



HAL
open science

Vallée de l'Eure: une rivière, des territoires. Projet collectif de recherche. Rapport à trois ans 2020-2022

Fabienne Dugast, Théophile Piau, Caroline Font, François Bétard

► To cite this version:

Fabienne Dugast, Théophile Piau, Caroline Font, François Bétard. Vallée de l'Eure: une rivière, des territoires. Projet collectif de recherche. Rapport à trois ans 2020-2022. CNRS; SRA-DRAC Normandie. 2023. halshs-04038297

HAL Id: halshs-04038297

<https://shs.hal.science/halshs-04038297v1>

Submitted on 20 Mar 2023

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.



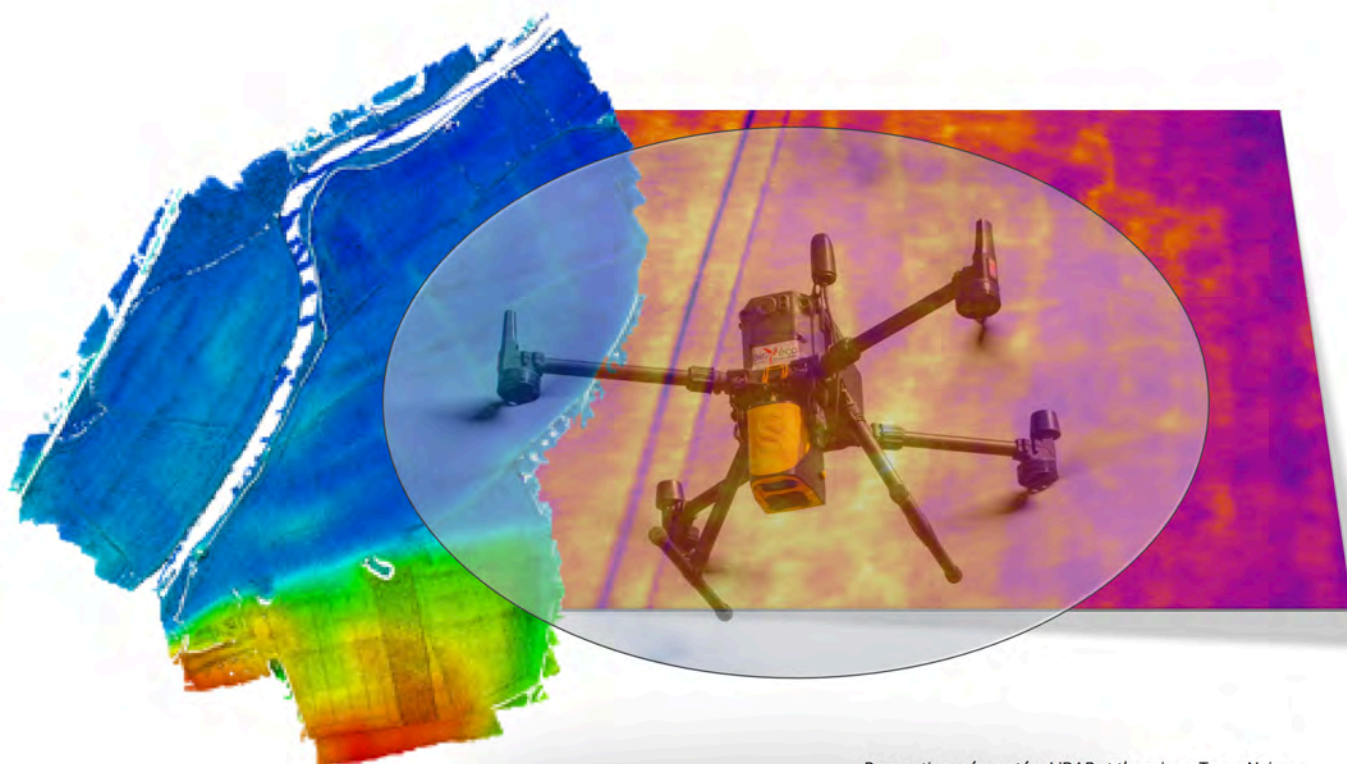
Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Vallée de l'Eure : une rivière, des territoires

Projet collectif de recherche

RAPPORT A TROIS ANS – 2020-2022

Auteurs : Fabienne Dugast, Théophile Piau, François Bétard, Caroline Font, Isabelle Le Tellier
avec la collaboration de Gilles Arnaud-Fassetta, Christian Camerlynck, Grégory Chaumet, Hippolyte Deconinck, Bruno Desachy, Max Laromanière, Véronique & Jean-Noël Le Borgne, Pierre Mollard, Sylvain Rassat, Ingrid Renault, Paulin Ribbe, Vincent Viel, Clément Virmoux, Lydia Yacine



Prospections aéroportées LiDAR et thermique, Terres Noires, commune de Saussay (Aird'eco-drone 2021)

Sommaire

Fiche de renseignements	5
Mots clés des thesaurus	6
Localisation du secteur d'étude au sein de la région Normandie	7
Localisation du bassin versant de l'Eure et du secteur d'étude au sein du bassin de la Seine	7
Extraits de la carte IGN au 1/25.000^e couvrant les secteurs d'étude privilégiés	8
Liste des communes concernées (du nord au sud)	9
Notice scientifique	11
Introduction	17
Contexte général du projet	17
Hypothèse de travail	18
Attendus scientifiques	19
Attendus technologiques	22
Circonstances des opérations de terrain	23
Partie I – Présentation et cadre général du projet	25
I – Le bassin versant de l'Eure	25
• Un secteur peu étudié	27
• Le territoire abordé : portion médiane de la vallée de l'Eure	29
– Chronologie retenue	30
– Les sites archéologiques repérés dans ce secteur	30
– Quelques ensembles de sites émergeants	30
II – Dynamique fluviale et interactions homme/milieu	32
– L'apport des bassins versants secondaires dans l'étude des interactions homme/milieu	32
– Le bassin versant de l'Eure au sein du système séquanien : état de l'art	33
Partie II – Acquisitions, analyses et traitements des données archéologiques	37
I – Modélisation préliminaire et premiers éléments de réflexion	37
– Instrument de travail	39
II – La portion médiane de la vallée de l'Eure : des formes et formations quaternaires favorables à la conservation des archives paléoenvironnementales	43
– Impacts des processus géomorphologiques quaternaires dans la distribution actuelle des gisements archéologiques : premiers éléments de réponse	46
III – Prospections au sol à vue et systématiques	47
– Principes et techniques de prospection au sol systématique	48
– Les abords de Saint-Chéron, commune de Villiers-en-Désœuvre (Eure, Normandie)	50
– Le contexte archéologique des sanctuaires antiques de Guainville et de Garennes-sur-Eure	56
– Les abords de la nécropole du Pelleret sur la commune de Bueil (Eure, Normandie)	62
– Discussion et perspectives	72
IV – Déploiement de techniques aéroportées par drone	74
– Premiers levés LiDAR et photogrammétriques	74
– Prospections aéroportées par drone : levés au LiDAR	82
– Prospections aéroportées par drone : essais en thermographie	93
– Prospections aéroportées par drone : essais de mesures magnétiques	99
V – Prospections géophysiques au sol sur le site des Fosses du Breuil (Guainville)	101
VI – Bilan et perspectives	106

