ferdère A. 1978 *Recherches sur l'habitat rural gallo-romain en Beauce*, thèse de 3^e cycle de dactylographie, Paris.
- Fouache E. 2010 « L'approche géoarchéologique », dans A. Arash et alii (d.r.), *Regards croisés sur l'étude archéologique des paysages anciens. Nouvelles recherches dans le Bassin méditerranéen, en Asie centrale et au Proche et au Moyen-Orient*, Lyon, Maison de l'Orient et de la Méditerranée Jean Pouilloux (Travaux de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée 56), p. 17-30.
- , Rasse M. 2009 « Archaeology, geoarchaeology and geomorphosite management: towards a typology of geoarchaeosites », dans E. Reynard, P. Coratza, G. Regon-Bessis (d.r.), *Geomorphosites*, Munich, Pfeiffer, p. 213-223.
- Gandelin Chr. 2008 *Des campagnes gauloises aux campagnes de l'Antiquité tardive : la dynamique de l'habitat rural dans la cité des Bituriges Cubi (II^e s. av. J.-C.-VII^e s. ap. J.-C.)*, Suppl. *Revue archéologique du Centre de la France* 33, Tours.
- Garcia D., Schneider L. 1998 *Carte archéologique de la Gaule 34/1 : Le Lodévois*, Paris, Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme.
- Gagny F. (d.r.) 2005 *Louviers « La Villette » (Eure) : un site du Néolithique moyen en zone humide*, Rennes (Documents archéologiques de l'Ouest), 344 p.
- Gonet A. 2018 *Du plateau au fond de vallée : apport de l'étude de trois sites archéologiques à la compréhension des dynamiques géomorphologiques holocènes en Normandie*, Mémoire de doctorat, Université de Rouen Normandie.
- Gray M. 2013 *Geodiversity: Value and Conservation of Abiotic Nature*, Chichester, John Wiley & Sons Ltd, 508 p.
- et al., Jagu D. 2017 « Modélisation d'un oppidum sous couvert végétal dense, en Eure-et-Loir, par LIDAR aéroporté par drone », *xyz*, Association française de topographie (AFT) 153, p. 45-50.
- enaff (d.r.) 2011 *Garennes-sur-Eure, Haute Normandie, Eure (27). « Route de Bueil - Les Hayes-Mathieu ». Un petit lot de céramique de la fin de l'âge du Bronze*, Rapport final d'opération. Diagnostic archéologique, nrap, ju n.
- Jamet G. 2014 *Réponses sédimentaires d'un bassin versant côtier aux variations glacio-eustatiques et au soulèvement plioquaternaire : l'exemple du bassin versant côtier de la baie de Seine (Seine, Touques et Dives)*, Mémoire de doctorat en Sciences de la Terre, Université de Caen Basse-Normandie.
- Jasiewicz J., Stepniak T.F. 2012 « Geomorphons : a pattern recognition approach to classification and mapping of Landforms », *Geomorphology*.
- Krausz S. 2016 *Des premières communautés paysannes à la naissance de l'État dans le Centre de la France (5000-50 a.C.)*, Bordeaux, Ausonius (Ars Antiqua).
- Labat O. (d.r.) 2019 *Droue-sur-Drouette « 1, rue de la Mairie - Pré-aux-Pommes » (Eure-et-Loir, Centre-Val de Loire). Témoins du cimetière paroissial, de pratiques agraires et de dynamiques alluviales*, Rapport de diagnostic archéologique, Chartres, Conseil départemental d'Eure-et-Loir, 75 p.
- Lacombe O., Obert D. 2000 « Évolution structurale et déformation de couverture : pissement et déformations tertiaires dans l'ouest du bassin de Paris », *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* 300, p. 793-798.
- Lebé G. 2016 « Une séquence sédimentaire pluriménaire de l'Eure à Val-de-Reuil (27) », *ArchéoThéma* 38, p. 69.
- Lejeune Y. et alii 2012 « L'évolution holocène de la basse vallée de la Marne (Bassin parisien, France), entre influences anthropiques et climatiques », *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 4, p. 459-476.
- Leman-Deerve G. 2003 « La vallée de la Deûle : paléoenvironnement et occupations humaines », *Revue du Nord* 5 / n° 353, p. 9-11.
- Lena G. 2009 « Geosites archeologia », *Geologia dell'Ambiente* 2, p. 7-10.
- Lepert T. 1995 *Incarville-Val-de-Reuil, Bretelle autoroutière de Louviers, RN 154. Échangeur d'Incarville*, Rapport de sondages, AFAN.
- Lespez L. 2007 « Dynamiques holocènes de systèmes fluviaux en Grèce du Nord : une approche comparative et multiscale des interactions entre Nature et Société », *Géomorphologie : relief, processus, environnement* [en ligne], 13/1 (2007), mis en ligne le 1^{er} avril 2009, URL : <http://geomorphologie.revues.org/669>; DOI : 10.4000/geomorphologie.669].
- et alii 2005 « Diagnostic préliminaire des dynamiques sédimentaires holocènes dans les petites vallées de l'Ouest du Bassin Parisien, l'exemple de la Mue (Basse Normandie) », *Quaternaire* 16/4, p. 273-298.
- 2012 *Le temps de l'environnement et des paysages des systèmes fluviaux au cours de l'Holocène. Normandie, Grèce, Mali*, Mémoire de l'Institut de Recherche des Recherches, volume 1, Université de Caen Basse-Normandie.
- , Germain C. 2013 « Archéologie du paysage de la Plaine de Caen du Néolithique à l'époque mérovingienne (Projet Collectif de Recherche) », *Archéologie de la France, Information* [en ligne], Basse-Normandie, 2013, mis en ligne le 15 mars 2016, URL : <http://adfr.revues.org/16840>; DOI : 10.4000/adfr.16840.

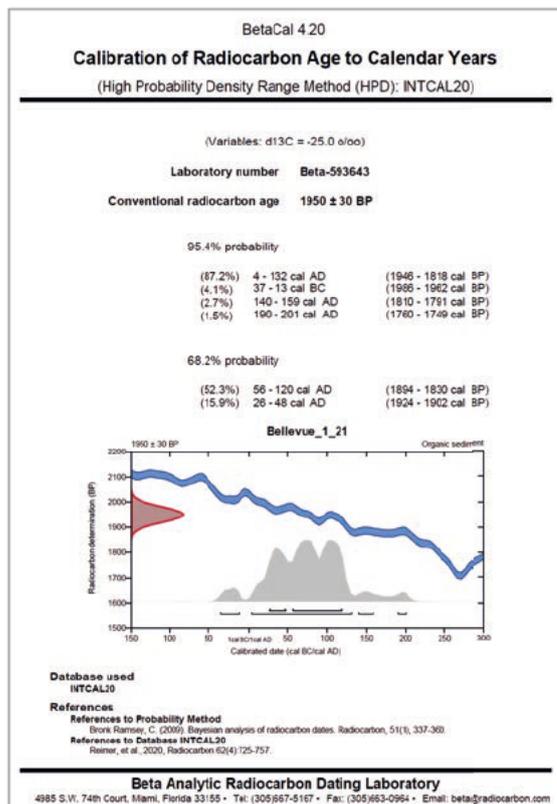
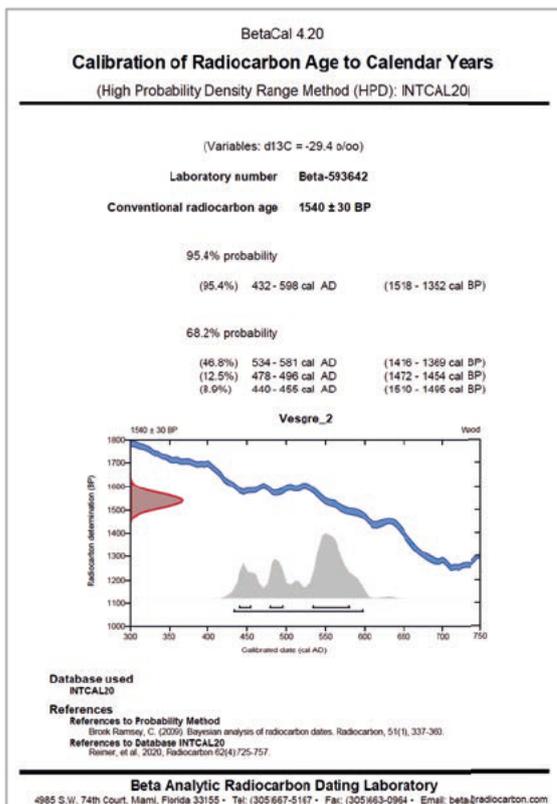
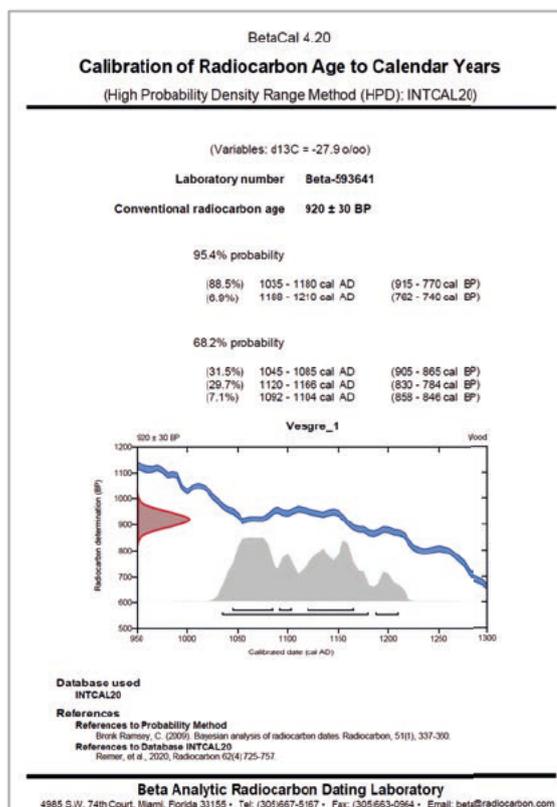
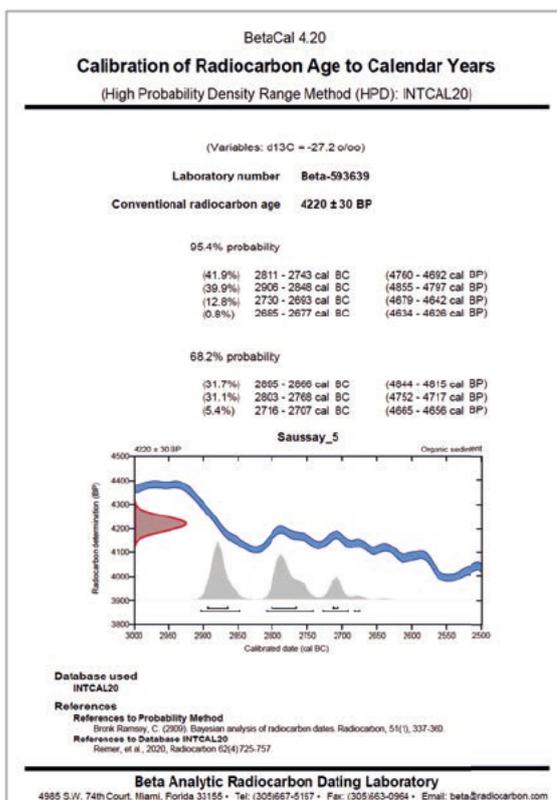
- LeTe er- e tz . 2020 « L DAR aéroporté par drone : un focus m cro-topograph que à 'éche e d'un s te archéog que bo sé. Méthodog e et retour d'expér ence », *NUMEAR* (11 ju n 2020), DO 10.21494/ STE.OP.2020.0528.
- Lévêque Chr. *et alii* 2003 « L'anthroposystème : ent té structure e et fonct onne e des nteract ons soc étés-m eux », dans Chr st an Lévêque, Sander Van der Leew (d r.), *Quelle nature voulons-nous ? Pour une approche socio-écologique du champ de l'environnement*, Par s, E sev er, co . « Environnement », p. 110-129.
- Lunden, B., 1985 « Aer a thermography A remote sens ng techn que app ed to detect on of bur ed archaeog ca rema ns at a s te. Da ecar a, Sweden », *Geografiska Annaler: Ser es A, Physical Geography*, 67/1-2, p. 161-166.
- Mare E. d r. 2009 *Le village de l'âge du Bronze final du Buisson-du-Roui à Malleville-sur-le-Bec dans l'Eure*, Rapport f na d'opérat on, nrap DRAC aute-Normand e, 179 p., annexes.
- M a A. D. 1996 *The Geology of Fluvial Deposits. Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology*, Ber n l e de berg / New York / Londres / Par s / Tokyo / ong Kong, Spr nger-Ver ag.
- Nouve e P. 2004 *Des terroirs et des hommes : dynamique des organisations spatiales dans le bassin de l'Yonne moyenne et leur évolution de la fin de l'âge du Bronze au haut Moyen Âge*, Mémo re de doctorat, Un vers té de Bourgogne, 3 vo .
- Obert D., Deffonta nes B., Ge y J.-P. 1992 « Adaptat on du réseau hydrograph que aux structures et à 'évo ut on néotecton que. App cat on au Bass n Par s en », *Bulletin d'information des géologues du bassin de Paris* 29(4), p. 85-95.
- , Deffonta nes B., Ge y J.-P., Jo y M., Lacombe O., Lorenz J., Pomero C. 1997 « Tecton que p cat ve de couverture dans e Lutét en supér eur de a va ée de 'Eure : nd ce d'un acc dent profond », *Bulletin d'information des géologues du bassin de Paris* 34(2), p. 13-18.
- Orth P. 2003 *Évolution et variabilité morpho-sédimentaire d'un bassin-versant élémentaire au Tardi et Postglaciaire : l'exemple du bassin-versant de la Beuvronne (Bassin parisien)*, Mémo re de doctorat, Un vers té Par s 1-Panthéon Sorbonne.
- et alii* 2004 « Les enreg strements morpho-séd menta res et b ostrat graph ques des fonds de va ée du bass n-versant de a Beuvronne (Bass n par s en, Se ne et Marne, France) : percept on des changements c matoo anthrop ques à ' o ocène », *Quaternaire* 15/3, p. 285-298.
- Pastre J.-F *et alii* 1991 « L'évo ut on ho ocène des fonds de va ées au nord-est de a rég on par s enne », *Physio-Géo* 22-23, p. 109-115.
- et alii* 1997 « L'évo ut on tard - et postg ac a re des ts f uv aux au nord-est de Par s (France). Re at on avec es données pa éoenv ronnementa es et 'mpact anthrop que sur es versants », *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 4, p. 291-312.
- et alii* 2000 « Le Tard g ac a re des fonds de va ée du Bass n par s en (France) », *Quaternaire* 11/2, p. 107-122.
- et alii* 2002 « Var at ons pa éoenv ronnementa es et pa éohydro og ques durant es 15 dern ers m éna res : es réponses morpho-séd menta res des va ées du Bass n par s en (France) », dans J.-P. Bravard, M. Magny (d r.), *Les fleuves ont une histoire. Paléoenvironnement des rivières et des lacs français depuis 15 000 ans*, Par s, Errance, p. 29-44.
- et alii* 2003 « Qu nze m e ans d'env ronnement dans e Bass n par s en (France) : mémo res séd menta res des fonds de va ées », dans T. Muxart, F.-D. V v en, B. V a ba, J. Burnouf (d r.), *Des milieux et des hommes : fragments d'histoires croisées*, E sev er (Environnement), p. 43-55.
- et alii* 2006 – « L'homme et 'éros on dans e Bass n Par s en (France). La réponse morpho-séd menta re des fonds de va ée au cours de a seconde part e de ' o ocène », dans P. A ée, L. Lespez (d r.), *L'érosion entre société, climat et paléoenvironnements* (Actes de a tab e-ronde en 'honneur de René Nebo t-Gu hot), C ermont-Ferrand, Presses un vers ta res B a se-Pasca , co . « Nature et Soc été » 3, p. 237-247.
- Pastre J.-F., Leroyer C., L mond n-Lozouet N., Anto ne P., Chaussé C., Gauth er A., Grana S., Le Jeune J., Wuscher P. 2014 « L' o ocène du Bass n par s en (France). Apports de 'étude géo-éco og que et géo-archéog que des fonds de va ée », dans N. Carcaud, G. Arnaud-Fassetta (d r.), *La Géoarchéologie au xx^e siècle*, Par s, CNRS Éd t ons, p. 89-106.
- P au T. 2019 *Dynamique géomorphologique holocène et occupation humaine dans le bassin-versant de l'Eure : apport d'une approche géoarchéologique multi-scalaire*, Mémo re de M2, d r. Fr. Bétard & F. Dugast, Un vers té de Par s/Cnrs.
- et alii* 2020 « Dynam que géomorphog que ho ocène et occupat on huma ne dans e bass n-versant de 'Eure (Bass n de Par s, France) : potent e s d'une approche géoarchéog que mu t sca a re et d achron que », *Archimède. Archéologie et histoire ancienne* [En gne] 7, 2020, p. 188-204.
- et alii* 2021 « Methodog ca proposa for the nventory and assessment of geoarchaeos tes: App cat on to the m dd e Eure va ey (Par s Bas n, France) », *European Geosciences Union General Assembly, Geophysical Research Abstracts*, V enne, avr 2021, EGU21-143.
- Rassat S., W rtz B. 2013 « Campagnes m cro-topograph ques à a Ca otter e (62). Des échant onnages extens fs non destruct fs au sen d'un port du haut Moyen Âge : Quentov c », *Revue archéologique de Picardie* 3/4, p. 199-206.