Partie III – Approche géoarchéologique multiscalaire de la vallée de l’Eure moyenne	109
I – Positionnement scientifique	111
– Démarche méthodologique et échelles spatiales d’investigation	111
II – Approche géoarchéologique des terroirs alluviaux de la moyenne vallée de l’Eure :	
les cas de Saussay « Les Terres Noires » et Garennes-sur-Eure « Bellevue »	114
– Démarche méthodologique	116
– Les terroirs alluviaux des communes de Saussay (28) et de Croth (27)	121
– Les terroirs alluviaux de la commune de Garennes-sur-Eure « Bellevue » (27)	128
– Approche préliminaire des terroirs alluviaux de la commune de Lorey « île Mademoiselle » (27)	133
– Synthèse de la trajectoire hydro-morpho-sédimentaire de l’Eure moyenne et aval à l’Holocène	135
III – Approche géoarchéologique des sous-bassins versants de rive droite de l’Eure :	
les vallées de la Vesgre et du Radon	138
– Cadre géomorphologique des vallées de la Vesgre et du Radon	139
– Reconstitution de la trajectoire hydro-sédimentaire des sous-bassins de rive droite de l’Eure à l’Holocène	148
IV – Bilan	150
Partie IV – Premiers éléments d’analyse sur les modalités de construction des territoires	153
I – Entre identités matérielles et structuration des territoires	153
– L’approche en « réseaux »	154
– Transmissions spatio-temporelles de l’occupation du sol	159
II – Inventaire et évaluation des sites d’intérêt géoarchéologique ou « géoarchéosites » : un exemple d’application en vallée moyenne de l’Eure	161
– Le concept de « géoarchéosite » : genèse et définitions	162
– Méthodologie d’inventaire et d’évaluation des géoarchéosites	165
– Premiers résultats	171
III – Bilans et perspectives de recherche	177
Partie V – Développement d’un outil collaboratif interdisciplinaire	179
I – Un Modèle conceptuel de données (MCD)	179
– Objectifs du MCD	180
– Description du MCD	181
II – La structuration de l’outil	183
– Recueil des besoins	183
– Inventaire des différentes entités « primaires »	184
– Les entités issues des campagnes de prospection archéologique	185
– Les entités issues des données liées aux sciences de la Terre	186
– L’approche des géosystèmes transposable en archéologie	189
– Modèle structurel des données	191
III – La constitution de la base de données attributaire et spatiale d’enregistrement des données	192
– Structure générale de la base de données (schéma simplifié)	193
– Le volet dévolu aux sciences de la Terre	193
– Le volet dévolu aux données archéologiques	195
IV – Objectifs d’analyse – Modélisation des paysages	197
– Les archives cartographiques et historiques	198
– Traitements automatisés des Modèles Numériques de Terrain de l’IGN (BD Alti 25 m)	199
– Caractérisation automatique des formes de reliefs à l’échelle régionale : l’outil « Geomorphons » de GRASS GIS	200
V – Plateforme collaborative	203
VI – Bilan et perspectives	205

Partie V – Bilans et perspectives	207
Bibliographie	210
Annexe 1 – Calibration des ¹⁴ C	221
Annexe 2 – Comptes rendus des réunions et workshops	224
Annexe 3 – Diffusion et valorisation	234
Annexe 4 – Publications	248
Annexe 5 – Travaux universitaires	253
Annexe 6 – Equipe projet et équipe support	255

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

Arrêtés de désignation n^{os} : 28-2020-275 [2020] || 28-2021-171 [2021] || 28-2022-314 [2022]

Codes opération : 173177 || 173272 || 173403

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

Nature des opérations : Opérations de prospection archéologique, géophysique et géomorphologique

Dates des campagnes : février-novembre 2022

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, Ingrid Renault, Paulin Ribbe, Sylvain Rassat, Vincent Viel, Clément Vermoux

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

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 Paris Cité) || 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
- Mosaique
- Peinture / enduit peint
- Lapidaire / Sculpture
- Charbon

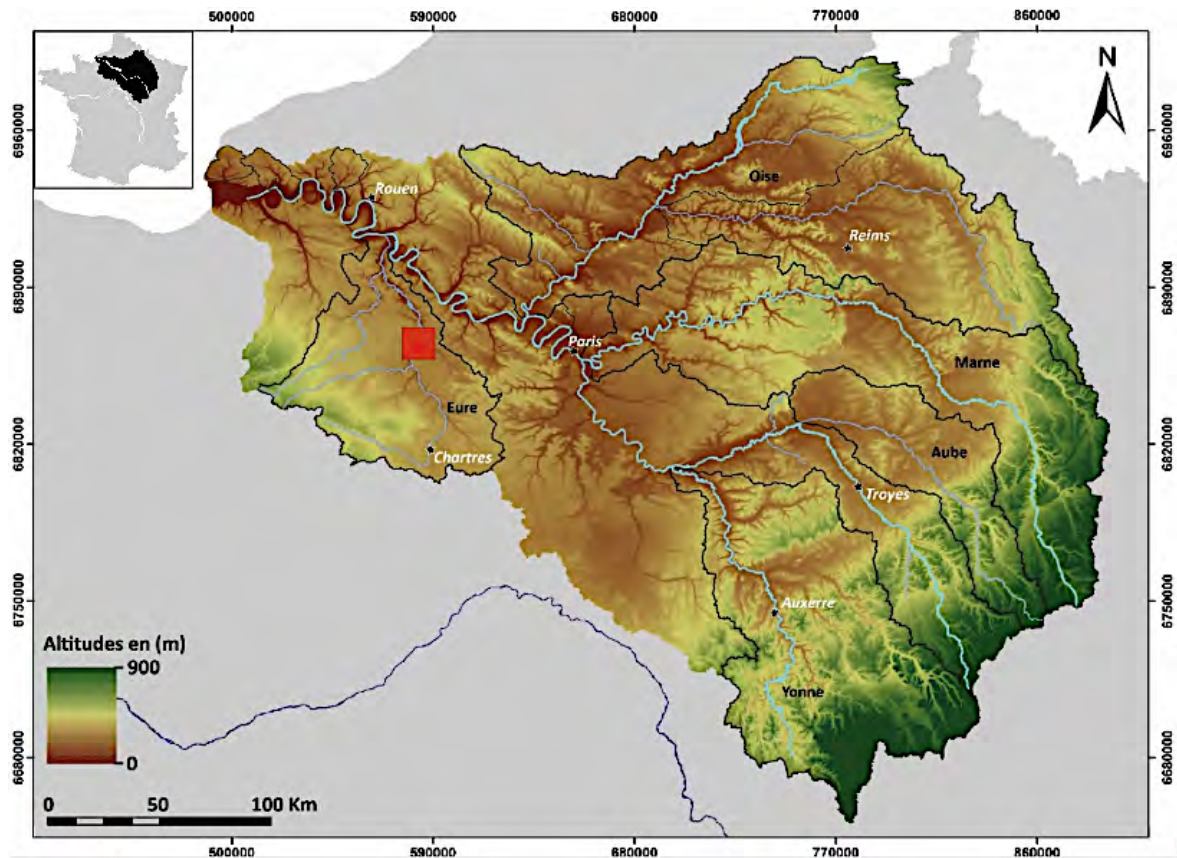
Études

- 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

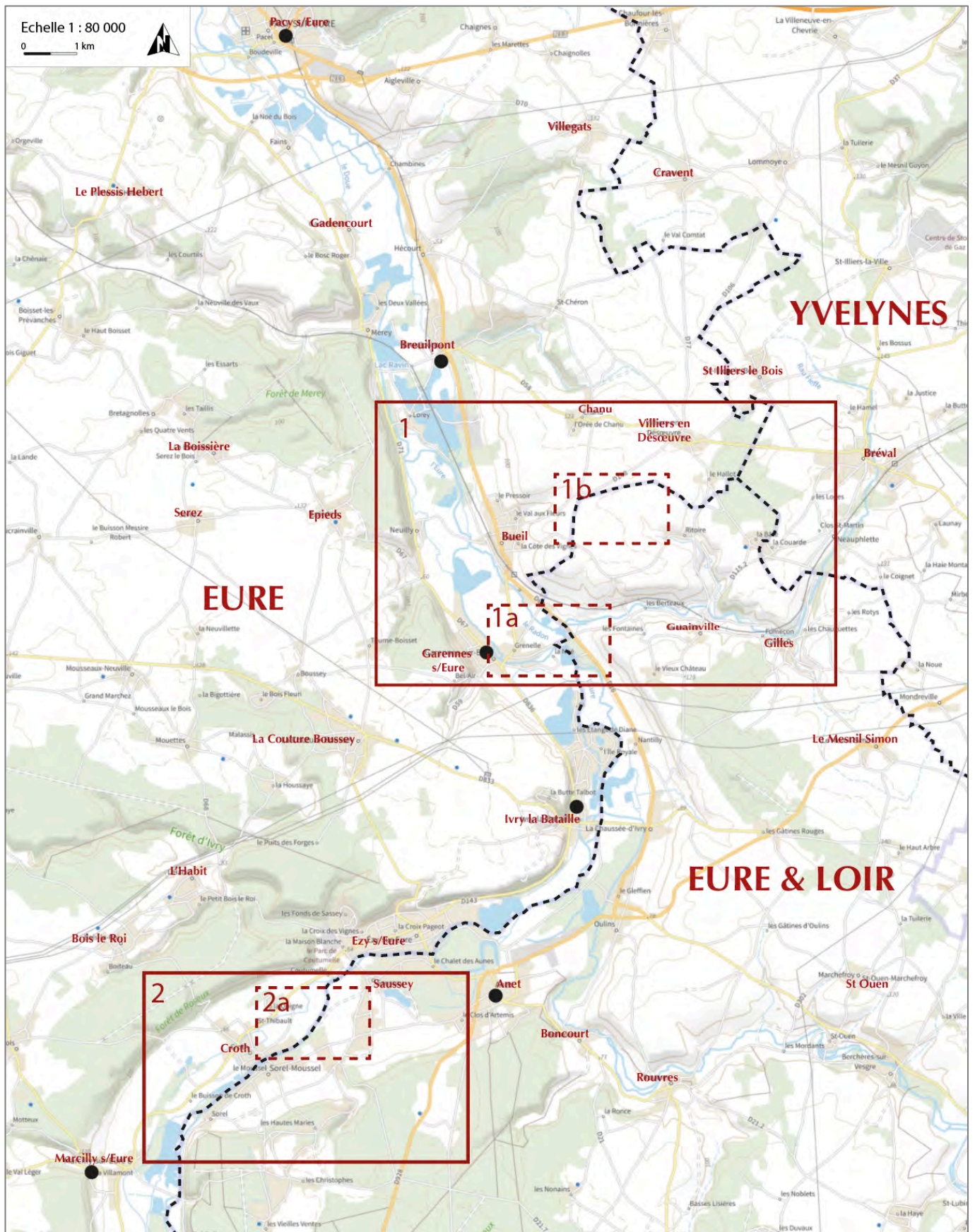


Localisation du bassin versant de l'Eure et du secteur d'étude au sein du bassin de la Seine



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

Extraits de la carte IGN au 1/25.000^e couvrant les secteurs d'étude privilégiés





© IGN 2011 (Scan25 / dalle 05806880L93)


Liste des communes concernées (du nord au sud)

	Départ.	Nom de Commune	N° INSEE
	27	LE PLESSIS HEBERT	465
	27	GADENCOURT	273
	27	MOUSSEAUX-NEUVILLE	421
	27	AIGLEVILLE	004
	78	LOMMOYE	344
	78	MONDREVILLE	413
	27	HECOURT	494
	27	BOISSET-LES-PREVANCHES	076
	27	CAILLOUET-ORGEVILLE	123
	27	VILLEGATS	502
	78	CRAVENT	188
	27	LA BOISSIERE	578
	27	MEREY	496
	27	BREUILPONT	484
	27	EPIEDS	585
	27	SEREZ	621
	27	NEUILLY	497
	78	ST-ILLIERS LE BOIS	559
	78	BREVAL	107
	78	NEAUPHLETTE	444
	27	BUEIL	485
	27	VILLIERS-EN-DESOEUVRE	503
	27	GARENNES-SUR-EURE	591
	28	GUAINVILLE	187
	28	GILLES	180
	27	CROTH	584
	28	SAUSSAY	371
	28	LE MESNIL-SIMON	247
	27	IVRY-LA-BATAILLE	594
	28	LA CHAUSSEE D'IVRY	96
	27	MOUETTES	598
	27	L'HABIT	593
	27	LA COUTURE BOUSSEY	583
	27	EZY SUR EURE	586
	28	ANET	7
	28	OULINS	293
	28	ST-OUEN MACHEFROY	355
	28	BONCOURT	50
	28	ROUVRES	321
	27	BOIS LE ROI	577
	27	ST-LAURENT DES BOIS	604
	27	MARCILLY SUR EURE	597
	28	SOREL MOUSSEL	377
	27	LOUYE	472
	27	ST-GEORGES MOTEL	479
	27	MUZY	477
	28	MONTREUIL	267
	28	ABONDANT	1