- , ugonn er L. 2017 « Atte ndre 'h sto re de a forêt de Comp ègne par a té édéct on aér enne et 'exp orat on des arch ves du so », *Histoire et Mesure* XXX /2, « Mesurer a forêt », p. 67-102.
- Raynaud 1996 « Les campagnes rhodan ennes : que e cr se ? », dans J.-L. Fches (d r.), *Le III^e siècle en Gaule Narbonnaise. Données régionales sur la crise de l'Empire* (Actes de a tab e ronde du GDR 954, « Archéog e de 'espace rura méd terranéen dans 'Ant qu té et e haut Moyen Âge », A x-en-Provence, La Baume, 15-16 septembre 1995), Soph a Ant p o s, éd. APDCA, p. 189-212.
- Renau t . 2003 *Les voies romaines chez les Carnutes (actuel département des Yvelines) (I^{er} s. av. J.-C.-IV^e s. ap. J.-C.)*, Mémo re de maîtr se, d r. Pr. J.-P. Mart n & M. Jo y, Un v. Par s V-Sorbonne.
- 2004 *L'occupation du sol dans le sud des Yvelines (I^{er} s. av. J.-C.-IV^e s. ap. J.-C.)*, Mémo re de DEA, d r. Pr. J.-P. Mart n & M. Jo y, Un v. Par s V-Sorbonne.
- 2010 *Dynamique de l'occupation du sol dans les confins de territoire carnute : le Perche et la Beauce*, Mémo re de doctorat, d r. Pr. J.-P. Mart n & M. Jo y, Un v. Par s V-Sorbonne.
- Rév on S., anno s P. 2003 « Vers une archéog e de a va ée de a Deû e (Nord) », *Revue du Nord* 5(353), p. 13-22.
- Reynard E., Fontanta G., Koz k L., Scapozza C. (2007) « A method for assess ng "sc ent f c" and "add t on a va ues" of geomorphos tes », *Geographica Helvetica* 62/3, p. 148-158.
- , Perret A., Bussard J., Grang er L., Mart n S. 2016 « ntegrated approach for the nventory and management of geomorpho og ca her tage at the reg ona sca e », *Geoheritage* 8(1), p. 43-60.
- Seb otte M. 1990 « Système de cu ture, un concept opérato re pour es agronomes », dans L. Combe, D. P card (d r.), *Les systèmes de culture*, Versa es, nra, p. 165-196.
- Séch et alii 2010 « The ast m enn a h story of detr ta sed mentat on n the Lower Se ne Va ey (Normandy, NW France): rev ew », *Terra Nova* 22, p. 434-441.
- S sto M., D L s o A., Russo F. 2020 « The Mef te n the Ansanto Va ey (Southern ta y): a geoarchaeos te to promote the geotour sm and geoconservat on of the rp n an cu tura ndscape », *Geoheritage* 12(1).
- Schm dt V., Becken M., Schma z J. 2020 « A UAV-borne magnet c survey for archaeo og ca prospect on of a Ce t c bur a ste », *First Break* 38 (août 2020), p. 61-66.
- Tabbagh A., 1977 « -Prospect ons therm ques et é cctr ques ab tat néo th que de fond de va ée a uv a e à Noyen-sur-Se ne (Se ne-et-Marne) », *Gallia Préhistoire*, p. 271-280.
- _____ 1983 « Cho x de a date opt ma e de pr se de vue en prospect on therm que aéroportée de structures archéog ques. Photo nterprétat on », *Tecnip* 3, fasc. 6.
- Treme A. 2010 *Géographie religieuse des divinités dans la cité des Carnutes : données épigraphiques et iconographiques*, Mémo re de M2, Un v. Par s .
- Tur and M. (d r.) 1975 *Notice de la carte géologique de la France à 1:50 000, feuille de Houdan (XXI-14)*, Bureau de Recherches Géog que et M n ères, Or éans, France.
- Van der Leeuw S. (d r.) 1996 *ARCHAEOMEDES. A DG-XII research program to understand the natural and anthropogenic causes of land degradation and desertification in the Mediterranean basin*, Par s.
- 1998 « The ARC AEOMEDES project, understand ng the natura and anthropogen c causes of and degradat on and desert f cat on n the Med terranean bas n », *Research results*, European Commu tes, Luxembourg.
- 2017 « Pourquoi des modè es ? Why mode ? », commun cat on présentée dans e cadre du Sém na re de F. Bertonce o, *Modelling complex adaptative systems in Archaeology: insights and feedbacks from the modelling of past socio-ecosystems*, 12 ma 2017 (d ffusé sur UNS pod p ate-forme de podcast ng de 'UNS, décembre 2017).
- V a et A., Mo gne A.-M., Vercoutre C., Monce M.- ., ure A., Coe ho V., Baha n J.-J., Despr ée J., Vo nchet P., Pen caud P. 2021 « Nouve e étude du ste de Sa nt-Prest : un témo n de a présence huma ne en va ée de 'Eure autour d'un m on d'années ? », dans F. Dugast (d r.), *Formation et gestion des territoires de la Préhistoire à nos jours. Approches et perspectives exploratoires autour de la Vallée de l'Eure*, Éd t ons Mergo (Archéog e du paysage 5), p. 99-115.
- V on E. 1989 « L'ana yse archéog que des réseaux rout ers : une rupture méthodo og que, des réponses nouve es », *Paysages Découverts* 1, p. 67-99.
- Wasy zszyn N. 2006 « État de a recherche sur es ég ses préromanes ou romanes précoces », *Bulletin des Amis des Monuments et Sites de l'Eure*.
- Wieber J.-C. 1977 – *Dynamique érosive et structures des paysages (essai d'approche méthodique)*, Thèse de doctorat d'État, Univ. Paris VII, 2 vol., 813 p.
- Wh t am R.G. 1982 « Archaeo og ca taphonomy: mp cat ons for def n ng data requ rements and ana yt ca procedures », dans P.D. Franc s, E.C. Pop n (d r.), *Directions in Archaeolog: A Question of Goals*, Ca gary, Alberta, p. 145-154.

Wuscher P. et alii 2012 « Une séquence céess que, des pa éosos et des s ex à Sa nt-Soupp ets, au p ed des buttes de a Goë e (Se ne-et-Marne) », *Les nouvelles de l'archéologie* 129, p. 55-60.