2019 2022

 communes au centre du projet

 communes secondaires

 communes mineures

Notice scientifique

Le PCR « Vallée de l'Eure : une rivière, des territoires » s'intéresse au bassin versant de l'Eure, sous bassin du système séquanien, encore assez peu étudié sur le plan archéologique, géoarchéologique 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. Il intègre à ce titre au sein de ses réflexions aussi bien des études sur l'évolution de la morphologie des paysages que sur la formation des groupes culturels, pour tenter de mieux comprendre les dynamiques socio-environnementales qu'engendrent au cours 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 matérielle, 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 – de gisements archéologiques et de sites identifiés sur le 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° 26-2019-186 du **26 MARS 2019**
portant autorisation de projet collectif de recherches.

La Préfète de région :

Vu le code du patrimoine et notamment son livre V ;

Vu l'arrêté modificatif n°17-1000 du 29 décembre 2017 portant délégation de signature générale d'activités de la Préfète de région au Directeur régional des affaires culturelles de Normandie ;

Vu le dossier, enregistré sous le n° PGR282019000017, de demande d'opération archéologique arrivé le 18 décembre 2018 ;

Vu l'avis de la Commission Territoriale de la Recherche Archéologique (CTRA), Commission Ouest en date des 5, 6 et 7 mars 2019 ;

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 31/12/2019, sise en :

RÉGION : NORMANDIE
DEPARTEMENT : EURE
COMMUNES : LA BOISSIERE, BREUILPONT, BUEIL, EPIEDS, GARENNES-SUR-EURE, IVRY-LA-BATAILLE, NEUILLY VILLIERS-EN-DESCEUVRE

Intitulé de l'opération : **Vallée de l'Eure : une rivière, des territoires.**
Code de l'opération : **173034**

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 explicant son mode de classement et de conditionnement et fournissant la liste des codes utilisés avec leur signification, fait l'objet de la part 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 - Le directeur régional des affaires culturelles est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera notifié à Madame Fabienne DUGAST.

Fait à CAEN, le **26 MARS 2019**

Pour la préfète de la région Normandie,
Préfète de la Seine-Maritime,
et par délégation,

Le directeur régional des affaires culturelles

Jean-Rajji OLLIVIER



**PRÉFET
DE LA RÉGION
NORMANDIE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Direction régionale des affaires culturelles de Normandie

Arrêté n° 28-2020-275 du **03 JUIN 2020**
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/19163 du 30 décembre 2019 portant délégation de signature générale d'activités du Préfet de région au Directeur régional des affaires culturelles de Normandie ;

Vu le dossier, enregistré sous le n° PCR282020000020, de demande d'opération archéologique arrivé le 26 décembre 2019 ;

Vu l'avis de la commission territoriale de la recherche archéologique (CTRA), Commission Ouest en date des 21 et 22 avril 2020 ;

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 **31/12/2020**, site en :

RÉGION : NORMANDIE

• DÉPARTEMENT : EURE

COMMUNES : LA BOISSIERE, BREUILPONT, BUEIL, EPIEDS, GARENNES-SUR-EURE, IVRY-LA-BATAILLE, NEUILLY, VILLIERS-EN-DESCEUVRE

Intitulé de l'opération : **PCR "Vallée de l'Eure : une rivière, des territoires"**.

Code de l'opération : 173177

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 explicative son mode de classement et de conditionnement et fournissant la liste des codés utilisés avec leur signification, fait l'objet de la part 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 - Le directeur régional des affaires culturelles, est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera notifié à Madame Fabienne DUGAST.

03 JUIN 2020

Fait à CAEN, le

Pour le Préfet de la région Normandie,
et par délégation,
Le directeur régional des affaires culturelles,



Jean-Paul OLLIVIER



**PRÉFET
DE LA RÉGION
NORMANDIE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Direction régionale des affaires culturelles

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 explicative son mode de classement et de conditionnement et fournissant la liste des codes utilisés avec leur signification, fait l'objet de la part 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



**PRÉFET
DE LA RÉGION
NORMANDIE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Direction régionale
des affaires culturelles**

Arrêté n° 28-2022-314 du **03 MAI 2022**

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/ 22-008 du 21 janvier 2022 portant délégation de signature du préfet de la région Normandie, préfet de la Seine-Maritime, à Frédérique BOURA, directrice régionale des affaires culturelles de Normandie, pour la signature générale d'activités ;

Vu le dossier, enregistré sous le n° PGR282022000020, de demande d'opération archéologique arrivé le 20 janvier 2022 ;

Vu l'avis de la commission territoriale de la recherche archéologique (CTRA), Commission Ouest en date des 20 et 21 avril 2022 ;

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 31/12/2022, sise en :

RÉGION : NORMANDIE
DEPARTEMENT : EURE
COMMUNES : LA BOISSIERE, BREUILPONT, BUEIL, EPIEDS, GARENNES-SUR-EURE,
IVRY-LA-BATAILLE, NEUILLY, VILLIERS-EN-DESCEUVRE.

Intitulé de l'opération : **"Vallée de l'Eure : une rivière des Territoires"**.

Programme de recherche : Axe 14. Archéologie des périodes moderne et contemporaine.

Code de l'opération : **173403**

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 explicative son mode de classement et de conditionnement et fournissant la liste des codes utilisés avec leur signification, fait l'objet de la part 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 **03 MAI 2022**

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, Hannois 2003], l'Yonne Moyenne [Nouvel 2004], etc.). De tels programmes 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 l'évolution de 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]. Le PCR ValEuRT 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 » [Quinquennat 2019-2024 (2025)].

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 différenciés tout au long de son tracé de 80 km de long, entre Chartres et la confluence Eure / Seine, et un contexte géomorphologique en rupture entre les deux rives ;
- 2/ elle traverse à toutes les époques des territoires composites aux termes encore mal définis et accueille, en rive gauche, quatre centres urbains importants distants de 25 km chacun : Chartres, Dreux, Évreux, Pîtres, qui interrogent sur le rôle fondamental de la rivière et de son utilisation ;
- 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 en-dehors des principaux pôles urbains, 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, dans un contexte peu habituel de faible documentation, offrant une dimension exploratoire à des problématiques bien développées par ailleurs, sur le plan autant réflexif que technique.

Hypothèse de travail

La plupart des approches menées sur les dynamiques d'occupation du sol et les interactions homme/milieu privilégient 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-Deliverie 2003].