– Publications et documentation sources (sur le secteur concerné) –

- Barat Y., Dufay B., Renaut . 2007 *Carte archéologique de la Gaule : les Yvelines*, 78, Paris, A BL.
- Banchet (A.) 1900 *Les trésors de monnaies romaines et les invasions germaniques en Gaule*, Paris.
- Bonnard (L.) 1907 *Une promenade historique : la frontière France-Normandie entre Seine et Perche (IX^e-XIII^e siècles)*, Chartres.
- Bordeaux (R.) 1856 « Découverte [...] d'un tumulus [à Bue] dans 'Eure », *Bull. monumental* 22, p. 516-519.
- Bossavy (J.) 1923 « Présentations et communications », *Bull. de la Soc. préhist. française*, séance du 25 janvier 1923, p. 33.
- Bouard (M. de) 1962 « Informations archéologiques », *Gallia* 20/2, p. 423-424.
- Bourse et (V.), Cersse (.) 1933 *Mantes et son arrondissement*, Mantès (Société française de l'ère).
- Charpion (M.), Caresme (Abbé J.) 1868-1879 *Dictionnaire hist. de toutes les communes du dép. de l'Eure*, Les Andelys.
- Chedevè (P.-J.) 1908-1910 « Notes descriptives pour l'établissement et la tenue à jour des cartes paléontologiques », *Bull. de la Société normande d'études préhistoriques* 15 (1907), p. 138-156 ; 16 (1908), p. 71-86 ; 17 (1909), p. 79-94.
- Ciquet D. 1993 *Carte archéologique de la Gaule : L'Eure* 27, Paris, A BL.
- Cout (L.) 1901 « L'industrie primitive du cuivre et du bronze en Normandie. Analyse des principales formes d'instruments », *Bull. de la Société normande d'études préhistoriques* 8 (1900), p. 137-141.
- 1905 « Le cimetière franc et carolingien de Bue », *Recueil et travaux de la société libre de l'Eure* (1904), p. 1.
- 1907 « Le cimetière franc et carolingien de Bue (Eure). Nouvelles fouilles de 1904, 1905 et 1906 », *Recueil et travaux de la société libre de l'Eure* (1906), p. 106.
- 1908 « Couteau de l'âge du bronze associé à une boucle de fer dans le cimetière franc et carolingien de Bue [...] », *Bull. de la Société préhistorique française* 5, p. 93-96.
- 1921 *Département de l'Eure. Archéologie*, Paris.
- Desse (L.), Passy (L.) (dir.) 1862-1869 *Mémoires et notes de M. Auguste Le Prévost pour servir à l'histoire du département de l'Eure*, Évreux (3 vols.).
- Dubot 1889 *Monographie communale pour l'exposition universelle de 1900* [Cravent].
- Grave (E.) s.d. *Notes manuscrites* (Archives départementales des Yvelines).
- 1886 « Découverte de Bréva », *Bull. de la Commission des antiquités et des arts de Seine-et-Oise* 6, p. 85-99.
- Guenet 1899 *Monographie communale pour l'exposition universelle de 1900* [Bréva].
- Guérineau de Boissette (L.-G.) 1864 *Statistiques archéologiques d'Eure-et-Loir. Indépendance gauloise et Gaule romaine*, Chartres.
- Jarn (E.) 1859 « Sur une sépulture celtique trouvée à Neuilly-sur-Eure », *Recueil et travaux de la société libre de l'Eure* (1857-1858), p. 591-598.
- Jussenon (M.) s.d. *Forma orbis roman : carte archéologique de la Gaule. Département d'Eure-et-Loir* (5 cahiers), Chartres.
- Le Pesant (M.) 1958 « Fouilles et découvertes archéologiques dans le département de l'Eure, depuis 1956 », *Annales de Normandie* 3, p. 400-402.
- Merlet (L.) 1861 *Dictionnaire topographique du département d'Eure-et-Loir, comprenant les noms de lieux anciens et modernes*, Paris.
- Musset (L.) 1959 « Chronologie d'archéologie normande », *Bull. de la Soc. des Antiquaires de Normandie* 54 (1957-1958), p. 629.
- Ognyer A., Joy J. 1994 *Carte archéologique de la Gaule : L'Eure-et-Loir*, 28, Paris, A BL.
- Pouan (A.-G.) 1961 *Les églises du canton de Bonnières-sur-Seine*, Rouen.
- Toussaint (M.) 1951 *Répertoire archéologique de Seine-et-Oise (période gallo-romaine et époque franque)*, Paris.
- Vesly (L. de) 1909 *Les fana ou petits temples gallo-romains de la région normande*, Rouen.
- Veneuve (A.) 1923 « Catalogue explicatif des objets présentés à la première exposition de la Société Archéologique, historique et scientifique de la région de Bonnières-sur-Seine », *Bull. de la Société archéologique, historique et scientifique de la région de Bonnières-sur-Seine* 3, p. 49-55.
- 1924 « La préhistoire de Bréva », *Bull. de la Société archéologique, historique et scientifique de la région de Bonnières-sur-Seine* 7, p. 145-150.
- 1932 « Sur une hache en bronze trouvée à Bréva », *Bull. de la Commission des antiquités et des arts de Seine-et-Oise* 13, p. 93-95.



BetaCal 4.20
Calibration of Radiocarbon Age to Calendar Years
(High Probability Density Range Method (HPD): INTCAL20)

(Variables: $\delta^{13}C = -25.8$ ‰)

Laboratory number **Beta-609922**

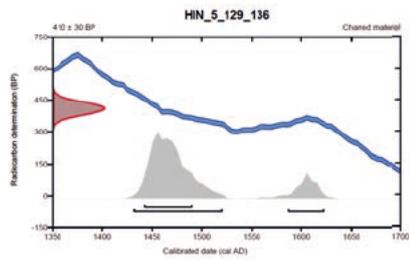
Conventional radiocarbon age **410 ± 30 BP**

95.4% probability

(80.9%) 1432 - 1520 cal AD (518 - 430 cal BP)
(14.5%) 1586 - 1622 cal AD (364 - 328 cal BP)

68.2% probability

(68.2%) 1442 - 1490 cal AD (508 - 460 cal BP)



Database used
INTCAL20

References

reference to probability method
Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1), 337-363.
References to Database INTCAL20
Reimer, et al. 2020. *Radiocarbon* 62(4):725-757.

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • Email: beta@radiocarbon.com

Annexe 2 – Comptes rendus des réunions et workshops

26 mai 2016 – SAD 28 (Chartres)

1^{re} réunion de lancement du projet

Présents : Hervé Sellès (Responsable du service), Gabriel Chameaux (RO préhistorien), Jean-Yves Noë (RO néolithicien), Émile Fenck (RO protohistorien), Pierre Pérchon (RO antiquaire), Olivier Labat (RO médiéviste), Michel Douard (Archéologue), Antoine Louis (Ingénieur), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167), Nicolas Renaut (co-responsable du projet, Umr 8167)

Absents excusés : Quentin Borderie (Géomorphologue)

Le projet « Vallée de l'Eure » ouvre sur une alternative considérée comme ambitieuse, mais qui reçoit l'assentiment de tous. Il a pour lui d'emblée trois points forts qui tournent autour de la position historique et de la configuration géographiques de la vallée :

- 1/ rivière de taille moyenne, elle présente des paysages différents tout au long de son tracé de 80 km de long – de Chartres à Pîtres ;
- 2/ elle traverse à toutes les époques des territoires différents et a accueilli sur son tracé quatre villes importantes distantes de 25 km chacune : Chartres, Dreux, Évreux, Pîtres ;
- 3/ elle traverse une zone peu étudiée jusqu'à maintenant.

Ce troisième point constitue à la fois un atout et une difficulté puisqu'il conditionne le développement de l'ensemble du projet : la documentation ne manque pas, mais concernant plus spécifiquement la vallée, elle n'est pas exploitée et reste hétérogène d'un secteur à l'autre, d'une période à l'autre. Aucune approche ni aucune synthèse n'a réellement été effectuée – en dehors de quelques recherches isolées comme celle de Fort Harrouard – qui pourrait permettre d'avoir une vision d'ensemble ou un tant soit peu détaillée du cadre et des problématiques inhérentes à l'étude proposée ici.

Trois questions ressortent de manière insistante mais non moins pertinente :

- 1/ comment définir la problématique générale du projet et les thématiques abordées ?
- 2/ comment définir les limites du cadre géographique de la vallée : amont/aval, rive droite/gauche, affluents – et tout simplement son étendue par rapport au lit majeur et ses abords ?
- 3/ quel est l'état réel de la documentation ?

S'agissant de construire le programme, une première étape est de faire « l'état de l'art », c'est-à-dire un inventaire raisonné de la documentation, aussi bien archéologique que géologique / géomorphologique, sachant que ce sont les services régionaux (SAM, SAD, SRA, Inrap) qui détiennent la plus grande partie de cette documentation.

Hervé Sellès se dit prêt à rendre son service disponible et laisser ses agents participer à des opérations de prospection pédestres ciblées en relation avec le projet. Des groupes de travail sont envisagés – dans un premier temps par période, puis de manière plus large en fonction des premiers résultats :

- deux bases de données sont disponibles pour l'Eure et Loir : IPARC et Patriarche, à rassembler sur une seule et même base de données en homogénéisant la forme et les rubriques ; devront s'y ajouter les données de l'Inrap et, pour la portion aval, celles du SA de Chartres [**Michel Douard**] ; une première représentation cartographique des gisements par période, de la préhistoire à l'époque médiévale, a été proposée par Quentin Borderie : une échelle large a été privilégiée pour permettre une première approche sans discrimination ;
- les données géologiques et géomorphologiques sont à compléter [**Quentin Borderie**] ;
- les données planimétriques et cartographiques (fonds récents et anciens) sont également à recenser et à compiler (Cassini, J.-B. d'Anville, État-major, Plan Terrier), ou de photos aériennes et de cartes récentes (IGN...) [**Antoine Louis**] ;

- les données textuelles médiévales et modernes (archives, cartulaires, etc.) sont à prendre en compte non seulement pour la période médiévale mais également pour les périodes antérieures en tant qu'elles témoignent d'un développement, de transformations, etc. (méthode « régressive » – avec les précautions d'usage) [Olivier Labat Michel Douard].

L'analyse des données disponibles pourra faire émerger des secteurs d'étude privilégiés. Celui d'Anet est choisi en première analyse en vue de le proposer comme « zone test » et devra être validé (ou non) au terme de ces premières phases de travail.

20 juillet 2016 – Inrap (Chartres)

2^e réunion de lancement du projet

Présents : O v e r B n (DAST nrap 91/94/77), Hubert Lepaunier (nrap Normand e), Thierry Massat (DAST nrap 28/41), Thibaud Guot (DAST nrap 75/78/92/95), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167), ngr d Renau t (co-responsab e du projet, Umr 8167)

À la suite de la présentation générale du projet, la discussion s'ouvre sur un tour d'horizon des opérations concernant la vallée de l'Eure :

- **Olivier Blin** : dans le cadre des fouilles programmées en cours à Jouars-Pontchartrain (78), entame une étude de l'environnement territorial autour du site et de la Mauldre, affluent de l'Eure ; privilégie une étude de l'occupation sur le temps long (de la protohistoire – avec Nathalie Ginoux – au Moyen Âge) ; s'interroge sur l'organisation des voies, leur rôle, leur hiérarchie ; s'interroge également sur la navigabilité de l'Eure et la présence de nautes (épigraphie et iconographie : renvoie à **Angeline Martin**, Mémoire de l'EHESS.
- **Hubert Lepaunier** : rappelle le problème récurrent des informations non publiées ni exploitées – notamment de l'ouest jusqu'à l'Eure : pas d'activités de l'Inrap, pas de discussions, typologie des fermes pas même ébauchée, contexte géomorphologique en rupture entre Carnutes et Aulerques... ; rappelle néanmoins la fouille de *tumuli* à Anet ; et celle du plateau de Saint-André dirigée par Thierry Lepert (RN 167).
- **Thierry Massat** : pour le 28, la documentation reste disparate (photo aérienne sans vérification au sol), exception faite de l'intervention sur la RN 154 Voves / Chartres.
- **Thibaut Guot** : le préventif est peu existant dans la partie occidentale du 78 : les aménagements ne sont pas suivis, il n'y a pas de prescriptions (choix politique du CD78).

Côté géomorphologie, tous s'interrogent sur la pertinence de l'échelle adoptée par Quentin Borderie et s'accordent à dire qu'il n'est possible de commencer une quelconque analyse qu'à partir du moment où la surface prise en compte est plus vaste que le simple tracé de la rivière ou de ses abords. Les phénomènes ne sont visibles que si on prend en compte les méandres de la rivière de l'Eure.

Thierry Massat propose d'informer l'ensemble de son équipe pour susciter des participations individuelles. Il rappelle que, s'il est favorable à ce type de participation, les agents Inrap sont soumis à des autorisations de journées PASS qui sont généralement adossées à des PCR...

12 septembre 2016 – MADE (Vieil-Évreux)

3^e réunion de lancement du projet

Présents : Ant de Vand (Responsab e du serv ce), Sandrine Bertaud ère (Adjo nte, ant qu sante), Caro ne Renard (RO néo th c enne), Vincent Dartois (RO protoh stor en), Delphine Théas (RO ant qu sante, céramo ogue), Pierre Wech (RO méd év ste), G es Deshayes (RO méd év ste et moderne), Math de Osmond (Topographe), Sébastien Cormer (rég e des co ect ons), Stéphane Ze er (étude du pet t mob er), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167), ngr d Renau t (co-responsab e du projet, Umr 8167)

A la suite de la présentation générale du projet, **Antide Viand** ouvre la discussion. Il attire l'attention sur le fait que peu d'interventions sont menées par le service au sein de la vallée de l'Eure en-dehors de quelques diagnostics effectués sur le plateau St-André, près de Boussey. Il rappelle également l'important travail de prospection aérienne mené par l'association Archéo27.

Caroline Renard se dit intéressée à participer dans le cadre de ses propres recherches ; **Sandrine Bertaudière** également dans le cadre de la fouille programmée qu'elle dirige sur le grand sanctuaire du Vieil-Évreux.

22 novembre 2016 – SA Ville de Chartres

4^e réunion de lancement du projet

Présents : Laurent Coulon (Responsable du service), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167), Ingrid Renault (co-responsable du projet, Umr 8167)

Excusés : les membres du service, en missions sur le terrain ce jour-là.

A la suite de la présentation générale du projet, **Laurent Coulon** se dit intéressé et demande la présentation pour la soumettre à son équipe. Il amène la problématique du sanctuaire de Saint-Martin-au-Val, dans la boucle que forme l'Eure au sud de Chartres, appelant à une collaboration avec des géomorphologues...

28 février 2017 – Université de Rouen

Workshop 1 Approche géoarchéologique

Présents : Dominique Todisco (MC Géoarchéologie, Univ. Rouen), Damase Mouras (Pr Géographe, Univ. Rouen), Caroline Nehmé (MC Géographe, Univ. Rouen), Marc-Antoine Varano (MC Archéologie tardo-antiquaire), Philippe Fajon (SRA Normandie, Archéogéographe), Thierry Lepert (SRA Normandie, Géoarchéologie), Sylvain Mazet (DAST Normandie), Dagmar Lucas (RO Normandie), Yves-Marie Adran (RO Normandie, céramologie), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167), Ingrid Renault (co-responsable du projet, Umr 8167)

A la suite de la présentation générale du projet, l'accent est mis par les participants sur la nécessité de faire une analyse critique de toutes les données pluridisciplinaires disponibles – en insistant sur les opérations menées sur la boucle du Vaudreuil notamment. L'attente va vers la définition de thématiques de recherche en relation avec les thématiques déjà développées en Normandie : structuration de l'habitat par rapport aux structures du bassin versant, impact homme/milieu sur le temps long..., mais achoppe sur le véritable intérêt de travailler sur cette vallée et surtout sur l'insuffisance de la documentation sur le secteur, responsable d'importants hiatus chronologiques.

Sylvain Mazet attire l'attention à ce propos sur le fait que l'Inrap engrange des données qui dorment mais qu'il faut un projet et une problématique précis qui soient validés par le conseil scientifique de l'Inrap pour que des jours PASS puissent être dégagés. L'attention est également portée sur l'institution porteuse du projet (l'Umr 8167 Orient & Méditerranée) quand d'autres Umr soutiennent ce même type de projet mais sur d'autres secteurs (ArScAn par ex.).

Lancer une table ronde fin 2017 ou début 2018 paraît être une opportunité pour créer un réseau sur lequel appuyer le projet.

22 novembre 2017 – SAD 28 (Chartres)

Workshop 2 Lancement d'une table ronde inaugurale

Présents : Hervé Seès (Responsable du service), Jean-Yves Noë (RO néolithique), Émile Fenck (RO protohistorique), Olivier Labat (RO médievale), Michèle Douard (Archéologie), Antoine Louis (Ingénieur), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr

8167), ngr d Renau t (co-responsab e du projet, Umr 8167)

Absents excusés : Quent n Borderie (Géomorphologie), Gabr e Chameaux (RO préhistorique), P erre Pérchon (RO antique)

Dans la suite du 1^{er} workshop de février 2017, le projet de table ronde inaugurale est présenté devant l'équipe du service départemental d'archéologie préventive d'Eure-et-Loir, collaborateurs locaux privilégiés depuis le lancement du projet ValEuRT.

L'objectif de la table ronde est de présenter l'état de la recherche depuis ces 20 dernières années, sur les plans archéologique, historique et environnemental sur l'ensemble de la vallée. Les travaux et les opérations de terrain (archéologiques autant que géomorphologiques) que l'équipe d'Hervé Sellès, responsable du service, a menés depuis sa création représentent une masse considérable de données qu'il est souhaitable de mettre en valeur. Cette table ronde constitue une opportunité pour les membres du service de communiquer sur les opérations qu'ils mènent et ont menées notamment dans la partie nord du département, chacun selon sa spécialité, et ainsi apporter un nouvel éclairage sur l'évolution de l'occupation du sol dans ce secteur.

Les propositions émergent : **Hervé Sellès** propose de contacter Alain Ferdière pour faire, avec lui, une synthèse sur l'occupation du sol en Beauce à la période antique et ainsi stimuler des études notamment sur la partie nord du département où, comme il le soulève bien, les données sont moins importantes que dans le sud. **Émilie Fencke** propose quant à elle une synthèse sur les spécificités des complexes agricoles connus à la période protohistorique. **Olivier Labat** pense présenter l'atelier de Chérisy et son éventuel lien avec les sites d'Anet – ou quelque chose de ce genre, selon les données disponibles –, dans l'idée d'ouvrir les discussions sur la représentativité des données matérielles en termes d'identification de « territoires » ou de communautés d'échanges, répondant très spécifiquement à l'axe II de l'appel. **Jean-Yves Noël**, plus hésitant, se dit partant tout de même pour présenter l'état des connaissances concernant les cultures matérielles au Néolithique. **Hervé Sellès** suggère de prendre rendez-vous avec **Quentin Borderie** à son retour pour lui demander également sa participation sur le projet QuOrEl qu'il pilote.

Hervé Sellès émet une réserve toutefois, rappelant que la participation du service est assujettie à une demande d'autorisation à sa hiérarchie. Il sollicite Fabienne Dugast pour qu'elle obtienne une lettre du DU de son Umr à cet effet.

► Contacté par courrier officiel signé de Mme Boudon-Millot, directrice de l'Umr 8167 en date du 18 janvier 2018, le DGAI a donné une réponse négative au motif que le service, désormais rattaché à la Direction des routes, doit se « consacrer exclusivement aux missions d'archéologie préventive et non à la valorisation de ses travaux ».

► Contactés en parallèle, les membres de la MADE (27), quoiqu'intéressés, ont dû répondre qu'ils ne pouvaient y participer qu'en prenant sur leur temps personnel...

6 avril 2018 – Université Paris-Diderot

Workshop 3 Apports de la géomorphologie et de l'étude environnementale

Présents : G es Arnaud-Fassetta (Prof. Un v. Paris-Diderot), Axe Beauchamp (doctorant en géoarchéologie, Un v. Paris-Est-Créteil), François Bétard (MC DR Paris-Diderot), Benoît Pando (EP E, Géomatique), Vincent Ve (MC Paris-Diderot), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167), ngr d Renau t (co-responsable du projet, Umr 8167)

A la suite de la présentation générale du projet, la question de l'échelle à prendre en compte est posée : pour étudier les interactions homme/milieu, la démarche consiste à sortir du site pour voir la dynamique environnementale immédiate et hors site dans un jeu de va et vient. Pour une étude du paléoenvironnement, il faut voir le site, comment et dans quoi il s'insère. Enfin, la réponse sédimentaire varie en fonction à la fois du climat et de l'action humaine : une différence notable apparaît ici entre rive gauche (présence de craie) et rive

droite (plus sensible à l'érosion). Sur le plan archéologique, l'attention a été portée sur une sur-représentation assez générale du mobilier médiéval...

Parmi les perspectives qui se dégagent, l'attention a été portée sur une interprétation géomorphologique des sites archéologiques à différentes échelles de temps et d'espace (détection et interprétation des variations micro-topographiques, description et interprétation du contexte sédimentaire d'enfouissement et de l'évolution des sites, etc.) à partir de l'acquisition de données de terrain (relevés de coupes, sondages) et du traitement d'images (MNT, LiDAR si possible également). L'attention a été également portée sur l'apport des archives fluviales de fond de vallon et de vallée pour reconstituer l'histoire paléoenvironnementale et détecter les impacts anthropiques sur cette évolution à l'échelle de l'Holocène (crises érosives, changements des modes d'occupation du sol, etc.).

Il importe dans un premier temps d'acquérir les cartes BD Alti, Rge 5 m sur l'ensemble du bassin versant et RGE 1 m sur deux secteurs de 1km/1km : l'un autour des sanctuaires repérés par photo aérienne par ex. (de Garennes à Bueil) qui combine les zones de plateau/versants/fond de vallée ; **Vincent Viel** va plutôt s'intéresser aux vallées secondaires comme le Radon, au sud mais proche du premier secteur envisagé.

François Bétard propose de travailler sur les liens entre morphologie géologique et sites potentiels d'implantation ; **Vincent Viel** et **Gilles Arnaud-Fassetta** vont préciser l'hydrographie et la paléohydrologie dans la vallée du Radon et la vallée de l'Eure. Des datations des phases d'érosion et de défrichement seront nécessaires.

Pour continuer, il est proposé d'effectuer un repérage sur le terrain, qui permettra de dresser un certain nombre de pistes exploratoires en insistant tout particulièrement sur l'articulation entre géomorphologie, paléo-environnements et archéologie.

6 novembre 2018 – ArScAn, Nanterre

Workshop 4 Réflexion sur la mise en place d'une plateforme collaborative

Présents : Bruno Desachy (Conservateur du Patrimoine, Enseignant Paris 1), Laurent Costa (ingénieur de recherche en représentation de données à références spatiales), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167), Ingrid Renault (co-responsable du projet, Umr 8167)

Excusé : Benoît Pando (EPHE, Géomatique)

La présentation du projet a focalisé sur la mise en place d'une plateforme collaborative. **Bruno Desachy** et **Laurent Costa** rappellent qu'il existe des plateformes « clé en main » comme DynMap proposée par ArchéoFab (dir. L. Costa) et hébergée par Huma-Num. L'autonomie du projet est assurée (la personne référente est administrateur) et le site créé est supposé devenir libre à terme. Sous Huma-Num existe une deuxième « couche » : Nakalona qui est une base de stockage de fichiers. La gestion du contenu se fait comme sous WordPress, une collaboration de gestion documentaire est possible et surtout de gros fichiers peuvent être stockés (plusieurs Go) : les fichiers sont en consultation et peuvent générer une galerie de photos téléchargeable ou pas.

Laurent Costa développe sur DynMap qui passe sous Geos et fonctionne sur PostGres (gestion de données spatiales). Geos est pré-packagé, génère des *front offices* et des interfaces. Un deuxième est qu'il n'y a pas de développement : l'utilisateur fait le choix de l'arborescence et d'interface selon ce qu'il veut faire. Un troisième avantage est l'interface html5 utilisable sur tout support (ordinateur, tablette, smartphone...). Il propose en outre beaucoup de fonctionnalités : statistique, etc.

Fabienne Dugast revient sur la dimension exploratoire du projet qui se veut un outil permettant une définition reproductible et explicite de zones archéologiques. L'objectif est en effet, en l'absence de données matérielles sur le terrain, de pouvoir définir en amont des zones de potentiel archéologique – et à termes de pouvoir à la fois définir les réelles capacités documentaires d'un corpus donné en matière de reconstitution évolutive des

paysages aussi bien naturels qu'anthropiques et pallier la discontinuité et le fractionnement de la donnée toutes périodes et disciplines confondues. Au-delà du processus de mise en commun de sources pluridisciplinaires pour pouvoir croiser les données, c'est en amont comme en aval, aider à la réflexion et à la décision sur le terrain en matière de connaissance et de conservation du patrimoine.

Bruno Desachy rebondit sur cette idée et y voit la possibilité de rendre explicite et de construire des cartes de ZPPA – outil qui serait la fin des prescriptions arbitraires pour les aménageurs. Il y voit la transformation de données archéologiques en direction des aménageurs dans le cadre des problématiques du développement du territoire. Il y voit en ce sens une démarche exploratoire qui permettrait d'effectuer des tests matériels pour aider à motiver les zones archéologiques en sortant du ponctuel. Ce serait à termes pouvoir rajouter des couches interdisciplinaires : outre les sciences du passé, les environnementalistes, les juristes et les aménageurs dans une connaissance du terrain multifactoriel et multitemporel.

Laurent Costa propose alors de partir sur DynMap vs Géos et de proposer des développements en fonction de l'avancement de projet plateforme qui seraient mis dans le pot commun ArchéoFab.

6 février 2019 – EPHE Paris

Workshop 5 Apports de la géomatique

Présents : Benoît Pandolfi (EPHE, Géomaticien), Théophile Piau (doctorant en géoarchéologie, Univ. de Paris), Jean-Daniel Rcart (Archéologue), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167)

Excusée : ngr d Renaut (co-responsable du projet, DACChartres Métropole/Umr 8167)

La réunion a porté sur la question de la détermination de marqueurs de l'occupation du sol et/ou de l'implantation de sites archéologiques dans un environnement peu étudié et par conséquent peu connu sur le plan patrimonial. **Benoît Pandolfi** engage la réflexion directement sur l'apport de la « modélisation prédictive ». Conscient que l'absence de données de terrain ne facilitera pas l'analyse, il insiste sur la nécessité de produire un maximum de données pluridisciplinaires, et dans un premier temps à l'aide de supports et d'analyses cartographiques. Selon lui, la notion de données discontinues ou incomplètes relève de toutes les disciplines et de tous les domaines de recherche dès lors qu'on ne regarde qu'à travers une focale disciplinaire.

Fabienne Dugast rappelle que c'est en ce sens que le projet veut s'appuyer à la fois sur l'interdisciplinarité et sur le temps long pour permettre de croiser les données, quel que soit leur champ d'origine. Elle met l'accent sur l'analyse comme champ d'observations et d'observatoire, et sur l'interaction entre les entités qui passent par différents modes de relations physiques. **Benoît Pandolfi** ajoute les « relations métriques » et insiste sur le fait qu'il est nécessaire de qualifier systématiquement la donnée (origine, type, fiabilité...) et de mettre en place en ce sens un référentiel non seulement pertinent mais aussi et surtout évolutif dans la mesure où l'approche est expérimentale. Il rappelle que de nombreuses méthodes de modélisation prédictive sont utilisées mais que peu de projets sont conduits jusqu'à l'étape de validation et que peu d'études ont comparé les résultats. La méthode la plus utilisée dès lors que les archéologues s'approprient le SIG est la méthode booléenne – addition ou multiplication de couches d'information entre elles. Ces méthodes graphiques (et cartographiques) présentent toutefois un certain nombre de faiblesses, qui en limitent l'utilisation (notamment du fait de la qualification de la donnée), et les résultats sont le plus souvent simplement qualitatifs (« faible » / « forte » probabilité). **Fabienne Dugast** demande alors jusqu'à quel point il est possible de travailler sur un très grand nombre de variables simultanément et de pondérer l'information inter- et intra-couche, ce qui suppose de pouvoir modifier le processus de modélisation à tout moment en retirant ou introduisant des données dans le modèle.