Ouvert à l'ouest du Bassin parisien, entre Seine et Loire, le bassin versant de l'Eure forme aujourd'hui un territoire agricole moyennement peuplé, composé de plateaux faiblement ondulés et de quelques vallées encaissées, propice *a priori* à une telle étude. À 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 (à 70%), 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 (âge du Fer), 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]. Pour ce faire, le PCR s'appuie sur un volet méthodologique et expérimental combinant techniques traditionnelles et innovantes, qu'il s'agisse des opérations de terrain (prospections pédestres, géophysiques et géomorphologiques, télédétection à l'aide de capteurs montés sous drone), comme des modes d'acquisition et de traitement des données (MNT, nuages de points, géomatique).

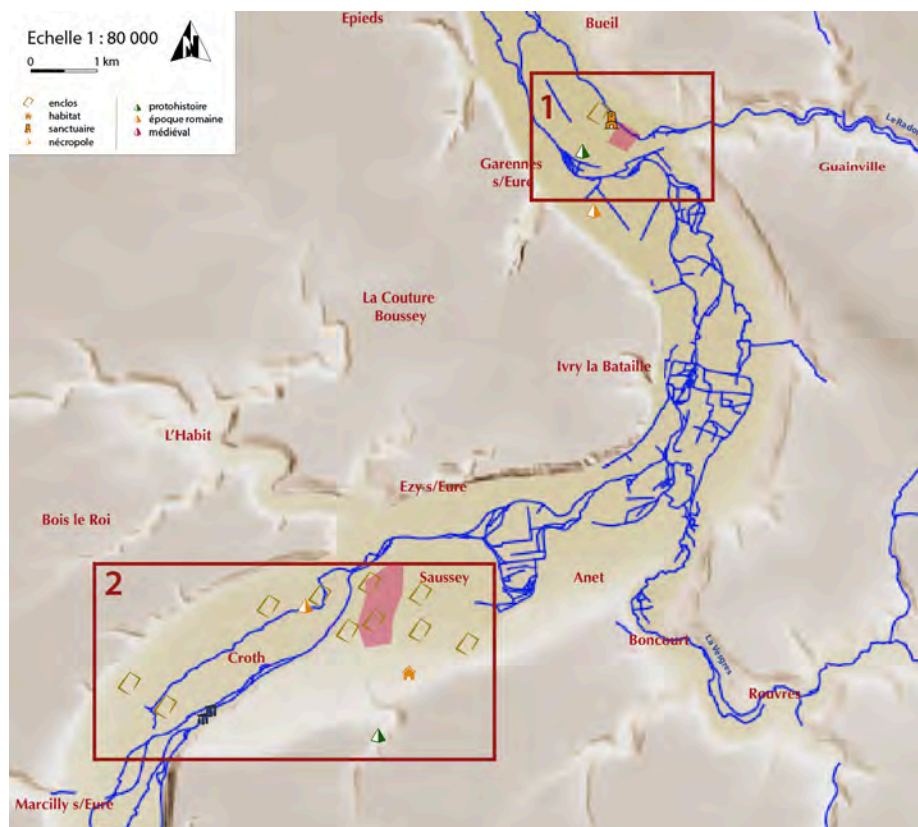
Attendus scientifiques

La faible documentation disponible 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) – a été par conséquent de développer une **approche géoarchéologique multiscalaire** sur la portion médiane de la vallée de l'Eure – portion peu documentée. 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 visait 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. Première étape du projet, l'analyse du contexte géomorphologique et la restitution de la dynamique fluviale de l'Eure ont eu pour objectif de conforter le cadre chronostratigraphique général, nécessaire pour mieux appréhender les différents types de signaux archéologiques et géomorphologiques en lien avec l'évolution des paysages et 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 2020** visait dans ce cadre à développer l'analyse géomorphologique amorcée en 2019 [année probatoire] par une modélisation des paléoreliefs en moyenne vallée et à caractériser l'évolution diachronique du tracé en plan du réseau hydrographique ainsi que les liens spatiaux et temporels entre les niveaux de terrasses cartographiés et les vestiges archéologiques connus, dans une perspective taphonomique. L'objectif était de documenter et de dater les jalons de l'histoire géomorphologique et paléoenvironnementale de l'Eure dans sa portion médiane en relation avec les différentes phases de l'occupation humaine connues 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 de rive droite – 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, il était envisagé d'ouvrir une première zone-atelier pour mener une étude ciblée du contexte général d'implantation et d'abandon de deux sanctuaires voisins d'époque romaine, reconnus par photographie aérienne (Archéo27), l'un implanté dans la plaine d'inondation de l'Eure (lieu-dit Bellevue, commune de Garennes-sur-Eure), l'autre sur le plateau du Mantois (lieu-dit les Fosses du Breuil, commune de Guainville), et de mettre ces études en parallèle avec d'autres secteurs analogues du bassin versant de l'Eure (amont/aval).

La situation sanitaire particulière due à la pandémie de COVID-19 qui sévissait depuis début 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. 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 primaires disponibles obtenues à l'aide de MNT à haute résolution (RGE Alti, levés LiDAR). Cette approche visait à délimiter et cartographier les divers niveaux de terrasses alluviales le long de la vallée de l'Eure et à reconnaître le potentiel géochronologique de la moyenne terrasse de Guainville. L'objectif était également d'explorer une seconde zone atelier – définie au sud d'Anet et de part et d'autre de la rivière, sur les communes de Saussay et de Croth, où les contrastes phytologiques laissent voir des formes géométriques, anomalies probablement d'origine anthropique mais difficilement caractérisables du point de vue fonctionnel [fig. 1] –, pour venir étayer la démarche réflexive engagée sur l'organisation et la structuration diachronique du réseau de peuplement dans la portion moyenne de l'Eure [Rapport 2020 : 21-35]. Par ailleurs, en se positionnant à l'interface des sciences de la Terre, de l'Environnement et de la Société, la réflexion est venue interroger le concept de « géoarchéosite » en envisageant une modélisation des conditions d'évolution et de conservation des composantes associées archéologiques et géomorphologiques d'un paysage culturel en lien avec l'analyse de la structuration des territoires [Rapport 2020 : 35-37]. Enfin, 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 études 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 [Rapport 2020 : 39-53].