En ce sens, **Théophile Piau** s'interroge sur la possibilité d'y inclure les biais – de la recherche, taphonomiques...

Benoît Pandolfi enchaîne sur un exposé des possibilités – théoriques – que peuvent offrir *a priori* la géomatique et la modélisation, en y intégrant les données temporelles et la logique floue. Il insiste sur la nécessité de bien définir les objectifs.

11 octobre 2019 – Université Paris-Diderot

Workshop 6 Opérations de prospections géomorphologiques

Présents : Gilles Arnaud-Fassetta (Prof. Un v. de Paris), François Bétard (MC DR Un v. de Paris), Théophile Piau (doctorant en géoarchéologie, Un v. de Paris), Sylvain Rassat (Topographe, Géomat c en, Cnrs), Vincent Viel (MC Un v. de Paris), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167)

Excusées : Caroline Font (Archéomat c enne, nrap), Ingrid Renaut (co-responsable du projet, DAChartres Métropole)

La réunion a été conduite par **Théophile Piau** et a porté sur les perspectives géoarchéologiques et le type d'opérations à mener dans ce cadre. La discussion s'est concentrée notamment sur les modes opératoires et les secteurs à privilégier. Théophile Piau rappelle que les résultats de datation obtenus sur les prélèvements des carottages n'ont pas été très satisfaisants en raison de la quantité trop faible de micro-charbon des échantillons. La discussion s'est engagée sur les différentes possibilités d'obtenir des datations fiables. **Gilles Arnaud-Fassetta** suggère d'utiliser un autre matériel, tubé, pour tenter des datations par OSL, en s'éloignant d'environ 1 m du premier carottage.

Théophile Piau s'interroge sur la nécessité ou pas de recentrer le projet sur l'Holocène récent (Protohistoire-Moyen Âge) et/ou d'élargir sur l'ensemble de la vallée de l'Eure. **Gilles Arnaud-Fassetta** insiste sur le fait que la fourchette chronologique courte n'a pas de sens et qu'à l'inverse, il vaut mieux rester centré sur la moyenne vallée et procéder à des parallèles avec d'autres secteurs similaires sur l'ensemble du tronçon. **Théophile Piau** enchaîne alors sur le choix des secteurs à prospector : le sous-bassin-versant du Radon qui touche, à la confluence avec l'Eure en rive droite, au sanctuaire de Bellevue (Garennes-sur-Eure). Il propose de sélectionner 2 transects représentatifs en moyenne et basse vallée du Radon, d'étudier les fosses pédologiques ouvertes sur le plateau et d'effectuer des sondages en tête de vallon. En parallèle, il propose de débiter une autre série de prospections géomorphologiques au sein d'un autre sous-bassin en rive gauche, celui de la Vesgre. Il s'interroge sur la manière de procéder, notamment pour « quantifier les budgets sédimentaires ». **Vincent Viel** explique l'intérêt de bien mesurer les potentialités des remplissages sédimentaires des secteurs choisis – en fonction notamment des lignes d'érosion ou transects – qui autrement ne donneront aucun résultat en termes de marqueur de l'anthropisation d'un bassin versant. Les fonds de vallon sont souvent les plus réceptifs. Il propose de travailler en duo avec Théophile sur ce sujet.

François Bétard et **Fabienne Dugast** insistent sur le fait qu'il faut systématiquement rapprocher ces opérations des potentiels archéologiques en opérant des vas et viens : le choix des secteurs et des transects doit répondre en effet aux deux questionnements interconnectés du projet. Fabienne Dugast demande à Théophile Piau d'établir un plan de charge pour jumeler les opérations de terrain.

Théophile Piau aborde ensuite la question de la modélisation. Il admet qu'il n'est pas très compétent dans ce domaine bien qu'il en perçoive tout le potentiel. **Fabienne Dugast** insiste sur la différence entre modélisation – qu'il faut concevoir comme l'expérimentation d'hypothèses et non l'application de théories – et analyse spatiale – qui, comme son nom l'indique, procède par analyses en fonction des données disponibles. **Sylvain Rassat** explique qu'avant de se lancer dans une modélisation, il faut bien en définir les objectifs. Il regrette que Caroline Font n'ait pas pu se joindre à cette réunion et insiste sur le fait qu'il faudrait assez rapidement prendre contact avec elle pour discuter de l'apport des cartes prédictives.

12 décembre 2019 – Inha

Workshop 7 Apport d'une démarche prédictive

Pressentis : François Bétard (MC DR Un v. de Paris), Caroline Font (Archéomat c enne, nrap), Théophile Piau (doctorant en géoarchéologie, Un v. de Paris), Sylvain Rassat (Topographe, Géomat c en, Cnrs), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167)

Réunion de travail reportée en raison des mouvements sociaux de décembre 2019.

30 janvier 2020 – Université de Paris (site Olympe de Gouges)

Workshop 8 Étude des terrasses alluviales de l'Eure

Présents : François Bétard (MC DR Un v. de Paris), Stéphane Cordier (MC DR Un v. Paris Est Créte), Lydia Yacine (étudiante M2), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167)

La réunion a porté sur l'intérêt de travailler sur les terrasses alluviales pléistocènes de la vallée de l'Eure, compte tenu du potentiel géochronologique et paléoenvironnemental qu'elles représentent. Ces terrasses représentent en effet l'une des rares empreintes des dynamiques fluviales et climatiques passées à travers d'une part, les différents bio-indicateurs qu'elles renferment (malacofaunes, pollens, etc.) et, d'autre part, les différents sédiments qui les composent puisqu'ils permettent d'appliquer de nombreuses méthodes de datation dans le but d'établir un cadre chronostratigraphique précis de la zone.

François Bétard, en accord avec **Fabienne Dugast**, propose de travailler selon une approche multi-scalaire pour étudier le potentiel géomorphologique et géochronologique des terrasses fluviales de l'Eure, dans le cadre d'un stage de M2 qui sera réalisé par **Lydia Yacine**, étudiante à l'Université de Paris :

1. à échelle large : il s'agit de délimiter et cartographier les divers niveaux de terrasses alluviales le long de la vallée de l'Eure à l'aide de MNT à haute résolution (RGE Alti), des cartes géologiques existantes et des publications anciennes, afin d'en évaluer le potentiel géoarchéologique et paléoenvironnemental ;
2. à échelle moyenne (section médiane de la vallée) : il s'agit d'établir les liens spatiaux et temporels entre les niveaux de terrasses cartographiés et les sites ou vestiges archéologiques connus, dans une perspective taphonomique ;
3. à échelle locale (terrasse de Guainville) : il s'agit d'étudier le signal paléoenvironnemental d'une coupe de référence à travers une analyse stratigraphique, sédimentologique et géochronologique des dépôts.

Stéphane Cordier, par ses compétences et ses collaborations dans le domaine des datations OSL et ESR sur quartz, propose d'étudier la faisabilité d'une telle opération de datation appliquée aux dépôts de la terrasse de Guainville. Cela nécessite de réaliser une étude sédimentologique précise de la coupe, avec échantillonnage étagé, pour pouvoir interpréter les modalités et la chronologie précises des dépôts.

8 et 22 octobre 2020 – Zoom

Workshop 9 Plateforme collaborative et apport d'une démarche prédictive

Présents : Carole Font (Archéomat cenne, nrap), Théophile Piau (doctorant en géoarchéologie, Un v. de Paris), Sylvain Rassat (Topographe, Géomat cenne, Cnrs), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167)
Excusé : François Bétard (MC DR Un v. de Paris)

L'objectif de ce workshop s'est inscrit dans la réflexion sur l'apport d'une démarche prédictive et ses contraintes structurelles. Elle s'est de ce fait concentrée sur la structuration d'une plateforme collaborative en s'appuyant sur les données disponibles concernant la vallée de l'Eure. Deux principaux canaux parallèles ont été identifiés :

- les **données archéologiques** issues des bases de données des Services archéologiques régionaux, de prospections pédestres et de la télédétection ;
- les **données liées aux sciences de la Terre** (géologie, géomorphologie, géo-archéologie...) issues à la fois des sources mises à disposition par les établissements publics et des résultats de recherche liés aux travaux universitaires de Théophile Piau.

Bien que parallèles, l'un des objectifs de cette plateforme est de trouver une résonance entre les occupations humaines et leur implantation dans le milieu naturel. Le point de résonance qui semble pour l'instant le plus accessible implique les relations spatiales que mettront en évidence la base de données spatiales.

La première réunion de structuration s'est attachée, sous le contrôle de **Caroline Font**, à faire l'inventaire des différentes entités qui doivent constituer le corps principal de la base de données spatiales : entités administratives (essentiellement données IGN à l'échelle des départements et des communes [IGN - © ADMIN EXPRESS] ainsi que des parcelles [IGN - © BDPARCELLAIRE], et pour les lieux-dits, avec la réserve de la fiabilité spatiale des données, le cadastre donné par la DGFIP [DGFIP - © PCI cadastre] ; entités issues des campagnes de prospections pédestres ; entités liées aux Sciences de la Terre. Une réflexion a été menée, pour chacune de ces deux entités, sur la définition de la plus petite unité d'enregistrement : UP [unité de prospection] ou US [unité sédimentaire], qui fonctionnent pour les deux disciplines.

Enfin, a été abordée la question de « l'objectif d'analyse » – ou modélisation des paysages. Il a été convenu que la définition de « paysage » doit s'appuyer sur des données les plus objectives possibles sans postulat de départ. **Caroline Font** fait observer que le croisement des données issues des deux dimensions (archéologiques et sciences de la Terre) par des outils d'analyses spatiales et/ou statistiques sont susceptibles de fournir différentes modélisations de ce paysage. À ces deux dimensions abordées, il sera nécessaire de définir et de tester des contraintes de différentes natures pour influencer les modèles générés.

Caroline Font suggère que la modélisation soit envisagée sous la forme d'un réseau – définissant le réseau comme une structure permettant la pondération de tel ou tel paramètre et ainsi le changement du centre de gravité et la forme. Elle rappelle que le centre de gravité d'un réseau représente le pôle où l'influence de tous les éléments est médiane. La pondération des constituants de réseau définit l'influence de chacun dans la constitution du modèle. Une pondération est subjective mais peut-être argumentée par des descriptifs quantitatifs et qualitatifs qui doivent rester le plus possible objectifs. Elle insiste sur le fait qu'il est important de considérer la possibilité que certaines contraintes intangibles (contraintes culturelles par exemple) qui vont influencer les modèles. Ce constat nous oblige à tenir compte de la notion d'aléas dans les modèles produits.

Une première structure générale en est ressortie, rediscutée et travaillée à mesure de l'évolution des réflexions communes qui sont transcrites en workflow sur la plateforme GitLab [<https://about.gitlab.com/>].

Janvier-juillet 2021 – Zoom

Workshop 10 Mise en place de la plateforme collaborative

Présents : Caroline Font (Archéomat centre, nrap), Théophile Pau (doctorant en géoarchéologie, Univ. de Paris), Sylvain Rassat (Topographe, Géomat centre, Cnrs), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167), François Bétard (MC DR Univ. de Paris co-porteur du projet)

Les réunions de l'année 2021 se sont principalement déroulées autour de la mise en place de la plateforme collaborative, à raison d'une séance tous les 15 jours. Elles ont permis non seulement d'assurer le suivi des opérations, mais aussi de former les étudiants – Hippolyte Deconinck et Paulin Ribbe de l'ENSG, Pierre Mollard de SU – engagés dans le projet. Elles se continueront en 2022.

Annexe 3 – Diffusion et valorisation

Table ronde inaugurale

12-13 mars 2018 Dreux

Dans le cadre du lancement du projet au sein des programmes de l'Umr 8167 Orient & Méditerranée, une première table ronde a été organisée par **F. Dugast et I. Renault** les 12 et 13 mars 2018 à Dreux et accueillie par la SHADT – Société d'histoire et d'archéologie du Drouais et du Thymerais – et son président Michel Guilmain.



Argumentaire [<https://valeur.hypotheses.org/539>]

La position historique et la configuration géographique du bassin versant de l'Eure, à l'ouest du bassin Parisien, offrent un cadre riche et original pour aborder les questionnements sur les logiques d'occupation du sol, les dynamiques de peuplement et la structuration des territoires, sur le temps long et à différentes échelles.

▪ Le bassin versant de l'Eure

Sur le plan géographique, l'Eure forme une sorte de colonne vertébrale d'orientation S/N, entre la Loire (avec laquelle elle n'a pas de lien hydrographique) et la Seine dans laquelle elle se jette. Cette position la met au cœur de phénomènes pluriels d'évolution des territoires, conséquence directe des évolutions politiques dont elle est témoin, qui rendent complexes, rétrospectivement, notre compréhension et appréhension de l'évolution des cultures matérielles aux influences multiples.

▪ L'Eure, axe de circulation ou frontière ?

L'organisation et l'évolution de l'occupation du sol de part et d'autre du tracé de l'Eure – plaine, coteaux, plateau et points d'eau (rus, sources, etc.) –, l'aménagement de ses abords ou encore son utilisation et sa navigabilité, comme voie de communication et d'échanges, peuvent-ils nous renseigner sur le rôle de cette vallée secondaire ?

▪ Études connexes

Des approches et des thématiques connexes sur l'évolution des territoires seront abordées dans un cadre plus large, de manière à asseoir la réflexion sur un espace original encore peu connu sur le plan géo-archéologique et historique.

Programme [<https://valeur.hypotheses.org/567>]

[Lund 12 mars 2018]

Introduction aux journées **F. DUGAST**, Umr 8167 Orient & Méditerranée

I – Géographie & géo-archéologie

Organisation interne des paysages et occupation humaine

Géoarchéologie des fonds de vallées dans le bassin Parisien pendant l'Holocène : forçage climatique, anthropique et héritage pléistocène **Yann LE JEUNE**, DRAC Pays de la Loire

Approche géoarchéologique sur les vallées normandes : résultats paléoenvironnementaux et impacts anthropiques **Axel BEAUCHAMP** (doctorant d r. Laurent Lespez), Université Paris Est-Créteil (UPEC)

Les paysages de la vallée de l'Eure : état des connaissances

Géomorphologie et paléoenvironnements de la vallée de l'Eure : contexte et perspectives exploratoires **François BETARD, Gilles ARNAUD-FASSETTA, Vincent VIEL**, Université Paris-Diderot (PRODIG)

II – Structuration des territoires

Formations fossiles en vallée de l'Eure

Formations fluviatiles fossiles et sites préhistoriques : 25 ans dans les vallées du Loir, du Cher et de la Creuse. Et la vallée de l'Eure ? **Jackie DESPRIEE**, MN N, Département Homme&Environnement, Umr 7194

Reprise d'étude du site de Saint-Prest (Eure-et-Loir), témoin d'une présence humaine en vallée de l'Eure autour d'1 Ma ? **Amélie VIALET**, MN N, Département Homme&Environnement, Umr 7194

Les indices d'évolution dans le temps et l'espace

L'occupation des bords de l'Eure entre l'époque gauloise et le Moyen Âge dans la boucle du Vaudreuil. Données archéologiques de trois fouilles préventives menées entre 2009 et 2012 à Val-de-Reuil (Eure) **Yves-Marie ADRIAN, Dagmar LUKAS**, nrap ; **Clément MOREAU**, Archeodunum

[Mard 13 mars 2018]

L'occupation du sol : les éléments structurants

L'apport de la géomatique à l'étude des territoires **Benoit PANDOLFI**, E ESS

Premiers éléments du paysage religieux en vallée de l'Eure à la période antique **Amandine TREMEL**, Un v. Par s 1

Construction des territoires et représentativité des données matérielles

Faciès céramique et approvisionnement entre le I^{er} et le IV^e siècle. L'exemple de trois sites carnutes implantés à proximité de la rivière l'Œuf (Loiret) **Alix FOURRE**, nrap / Umr 7324 C TERES, Archéologie et Territoires

Culture(s) matérielle(s) dans le nord de la cité carnute (I^{er}-IV^e s.) : quelques marqueurs céramologiques **Fabienne DUGAST, Ingrid RENAULT**, Umr 8167 Orient & Méditerranée

III – Impacts des actions humaines

Navigabilité et aménagements des cours d'eau

Espace nautique, système hydraulique solidaire, territoire archéologique du fleuve : réflexions et perspectives **Virginie SERNA**, Direction générale des Patrimoines, Ministère de la Culture

La navigation de l'Eure et l'aménagement des portes à bateaux aux XV^e et XVI^e siècles **Eleonora ANTUNA**, PCR « Épaves et naufrages »

Paysages anthropiques et milieux naturels : approches contradictoires ? **Sophie DRANSART, François HARDY**, PNR Haute Vallée de Chevreuse

Synthèse

[Actes publiés aux Éditions Mergoïl, coll. Archéologie du paysage 5, oct. 2021]

Participation au symposium international *Frontiers in Heritage Science*

15-16 février 2019 Paris

[16 février] **T. Piau, F. Bétard, F. Dugast**

– *Watershed and territoriality (Eure Valley, France) – Contribution to a better knowledge of the various models of population dynamics throughout history and preservation of the environmental and archaeological context –*



Présentation générale d'un projet de Master 2

Inscrit dans le cadre du programme ValEuRT, l'objectif du projet de M2 vise à contribuer, par l'étude des interrelations entre les activités humaines, le climat et l'environnement dans le bassin versant de l'Eure durant l'Holocène, à appréhender les dynamiques de peuplement à travers l'histoire et la conservation des contextes archéologiques et environnementaux.

La mise en œuvre d'une approche géoarchéologique et paléoenvironnementale peut permettre en effet de mieux cerner les grandes étapes de l'évolution des paysages et de reconnaître et insérer les sites archéologiques dans leur contexte environnemental passé et présent, et ainsi optimiser l'approche archéologique et de conservation du patrimoine.

Communication à la journée de restitution des projets soutenus par OPUS

6 juin 2019 Paris

F. Dugast

– *Projet Vallée de l'Eure : une rivière, des territoires* [AAP 2017-2018]



Résumé

Le projet ValEuRT s'intéresse au bassin versant de l'Eure, dans la construction de son patrimoine naturel et social, de ses origines à nos jours. Il vise à établir un **schéma de connaissances pluridisciplinaires** qui permette d'y observer l'évolution de l'organisation humaine en interaction avec l'environnement naturel. Dans cette perspective, un programme de prospections archéologiques a été établi visant à prendre en compte tous les types de patrimoines, considérés comme un ensemble de gestion concertée où se combinent les différentes formes de mémoires et de transmission de ces mémoires. Définies en termes de « patrimoine ordinaire », ils constituent le seul outil en archéologie permettant d'observer l'évolution des communautés et de leurs territoires sous tous leurs aspects.

Ce programme s'est heurté toutefois au contexte général du secteur d'étude qui a connu une déstabilisation morphosédimentaire dès l'époque antique. Le peu de données matérielles visibles sur le terrain a ainsi amené l'équipe projet à s'interroger sur sa capacité à y repérer les témoins des transmissions passées. La démarche s'est voulue à la fois réflexive et exploratoire sur les moyens à mettre en œuvre pour justifier des réelles capacités documentaires du secteur.

Dans un premier temps, seules les périodes antiques ont été retenues, à faible documentation, permettant d'observer la capacité de l'archéologie à produire un discours argumenté sur l'ethnicité et les marqueurs de cette ethnicité. Partant en outre du constat que l'espace habité et vécu n'est pas isomorphe à l'espace physique, l'approche géo-archéologique et hydro-géomorphologique y a été combinée de manière à mieux évaluer l'interprétation de l'environnement des sites anciens comme des occupations plus récentes.

Le programme s'est achevé par la construction d'un premier modèle prédictif. L'objectif est désormais de mettre en place une plateforme collaborative en ligne qui permette d'intégrer d'autres couches pluridisciplinaires

[AAP OPUS 2017-2018 : <https://institut-opus.sorbonne-universite.fr/aap-2017-2018-retour-sur-le-projet-valeurt>]

Participation et communication aux RGA

17-18 juin 2019 Strasbourg

[18 juin] T. Piau, F. Bétard, F. Dugast, G. Arnaud-Fassetta, V. Viel

– *Dynamique géomorphologique holocène et occupation humaine dans le bassin-versant de l'Eure : apport d'une approche géoarchéologique multi-scalaire* –

Rencontres
Géosciences
Archéologie
2019

Résumé

Localisé dans l'ouest du Bassin parisien, le bassin-versant de l'Eure présente une occupation humaine plurimillénaire. À l'interface entre plusieurs groupes culturels dès le Néolithique, il apparaît comme un espace archéologique clef et un cas d'étude privilégié pour appréhender les mécanismes d'interaction entre les sociétés du passé, leur environnement et le climat durant l'Holocène (10 000 ans BP jusqu'à l'Actuel). Paradoxalement, il s'inscrit dans une portion de territoire qui n'a fait l'objet que d'un nombre réduit d'opérations archéologiques et d'observations géomorphologiques.

Un tel contexte offre des perspectives de recherche intéressantes à la jonction de l'archéologie et de la géomorphologie, ouvrant le champ à des questionnements interconnectés :

- de la conservation et/ou de la visibilité des vestiges dans le paysage et des processus géomorphologiques à l'origine de leur fossilisation ou de leur démantèlement ;
- de la traçabilité des modalités d'utilisation de l'Eure et de sa navigabilité aux différentes périodes ;
- du rôle structurant de la rivière, axe sud-nord reliant la Seine, dans l'approvisionnement et l'intégration de cet espace dans un réseau d'échanges à large échelle.

Démêler la part respective des forçages naturels et de l'influence anthropique dans les mutations paysagères des systèmes fluviaux s'avère complexe et nécessite d'adopter une démarche pluridisciplinaire (archéologie,

géomorphologie, géosciences), multiscale (de l'échelle macro-régionale à micro-locale) et diachronique (du début de l'Holocène à l'Actuel).

La communication vise à présenter les premiers résultats obtenus sur une fenêtre d'observation témoin correspondant à la moyenne vallée de l'Eure, combinant cartographie géomorphologique, comme outil pour établir un zonage des potentialités géoarchéologiques et paléoenvironnementales au sein de la fenêtre d'étude ; prospections géophysiques (TRE et Géoradar) pour une reconstitution 2D de l'architecture du remblaiement alluvial et l'élaboration d'une stratégie d'implantation des sondages sédimentaires ; acquisition et traitement des données stratigraphiques, par carottage et analyses en laboratoire.

Les perspectives de recherche sont à la fois fondamentales, par une approche systémique et quantitative dans l'objectif d'élaborer un budget sédimentaire holocène à l'échelle des sous-bassins et de préciser le rôle d'éventuels biais taphonomiques dans la distribution des gisements archéologiques, et appliquées, par la modélisation du potentiel de préservation géoarchéologique et la valorisation du patrimoine naturel et culturel de la vallée.

[Communication publiée dans la revue *Archimède* 7, 2020, p. 188-204 :
<https://doi.org/10.47245/archimede.0007.act.07>]

Table ronde « Réseaux »

18-19 novembre 2019 Dreux

Dans le cadre des réflexions menées au sein du projet ValEuRT, une deuxième table ronde a été organisée par **F. Dugast et I. Renault** à Dreux les 18 et 19 novembre 2019, avec la collaboration de la **SHADT** – Société d'histoire et d'archéologie du Drouais et du Thymerais – et son nouveau président Michel Douard.



Argumentaire [<https://valeurt.hypotheses.org/9171>]

S'intéressant à la façon dont les communautés humaines ont construit et déconstruit leurs territoires sur le temps long et à la façon dont, rétrospectivement, on appréhende ces constructions / déconstructions dont les marqueurs *a posteriori* sont essentiellement d'ordre matériel, il a paru essentiel de se pencher sur ce que la notion de « réseaux » peut apporter en termes d'analyse formelle des données, qu'elles soient archéologiques, historiques, géographiques, géomorphologiques ou autres. L'approche volontairement diachronique nous a amené à considérer la question de manière pluridisciplinaire en même temps qu'elle a ouvert sur des réflexions d'ordre méthodologique. Il s'est agi de voir comment, à partir de l'observation, de la production et de la conservation de la donnée, définie comme élément d'un système de réseaux dans sa matérialité, s'élaborent le raisonnement et les hypothèses à travers la trace archéologique, de quelque nature qu'elle soit, couplée à la trace géo-archéologique et à la trace environnementale, et ce à quoi elles correspondent.