1– Localisation des indices d'occupation humaine au sein des deux zones-atelier :

[1] Garennes-sur-Eure (lieu-dit Bellevue) ; [2] plaines de Saussay et Croth. En surimpression, parcelles correspondantes prospectées [fond de carte IGN BDTopo 2017 – © F. Dugast]

- **L'année 2021** devait compléter et consolider l'approche préliminaire menée en 2020. Dans le cadre strict des deux zones atelier définies en amont, les analyses cartographiques et historiques (notamment le site « Remonter le temps » de l'IGN), 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) ont pu être complétées par des retours terrain pour vérification aussi bien des types de formations géomorphologiques que des « indices de site » [Rapport 2021 : 54-60]. 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, paramètre texturaux et image CM) et datation radiocarbone (¹⁴C Accelerated Mass Spectrometry). 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), a également pu être conduite, permettant de poser les premiers jalons d'un cadre chronostratigraphique [Rapport 2021 : 63-72]. 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 données acquises 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) [Rapport 2021 : 60-63 & 73-75]. En parallèle, ont pu être également testés des protocoles d'investigation et de prospection à l'aide des techniques 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) [Rapport 2021 : 34-46]. Enfin, le contexte particulier de faible intervention archéologique ne permettant pas une approche aisée des « cultures matérielles », témoins de la rythmicité des regroupements de communautés dont les marqueurs les plus fins restent le mobilier et en particulier la poterie, 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), 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) [Rapport 2021 : 46-52]. Les données géomorphologiques et archéologiques acquises depuis 2018 ont été régulièrement intégrées 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) [Rapport 2021 : 79-82].
- **L'année 2022** visait à finaliser la reconnaissance de l'environnement géomorphologique des indices d'occupation humaine repérés en prospections aériennes (Archéo27) dans les zones-ateliers de Saussay / Croth et de Garennes-sur-Eure afin de préciser la chronologie et les modalités de recoupement des paléochenaux de l'Eure et 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). Il s'est agi également de poursuivre la reconnaissance des enregistrements sédimentaires fluviales des vallées secondaires du Radon et de la Vesgre, largement ouvertes dans les séries tertiaires du centre du Bassin parisien et susceptibles de fournir de précieux enregistrements polliniques ainsi que des enregistrements tourbeux recelant des vestiges mésolithiques, à faible profondeur et bien préservés (l'Aunay amont *e.g.*) ou encore 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) de manière à pouvoir 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. En parallèle, les protocoles d'investigation et de prospection à l'aide des techniques aéroportées par drone (LiDAR, Thermique, Géomagnétique) ont été mis en perspective avec les techniques plus traditionnelles de la géophysique – conductivité, magnétique, électrique, radar-sol – sur l'un des deux sanctuaires de la zone-atelier 1 pour évaluer la pertinence des types de capteurs selon les conditions des sols, de la végétation, de l'albédo, du microclimat. Enfin, un processus d'évaluation des sites d'intérêt géoarchéologique en vallée de l'Eure moyenne a été mis en place en vue de préciser la définition et le choix des critères pertinents dans l'évaluation de la valeur scientifique archéologique des implantations anthropiques en lien avec la valeur scientifique géo(morpho)logique 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.

Attendus technologiques

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 2020** avait dans ce cadre entamé une démarche réflexive – théorique, conceptuelle et méthodologique – sur la formalisation du processus de production d'information acquise à l'interface entre les Sciences de la Terre, de l'Environnement et de la Société dans laquelle se place volontairement le PCR. En raison de l'état lacunaire de la documentation et de son imprécision relative, l'objectif était de mettre en exergue l'absolue nécessité de collecter et de mettre en connexion différents types de données provenant d'horizons disciplinaires divers [*approche intégrée*]. Cette nécessité s'est traduite par la mise en place d'un système de gestion de plusieurs bases de données descriptives [SGBD] – géomorphologie, archéologie, histoire, environnement, analyse – que les dénominateurs communs – le temps et l'espace – doivent permettre de faire dialoguer entre elles sur la base d'un SIG. Cette démarche visait à mieux poser non seulement la complexité mais aussi et surtout la multifactorialité des relations sociétés/milieus qui ne peuvent se résumer à de simples rapports de cause à effet déterministes ou mécanistes [Rapport 2020 : 39-53].
- **L'année 2021** a ainsi pu, dans la suite de l'année précédente, mettre en place au format SIG une structure adéquate à deux volets interconnectés destinée à 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 [Rapport 2021 : 77-88].

- **L'année 2022** a, dans le prolongement des opérations de terrain, tendu à doter le PCR d'une plateforme collaborative en ligne permettant l'accès et l'intégration de nouvelles données. L'ensemble des données spatiales et attributaires prennent désormais place dans une base de données relationnelle hébergée sur un serveur PostGreSQL avec l'extension PostGIS administré par la TGIR-Huma-Num (consortium AAP), permettant par conséquent la production cartographique et figurative à partir de données communes. Une première interface web a vu le jour – en collaboration avec l'École de codeurs Simplon (Charleville-Mézières). Elle permet la 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 définis selon la concentration des données. Deux autres interfaces sont envisagées, plus complètes en termes de requêtes, de visualisation et de saisie des données.

Circonstances des opérations de terrain

Outre la situation sanitaire particulière due à la pandémie de COVID-19 qui sévit depuis mars 2020, la conduite des opérations de terrain a été souvent contrainte par les conditions climatiques au moment des labours et de la disponibilité des parcelles cultivées – froid et neige (2019), pluies abondantes (2020-2021) ou sécheresse (2022), offrant peu de lisibilité au sol pour les prospections pédestres. Elle a été également parfois freinée par la volonté des propriétaires ou exploitants agricoles qui marquent une large préférence pour des opérations aéroportées par drone, qui restent dépendantes quant à elles de la force des vents qui peuvent rendre les lignes de vol moins précises. Néanmoins, une série de campagnes ont pu être assurées :

- **en prospection archéologique** – sur les communes de Villiers-en-Désœuvre, de Breuilpont, de Bueil, de Garennes-sur-Eure, de Guainville et de Saussay/Croth pour les principales – totalisant 5 semaines réparties sur les 4 années avec une équipe d'une dizaine d'étudiants pour les prospections systématiques (2019) et une équipe plus restreinte pour des prospections à vue (2021-2022) ;
- **en prospection géoarchéologique** – 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 » – totalisant 2 semaines en 2021 avec une équipe de 4 à 5 personnes ;
- **en prospection géomorphologique** – sur les deux zones atelier (plaine de Bellevue, commune de Garennes-sur-Eure et plaine de Saussay/Croth) pour des prospections géophysiques [Tomographie de résistivité électrique – TRE] et des carottages sédimentaires ; au sein de deux vallées affluentes de rive droite de l'Eure : le Radon et la Vesgre, pour des sondages exploratoires à la tarière pédologique et des relevés de coupe sur des berges en rive concave – totalisant 2 semaines réparties sur les 3 années avec une équipe de 5 à 6 personnes ;
- **en prospection géophysique** – aéroportée sous drone et traditionnelle – sur les deux zones atelier (sites de Bellevue [commune de Garennes-sur-Eure] et des Fosses du Breuil [commune de Guainville], et les Terres Noires [commune de Saussay]) – totalisant 3 semaines réparties sur les 3 années avec une équipe de 3 personnes pour les prospections aéroportées et de 2 personnes et 3 étudiants pour les prospections géophysiques traditionnelles.