Programme [<https://valeurt.hypotheses.org/9181>]

[Lundi 18 novembre 2019]

Introduction : *La notion de réseau dans l'approche de la construction de territoires* **Fabienne DUGAST** (Cnrs, Umr O&M)

I. Trame matérielle et aménagements

Le canal Louis XIV : conception hydraulique et constructions **Albert MARSOT** (Ass. pour la sauvegarde du Canal Louis XV)

Le canal de l'Eure entre Pontgouin et Maintenon : les traces actuelles **Jacques GALLAND, Hervé GALLEPY** (Ass. pour la sauvegarde du Canal Louis XV)

II. Gestion des ressources et énergies naturelles

Le canal de l'Eure de Pontgouin à Versailles : du réseau hydraulique au réseau écologique **François BETARD** (Université de Paris, Umr 8586 PROD G)

Approche environnementale en réseaux d'un territoire : le domaine de Rambouillet (XVIII^e-XXI^e siècles) **Raphaël DEVRED** (Doctorant en histoire environnementale - CSC, UVSQ)

Archéomatériaux, territoires, patrimoines (ATP), un projet transdisciplinaire sur les matériaux anciens en Haute Normandie **Damase MOURALIS** (et les membres du projet ATP) (Un vers té Rouen-Normand e, Umr 6266 DEES)

[Mardi 19 novembre 2019]

III. Restitution des réseaux viaires et fluviaux

Le réseau viaire dans le territoire nord-carnute : une première lecture du territoire **Ingrid RENAULT, Stéphane WILLERVAL** (DA Chartres Métropole)

Aménagement et fonctionnement des espaces de circulation antique : approche micromorphologique sur les sites de Verquin (Nord) et de Bezannes (Marne) **Marie-Caroline CHARBONNIER** (nrap Grand Est / Umr 5140 ASM)

Réseau de circulation terrestre ancien en Normandie. Du modelé à l'itinéraire, du fait archéologique à la cartographie dynamique. Méthodologie et études de cas **Gaël LEON** (nrap Grand Ouest)

Apports et limites méthodologiques d'une approche géoarchéologique dans la modélisation des dynamiques d'un réseau de peuplement humain en contexte fluvial **Théophile PIAU** (Doctorant en géoarchéologie Un vers té de Paris)

IV. Réseaux d'échanges et cultures matérielles

De l'archéologie aux réseaux : construire des référentiels **Benoit PANDOLFI, Jean-Daniel RICART** (Sorbonne Un vers té)

Trois modèles de formation des territoires du Néolithique à la fin de l'âge du Fer dans le Centre de la France (5000-50 a. C.) **Sophie KRAUSZ** (Un vers té de Bordeaux, Umr 5607 Auson us)

Les églises romanes précoces (Xe-XIe siècles) dans la vallée de l'Eure et ses abords, de Saint-Georges-Motel au confluent avec la Seine. Histoire et architecture **Nicolas WASYLYSZYN** (UDAP Eure / Umr 6273 CRA AM)

Conclusion aux journées – Philippe FAJON, Olivier BLIN

[Actes publiés aux Éditions Mergoïl, coll. Archéologie du paysage 5, oct. 2021]

Communication au congrès EGU 2021 (European Geosciences Union General Assembly)



19-30 avril 2021 Vienne (Autriche)

[30 avril] T. Piau, F. Bétard, F. Dugast

– *Methodological proposal for the inventory and assessment of geoarchaeosites: Application to the middle Eure valley (Paris Basin, France)* –

Résumé

The concept of "geoarchaeosite" has been introduced by Fouache & Rasse (2009) to identify archaeological sites located on a geomorphosite. In this work, we propose to use the expression in a larger sense as a contraction of geoarchaeological sites, i.e. sites of particular relevance for the understanding of past human-environment interactions. In our approach, the geomorphological and archaeological components of a site have the same level of importance, contrary to the classical approaches on geomorphosites which consider the archaeological interest of a site as an "additional" value. Although scientific literature replete with scattered case studies on geoarchaeosites, methodological guidelines are globally lacking to inventory and assess a collection of such geoarchaeosites for heritage conservation and/or tourism purposes.

The aim of this presentation is to propose an innovative and integrated methodology for the inventory and assessment of geoarchaeosites at a regional scale, with an example of application in the middle Eure Valley (Paris Basin, France). The first stage is the inventory which implies the identification and selection of potential geoarchaeosites considered as important sites worth being protected or managed within tourism or education projects. Two main criteria are involved in the selection process: the selected sites should be both representative of the regional geomorphological setting (spatial axis) and of the archaeological periods (temporal axis). The second stage is the assessment, itself divided into three main steps: (i) the assessment of the scientific value,

calculated as the sum of the geomorphological and archaeological values; (ii) the assessment of the conservation need, including the calculation of a "vulnerability index" taking into account the intrinsic fragility of the site, the natural and human-induced threats, and the protection status; (iii) the assessment of the promotion potential, which combines the scientific and additional (cultural, aesthetic, ecological) values together with the visit conditions and potential uses for education and tourism.

In the middle Eure Valley which serves as a case study, the preliminary results derived from the proposed methodology provide a selection of geoarchaeosites with contrasted scientific values, from sites of international (e.g., Saint-Prest, Chaudon) and national rank (e.g., Chartres Cathedral and its historical quarry, the Aqeduc of Maintenon) to more confidential geoarchaeological sites of regional (e.g., megalithic site of Changé, Fort-Harrouard) and local interest (e.g., Shrine of Bû, Mormollins mill), with various degrees of vulnerability. Among the prospects that are emerging in the scope of promotional activities, is the interest of building a digital geoarchaeoheritage platform with a collaborative/participatory aim, associating Websemantics and geomatic technologies, in order to reinforce heritage ownership by local residents and stakeholders.

[Publication à paraître]

Communication aux XIII^{es} Journées de l'ANACT
Nouveaux outils d'étude, de recherche et de valorisation
en archéologie. Bilans, enjeux : le point de vue des utilisateurs

30 septembre-1^{er} octobre 2021 Bayeux



[30 septembre] F. Dugast, I. Le Tellier Heitz, S. Rassat

– *L'apport des nouvelles méthodes d'analyse dans l'approche d'un territoire peu étudié : la moyenne vallée de l'Eure (Eure-et-Loir, Eure, Yvelines)* –

Résumé

Inscrite au sein du Bassin parisien, la vallée de l'Eure reste un secteur encore assez peu étudié sur le plan archéologique et historique (notamment sa section médiane), propice à engager une réflexion sur les moyens à mettre en œuvre en termes d'efficacité et de pertinence pour aborder l'étude des dynamiques de peuplement et de l'organisation spatiale des territoires dans un contexte de faible documentation.

L'absence d'un véritable corpus de sites identifiés et le peu de données matérielles du secteur a ainsi ouvert d'emblée sur la question de la conservation et de la visibilité dans le paysage des traces anthropiques et des processus géomorphologiques à l'origine de leur fossilisation ou de leur démantèlement. À cette fin, différentes opérations ont été combinées dans une approche pluridisciplinaire : analyse cartographique et géomatique pour établir un premier modèle théorique de l'occupation historique du sol ; cartographie géomorphologique pour établir un zonage des potentialités géoarchéologiques et paléoenvironnementales et évaluer les biais taphonomiques ; prospections géophysiques (Tomographie de résistivité électrique et Géoradar) et sondages par carottage pour une reconstitution 2D de l'architecture du remblaiement des remblaiements alluviaux au voisinage des sites archéologiques de fond de vallée ; prospections au sol pour évaluer le potentiel archéologique et circonscrire les témoins de l'évolution de l'occupation humaine ; télédétection à l'aide de capteurs montés sous drone (photogrammétrie, LiDAR, thermique) et analyse des nuages de points pour une restitution microtopographique de certains secteurs clés. Les premiers résultats obtenus montrent les limites de certaines approches mais permettent d'ouvrir sur des perspectives nouvelles, que ce soit en matière de recherche scientifique ou de valorisation patrimoniale.

[9 septembre] C. Font, F. Dugast

– Plateforme interdisciplinaire Archéologie, Territoires, Géographie –

Résumé

La plateforme Archéologie, Territoires, Géographie est un projet de plateforme collaborative et participative destinée à l'étude de la dynamique d'occupation du sol et de l'évolution des paysages au sein du bassin versant de l'Eure (portion occidentale du système séquanien), sur le temps long, de la préhistoire à nos jours. Elle a vocation à constituer un outil d'aide à la décision pour permettre de centraliser la collecte de données primaires en vue d'aider à la caractérisation et à l'analyse prédictive de l'espace étudié, mais également de transformer les données dans le cadre des problématiques du développement du territoire et de prescriptions archéologiques et patrimoniales.

La base de données relationnelle et spatiale est hébergée sur un serveur PostGreSQL avec l'extension PostGIS administré par Huma-Num (consortium AAP). Elle permet de regrouper l'ensemble des données attributaires et spatiales liées au projet de recherche. Trois volets sont ainsi réunis afin de permettre un croisement et une interaction entre les problématiques :

- un volet lié aux sciences de la Terre qui permet une lecture multi-scalaire de l'information (depuis le paysage jusqu'aux analyses physico-chimiques en passant par les unités sédimentaires) ;
- un volet archéologique qui réunit un corpus d'indices d'occupation humaine, constitué à partir de sources existantes, mais également des résultats de prospections pédestres. La description des indices est à la fois chronologique et typologique et s'appuie sur des thésaurus existants (comme Patriarche) ;
- un volet transversal, commun aux deux précédents, constitué de données à d'autres échelles : géophysique, Lidar, données institutionnelles.

L'interface web est directement alimentée par cette base de données.

[Publication sur le site du RnMSH : https://rnmssh-colloque.sciencesconf.org/data/pages/PArTaGE_poster.pdf]

Conférences « grand public »

S'attachant à restituer les résultats au sein de la population et des acteurs locaux, le projet a fait l'objet de plusieurs invitations de la part d'associations ou d'institutions locales, impliquant également les municipalités :

- le 19 janvier **2018**, à la Mairie de Dancourt (28), sur l'invitation de l'association Loisirs-Culture-Nature de Senantes ;
- le 2 avril **2019** à Dreux (28), sur l'invitation de l'Université drouaise du Temps libre ;
- le 15 juin **2019** à la Mairie d'Épieds (27), sur l'invitation de l'association Marches normandes ;
- le 7 novembre **2020** à Villers s/Mer (14), sur l'invitation de l'APVM (association de Paléontologie) – rencontre reportée en raison de la situation sanitaire ;
- du 8 au 10 octobre **2021**, participation à la Fête de la Science : « Ensemble, au Cœur des Sciences », exposition organisée par Sorbonne Université, Campus Pierre et Marie Curie (Paris 5e).

Annexe 4 – Publications

Carnet de recherche *Bienvenue en vallée de l'Eure* (Hypotheses.org)

ValEuRT DUGAST F. *Vallée de l'Eure : une rivière, des territoires*, Carnet de recherche sur l'évolution des paysages et la structuration des territoires en vallée de l'Eure, de la Préhistoire à l'époque moderne, 2016 (SSN 2607-0847) [<https://valeurt.hypotheses.org/>].



Présentation

Le carnet de recherche « Vallée de l'Eure : une rivière, des territoires » vise à réunir, présenter et mettre en valeur la documentation et les travaux pluridisciplinaires (opérations archéologiques, approches géo-archéologiques et historiques...) menés sur une zone inscrite dans la moitié ouest du Bassin parisien, où la recherche récente et active n'a pas encore donné lieu à des synthèses. L'objectif du projet est d'examiner, sur la longue durée, l'évolution des paysages naturels et anthropiques et leurs mutations de la Préhistoire à l'époque récente sur l'ensemble de ce bassin secondaire qui se place à un point de rencontre particulièrement fort entre plusieurs groupes culturels, que l'on reconnaît encore de nos jours à l'interface de trois régions – Normandie, Centre-Val de Loire et Île-de-France. Les thématiques abordées vont de la géo-archéologie de la vallée à la formation des cultures matérielles, de la structuration des territoires à l'impact des actions humaines sur l'évolution des paysages. Elles abordent également les méthodes testées et mises en place dans le cadre du projet (prospections géophysiques, relevés topographiques et architecturaux, systèmes d'information archéologique et géographique, modélisation, etc.). A la fois carnet de terrain alimenté lors des campagnes de prospection et de fouilles préventives, et de diffusion des recherches en cours (notamment lors de séminaires, workshops et colloque), il est conçu comme un outil de partage et d'échanges pour mettre en synergie l'ensemble des connaissances historiques et archéologiques sur ce secteur.

Archimède. Archéologie et histoire ancienne [En ligne] 7, 2020, p. 188-204

T. Piau, F. Bétard, F. Dugast, G. Arnaud-Fassetta, V. Viel

« Dynamique géomorphologique holocène et occupation humaine dans le bassin-versant de l'Eure (Bassin de Paris, France) : potentiels d'une approche géoarchéologique multiscalair et diachronique »

- DOI <https://doi.org/10.47245/archimede.0007.act.07>



Résumé

Localisé dans la partie occidentale du Bassin parisien, le bassin-versant de l'Eure présente une occupation humaine plurimillénaire. À l'interface entre plusieurs groupes culturels dès le Néolithique (groupes du Gord, de l'Artenac et de Bretagne), la vallée de l'Eure est un espace archéologique clef qui offre un cadre de recherche privilégié pour mettre en œuvre une approche géoarchéologique multiscalair et diachronique combinant : (1) cartographie géomorphologique, comme outil permettant d'appréhender les biais taphonomiques dans la préservation des gisements archéologiques, (2) prospections géophysiques (tomographie de résistivité électrique) pour une reconstitution 2D de l'architecture du remblaiement alluvial, (3) acquisition et traitement des données stratigraphiques par carottage et analyses sédimentologiques. L'apport des archives sédimentaires fluviales est également mis en avant afin de reconstituer la trajectoire hydro-sédimentaire de l'Eure durant l'Holocène.

Bilan scientifique de Normandie 2019 [2020]

F. Dugast, F. Bétard, T. Piau

« PCR "Vallée de l'Eure : une rivière, des territoires" » – Néolithique-Moyen Âge



Résumé

Le PCR « Vallée de l'Eure : une rivière, des territoires » lancé en 2019 s'intéresse au bassin-versant de l'Eure, encore très peu étudié sur le plan archéologique et historique. Il se place dans la continuité des grands programmes lancés à partir des années 1990 sur l'étude des dynamiques d'organisation spatiale qui ne cessent de se multiplier pour développer des problématiques autour du rôle des sociétés dans les phénomènes de transmission et de changement des formes d'occupation spatiale. Il vise à intégrer aussi bien des études sur la morphologie des paysages que sur la formation des groupes culturels jusqu'à la reconstitution de dynamiques socio-environnementales qu'engendrent au cours du temps les interactions entre l'homme et son milieu.

Bilan scientifique de Normandie 2020 [2021]

F. Dugast, F. Bétard, T. Piau

« PCR "Vallée de l'Eure : une rivière, des territoires" » – Néolithique-Moyen Âge

Résumé

La situation sanitaire particulière due à la pandémie de COVID-19 qui sévit depuis début mars 2020 a quelque peu perturbé la conduite des opérations de terrain envisagées sur l'année 2020 en vallée de l'Eure et, par voie de conséquence, les objectifs attendus. Pour des questions de faisabilité incertaine, la stratégie d'acquisition de données a dû être partiellement redéfinie et certains volets abandonnés provisoirement pour être reportés sur l'année 2021, voire 2022. Les actions se sont tout naturellement concentrées sur l'étude des données obtenues à l'aide de MNT à haute résolution (RGE Alti de l'IGN, productions de relevés LiDAR). À défaut de pouvoir développer sereinement une stratégie d'opérations de vérification sur le terrain et d'échantillonnages comme il était envisagé, les résultats issus des analyses cartographiques ont conduit à davantage développer la réflexion sur l'organisation d'un espace de travail virtuel commun destiné à recevoir les jeux de données des différentes disciplines en présence – sciences historiques et sciences de la Terre – en vue de les faire dialoguer entre eux pour une meilleure appréhension des différents phénomènes interconnectés à observer.

Atlas collaboratif de la Mégarégion parisienne – 2021 [Umr Cnrs IDEES 6266]

T. Piau, F. Bétard, F. Dugast

« Un inventaire cartographique des géoarchéosites en moyenne vallée de l'Eure : vers une valorisation du patrimoine géoarchéologique »

- En ligne : <https://atlas-paris-mega-region.univ-rouen.fr/fr/node/27>



Résumé

Le projet de fiche porte sur une démarche de pré-inventaire du patrimoine géoarchéologique dans la vallée moyenne de l'Eure (Eure-et-Loir, Eure, Yvelines), réflexion aboutissant à une cartographie inédite des « géoarchéosites » (Fouache & Rasse, 2009 ; Lena, 2009) et de leur potentiel patrimonial (Piau, Bétard & Dugast, à venir). La vallée de l'Eure est un espace de contacts dont les paysages ont été modélisés par des communautés humaines aux influences culturelles multiples dès la préhistoire. Elle offre un riche patrimoine géoarchéologique (minier, carrier, bâti, paléogéographique) qui demeure paradoxalement méconnu du grand public et qui mérite

une attention particulière et une réflexion collective pour sa sauvegarde. Avec sa cartographie en ligne, l'ambition de cette fiche est de contribuer à une valorisation et à une diffusion numérique élargie des connaissances géoarchéologiques de ce territoire périurbain. La cartographie proposée fournira une sélection de géoarchéosites aux valeurs scientifiques variées, du rang international (Saint-Prest, Chaudon) et national (cathédrale de Chartres et sa carrière historique, aqueduc de Maintenon) à des sites plus confidentiels d'intérêt régional (mégalthé de Changé, Fort-Harrouard) et local (Sanctuaire de Bû, moulin de Mormoulins), avec divers degrés de vulnérabilité.

Données utilisées :

- inventaire nationale du Patrimoine Géologique (fichier .shp) ;
- Carte archéologique nationale (base Patrimoine) sur les départements de l'Eure-et-Loire, de l'Eure et des Yvelines (fichier .shp) ;
- inventaire des géoarchéosites locaux à partir d'observations personnelles des auteurs (fichier .shp).

Figures envisagées :

- cartographie des géoarchéosites selon leur typologie ;
- cartographie des géoarchéosites selon leur niveau d'intérêt patrimonial.

Quelques références bibliographiques :

- Fouache E., Rasse M. (2009) « Archaeology, geoarchaeology and geomorphosite management: towards a typology of geoarchaeosites », dans E. Reynard, P. Coratza, G. Regon-Bessis (dir.), *Geomorphosites*, Munich, Pfeiffer, p. 213-223.
- Lena G. (2009) *Geositi e archeologia. Geologia dell'ambiente*, 2, Rome, p. 7-10.
- Paul T., Bétard F., Dugast F. (à venir) « Methodology proposed for the inventory and assessment of geoarchaeosites: Application to the middle Eure valley (Paris Basin, France) », *European Geosciences Union General Assembly, Geophysical Research Abstracts*, Venise, avril 2021, communication orale.

Formation et gestion des territoires de la Préhistoire à nos jours. Approches et perspectives exploratoires autour de la vallée de l'Eure

(Actes des tables rondes tenues à Dreux les 12-13 mars 2018 et les 18-19 novembre 2019 organisées par F. Dugast et I. Renault, avec la collaboration de la SHADT) textes réunis et présentés par **F. Dugast**

– volume paru dans la collection **Archéologie du paysage 5** (dir. N. Carcaud)
Éditions Mergoïl – 11 octobre 2021



Résumé

Le programme de recherche « Vallée de l'Eure : une rivière, des territoires », initié depuis 2017 au sein de l'Umr Orient & Méditerranée (équipe Antiquité classique et tardive), s'intéresse à la façon dont les communautés humaines ont construit et déconstruit leurs territoires sur le temps long et la façon dont, rétrospectivement, on appréhende ces constructions / déconstructions dont les marqueurs *a posteriori* sont essentiellement d'ordre matériel.

La position historique et la configuration géographique du bassin versant de l'Eure, à l'interface du « Grand Ouest » et du bassin de Paris, offrent *a priori* un cadre riche et original pour aborder les questionnements sur les logiques d'occupation du sol. Son étude se heurte toutefois à la difficulté d'acquisition des données du fait de son statut majoritairement agricole qui ne donne lieu qu'à très peu de projets d'aménagement et par conséquent d'opérations d'archéologie préventive. La faiblesse du corpus considéré oblige ainsi à ouvrir la réflexion sur de nouvelles méthodes d'approche, cadre de deux tables rondes organisées en 2018 et 2019, avec comme objectif d'aborder la question sous plusieurs facettes interconnectées, en privilégiant le dialogue transchronologique et l'interdisciplinarité.

Ce volume constitue les Actes de ces deux tables rondes pour offrir un tout cohérent en matière de réflexion. Il entend moins présenter des résultats – qui seraient aujourd'hui encore prématurés – que poser les jalons d'une

réflexion croisée sur la manière d'aborder un espace original encore peu sollicité sur le plan géoarchéologique et historique. Les contributions qui y sont réunies n'ont à ce titre pas nécessairement trait à la vallée de l'Eure ou à son bassin versant, mais pour un certain nombre d'entre elles font écho à des types d'approches envisagées ou à des fenêtres disciplinaires, dans un champ à la fois chrono-culturel et multi-scalaire, à considérer dans le cadre du programme tel qu'il a été défini.

Sommaire

Introduction – Fabienne **Dugast**

I – Contexte environnemental et occupation humaine

Théophile **Piau** : *Rythmes et modalités de construction des paysages culturels holocènes dans les vallées du bassin de la Seine : une lecture historiographique*

François **Bétard**, Vincent **Viel**, Gilles **Arnaud-Fassetta**, Théophile **Piau** : *Géomorphologie et paléoenvironnements de la vallée de l'Eure : contexte et perspectives exploratoires*

Jackie **Despriée et alii** : *Formations fluviales fossiles et sites préhistoriques : 25 ans dans les vallées du Loir, du Cher et de la Creuse. Et la vallée de l'Eure ?*

Amélie **Violet et alii** : *Reprise d'étude du site de Saint-Prest (Eure-et-Loir), témoin d'une présence humaine en vallée de l'Eure autour de 1 Ma ?*

Yves-Marie **Adrian**, Dagmar **Lukas**, Cécile **Moreau** : *L'occupation des bords de l'Eure entre l'époque gauloise et le Moyen Âge dans la boucle du Vaudreuil (Val-de-Reuil / Eure)*

II – Structuration des territoires, réseaux d'échanges et cultures matérielles

Gaëlle **Léon** : *Réseau de circulation terrestre et habitat ancien en Normandie. Méthodologie et analyse de réseau. Les exemples comparés de la Suisse Normande et de la Plaine de Caen*

Marie-Caroline **Charbonnier** : *Aménagement et fonctionnement des espaces de circulation antique : approche micromorphologique sur les sites de Verquin (Nord) et de Bezannes (Marne)*

Fabienne **Dugast** : *Cultures matérielles, faciès céramiques et approvisionnement entre le I^{er} et le IV^e siècle en territoire carnute : quelques éléments de réflexion. Les exemples de la vallée de l'Œuf (Aisne) et de la vallée de l'Eure (nord de Renault)*

Amandine **Trémel** : *Premiers éléments du paysage religieux en vallée de l'Eure à la période antique*

Nicolas **Wasylyszyn** : *Les églises romanes précoces (X^e-XI^e siècles) dans la vallée de l'Eure et ses abords, de Saint-Georges-Motel au confluent avec la Seine. Histoire et architecture*

Jérôme **Spiesser** : *La formation d'un exode rural autour d'un réseau structuré d'agglomérations, mis en place il y a 2 000 ans à proximité de la Seine (Normandie)*

Sylvain **Rassat**, François-Joseph **Ruggiu** : *Percevoir les usages urbains par l'analyse d'archives spatialisées : l'exemple de Charleville*

III – Gestions des ressources et énergies naturelles

Vergine **Serna** : *Espace nautique, système hydraulique solidaire, territoire archéologique du fleuve : réflexions et perspectives*

Eleonora **Antuna** : *La navigation de l'Eure et l'aménagement des portes à bateaux aux XV^e et XVI^e siècles*

Abert **Marsot** : *Le canal Louis XIV : conception hydraulique et constructions*

Sébastien **Gallepy**, Jacques **Galland** : *Le canal de l'Eure entre Pontgouin et Maintenon : les traces actuelles*

François **Bétard** : *Le canal de l'Eure de Pontgouin à Versailles : du réseau hydraulique au réseau écologique*

Sophie **Dransart**, François **Hardy** : *Paysages anthropisés et milieux naturels : une approche contradictoire ?*

– **Synthèse** – Olivier **Blin**, Philippe **Fajon**

Annexe 5 – Travaux universitaires

• Master 2 Dynarisk (Univ. de Paris)

– Théophile Piau – 2019

Dynamique géomorphologique holocène et occupation humaine dans le bassin versant de l'Eure : apport d'une approche géoarchéologique multi-scalaire

[Projet soutenu par la région Ile-de-France dans le cadre du DIM-MAP]

Soutenu le 6 juin 2019

> Composition du jury

- François Bétard (McF dR, Université de Paris, PROD G Umr 8586)
- Stéphane Corder (McF dR, Université Paris-Est Créteil, LGP Umr 8591)
- Fabienne Dugast (R Cnrs, Orient & Méditerranée Umr 8167)
- Nicole Lecomte-Lozouet (DR Cnrs, LGP Umr 8591)



• Master 1 Géographie et sciences des territoires (Univ. de Paris)

– Lydia Yacine – 2019

Inventaire, évaluation et cartographie des géosites culturels dans le bassin-versant de l'Eure : entre géographie, géosciences et géoarchéologie

Soutenu le 27 juin 2019

> Composition du jury

- François Bétard (McF dR, Université de Paris, PROD G Umr 8586)
- Fabienne Dugast (R Cnrs, Orient & Méditerranée Umr 8167)



• Master 2 Dynarisk (Univ. de Paris)

– Lydia Yacine – 2020

Les terrasses alluviales de l'Eure : étude géomorphologique et perspectives géochronologiques

[Projet soutenu par la région Ile-de-France dans le cadre du DIM-MAP]

Soutenu le 2 septembre 2020

> Composition du jury

- François Bétard (McF dR, Université de Paris, PROD G Umr 8586)
- Stéphane Corder (McF dR, Université Paris-Est Créteil, LGP Umr 8591)
- Fabienne Dugast (R Cnrs, Orient & Méditerranée Umr 8167)
- Nicole Lecomte-Lozouet (DR Cnrs, LGP Umr 8591)



• Projet tutoré L3 Pro MPGE (ENSG / Univ. Paris I)

– Paulin Ribbe, Hippolyte Deconinck – 2021

Constitution d'une base de données spatiale en géoarchéologie

Soutenu le 11 mai 2021

• **Doctorat « Économies, Espaces, Sociétés, Civilisations » (Univ. de Paris, ED 382)**
– **Théophile Piau – 2020-2022**

Interactions Homme-climat-érosion depuis 10 000 ans dans le bassin-versant de l'Eure (Bassin de Paris, France) : apports d'une approche géoarchéologique multiscalaire

dir. F. Bétard (McF dR, Un vers té de Par s, PROD G Umr 8586)

[Contrat doctoral Université de Paris]

> Comité de pilotage

- Gilles Arnaud-Fassetta (Pr, Un vers té de Par s, PROD G Umr 8586)
- François Bétard (McF dR, Un vers té de Par s, PROD G Umr 8586)
- Fabienne Dugast (R Cnrs, Orient & Méditerranée Umr 8167)
- Éric Masson (McF, Un vers té de L e)
- Sylvain Rassat (E Cnrs)
- Vincent Vê (McF, Un vers té de Par s, PROD G Umr 8586)