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 autour de Caroline Font (Inrap), en lien avec l'ENSG (École nationale des sciences

géographiques, Paris) et avec l'École de codeurs Simplon (Charleville-Mézières), pour organiser et traiter 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 premier avis favorable de la CTRA Ouest réunie les 5, 6 et 7 mars 2019 pour une année probatoire, renouvelé chaque année tout au long de la triennale. 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 Paris Cité (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 également sur le SRA-DRAC Normandie (PCR 2019, 2020, 2021 & 2022) 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

I – Le bassin versant de l'Eure

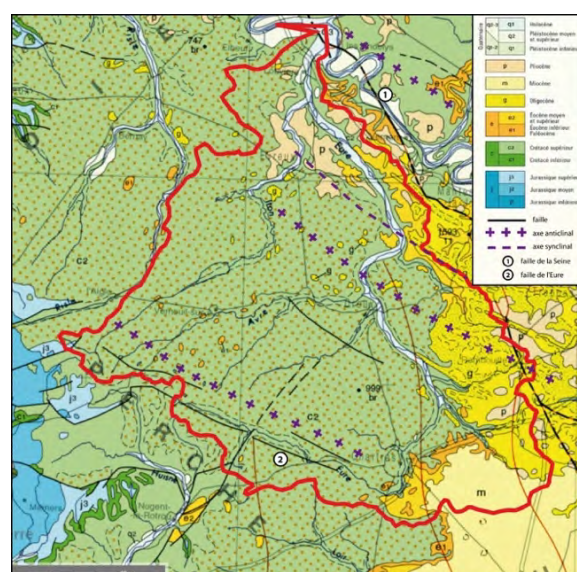
[Fabienne Dugast]

Le bassin versant de l'Eure appartient, sur le plan géographique et géologique, au système séquanien dont il couvre la moitié ouest. 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'Ivry-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, au sud 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 de Saint-André en rive gauche et le plateau du Mantois en rive droite. Sur



2– Localisation et contexte topographique et hydrographique du bassin versant de l'Eure [DAO T. Piau 2021]

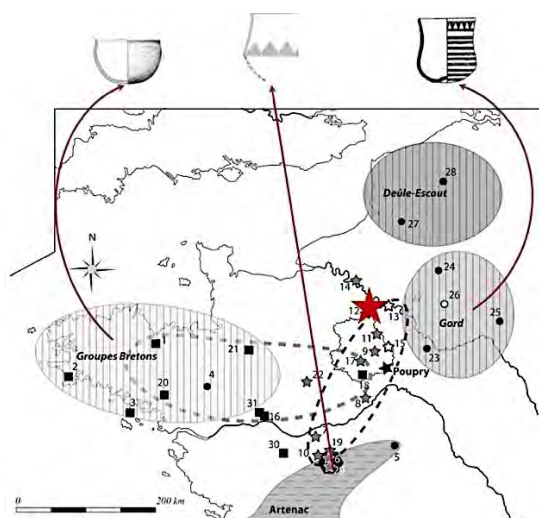


3– Aperçu géologique du bassin versant de l'Eure [extrait de la carte géologique de la France au 1/1 000 000 [Infoterre, BRGM]

le 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]. Cette disposition l'inscrit, pour les périodes postérieures, dans une dynamique conditionnelle de la construction des territoires, marquée successivement par l'émergence ponctuelle des Durocasses dans l'Antiquité [fig. 5], les héritages politiques successifs de l'époque mérovingienne ou encore les conflits entre le duché de Normandie et le royaume de France au Moyen-Âge. Cette dynamique se reconnaît à travers le développement marqué de quatre centres urbains – Chartres, Dreux, Évreux, Pîtres – et 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 I^{er}-III^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 VI^e siècle avant et le VI^e 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 Éburovices 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)

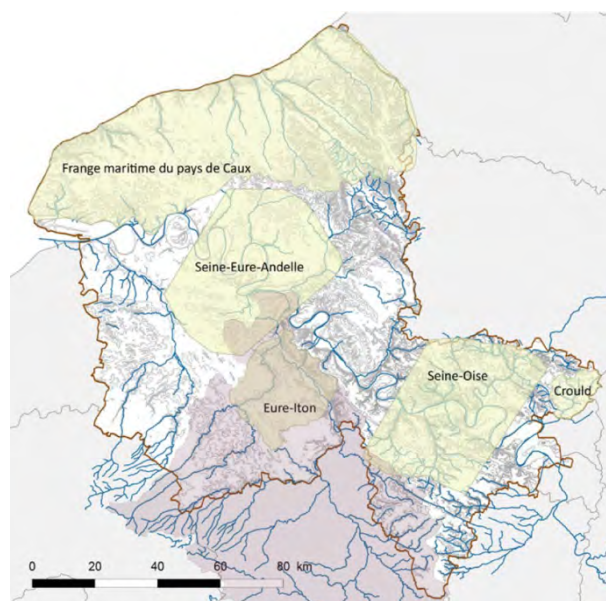
Un secteur peu étudié

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 géomorphogénèse – 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.

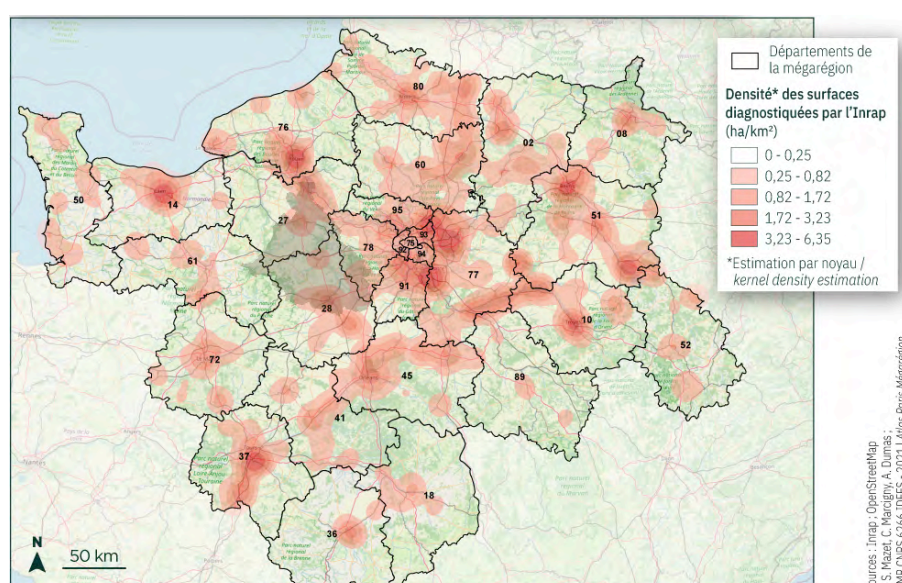
Depuis les années 2000, les opérations d'archéologie préventive offrent de nouvelles informations sur la structuration des territoires de la Gaule : des études générales se développent sur différentes régions, abordant les secteurs les mieux documentés qui se concentrent, pour le Nord de la France, plus spécifiquement le long de la Seine comme en témoignent les récents mémoires doctoraux [Granai 2014 ; Liétar 2014 ; Gonet 2017 ; Basset 2019] qui s'appuient sur des travaux centrés sur l'Île-de-France [Buchsenschutz *et al.* 2005], et plus spécifiquement le Val-d'Oise [Robert 2003 ; Touquet Laporte-Cassagne C. (dir.) 2018], ou au contraire plus généraux [Petit (dir.) 2005 ; Bostyn *et al.* 2011 ; Mélin, Mougne 2012 ; Carpentier, Marcigny 2012 ; Blanquaert, Malrain (dir.) 2016]. À ce titre, le travail universitaire de Célia Basset sur « le bassin versant de la Seine en aval de Paris » ne considère les affluents de la Seine que dans leur portion aval près de la confluence : le bassin versant du Crould (95), la confluence de l'Eure et de l'Iton (27), la frange maritime du pays de Caux (76), les confluences Seine-Eure-Andelle (27,76) et Seine-Oise (78,95) [fig. 6]. De son côté, l'étude menée par Sophie Krausz sur la

6– Cartographie des fenêtres d'études considérées dans le cadre du travail doctoral de C. Basset [2019 – fig. 2, p. 22]. En surimpression rouge, les limites du bassin versant de l'Eure, concerné dans son quart nord.

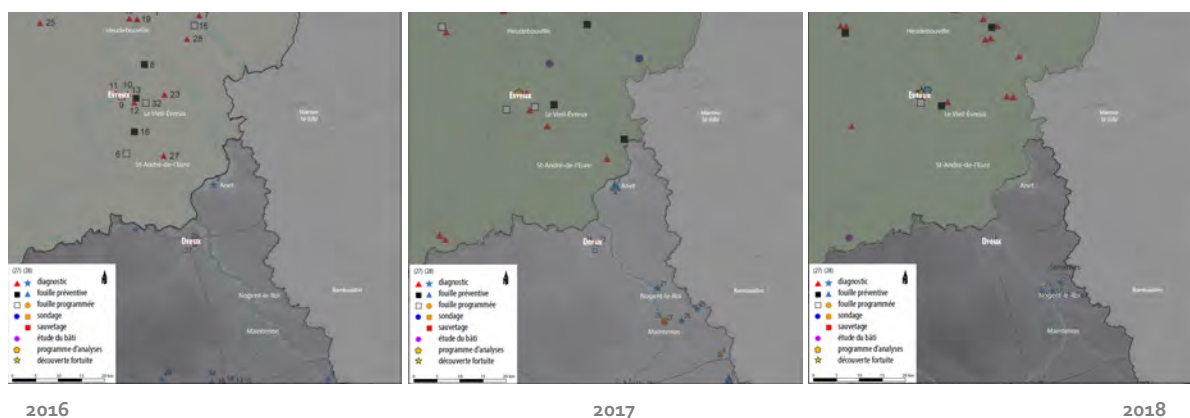


formation des systèmes politiques protohistoriques, agrémentée d'une cartographie des 8 000 sites enregistrés dans la base de données Patriarche du Ministère de la Culture sur l'ensemble de la région Centre-Val de Loire, qui permet d'avoir une image de fond de l'évolution des différentes formes de peuplement 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-Harrouard, 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]. Plus au sud, celui de Saint-Piat – dit Camp de César – connu depuis le XIX^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 [Ollagnier, Joly 1994 : 276-277] sans doute en lien avec le site de hauteur du Camp de César [Dugast, Renault 2017a & b].

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 qui se concentrent pour la plupart autour des grands pôles urbains et des grands travaux d'aménagement routier [BSR Centre Val-de-Loire & BSR Normandie 2016, 2017, 2018 – fig. 7 ; Mazet *et al.* 2021 – fig. 8] – ainsi que 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] – opérations qui ont fait l'objet de rapports déposés au sein des SRA mais non publiés. 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 & 2021]. On notera que, pour les périodes récentes, aucune approche n'est véritablement menée.



7– Densité des surfaces diagnostiquées par l'Inrap par commune entre 2002 et 2020 au sein de la mégaregion parisienne [Atlas de la Mégaregion de Paris, en ligne – 28 octobre 2021 – fig. 1]. En surimposition vert, les limites du bassin versant de l'Eure, peu concerné dans sa portion médiane.



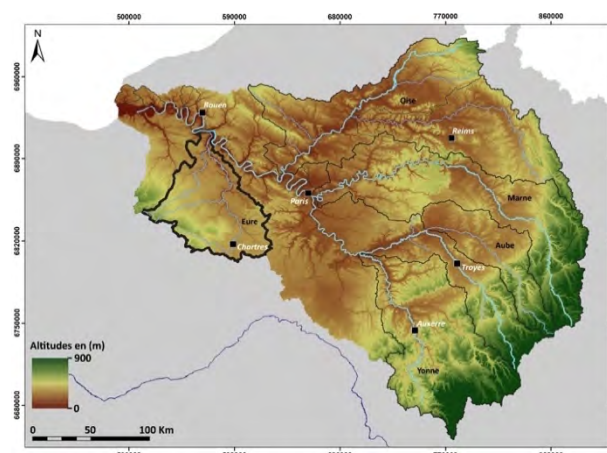
8– Ensemble des opérations d'archéologie enregistrées entre 2016 et 2018 dans les départements de l'Eure (27) et de l'Eure-et-Loir (28) [sources BSR Centre-Val de Loire & BSR Normandie 2016, 2017, 2018]

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

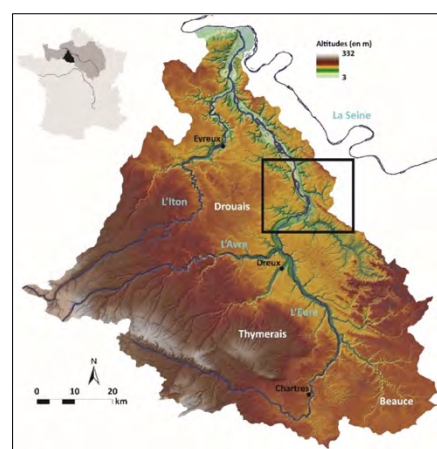
La faible documentation archéologique disponible, des reconnaissances de terrain menées depuis 2016 aussi bien au nord qu'au sud, ainsi que le contexte général de ce bassin secondaire ont fait émerger un espace privilégié, aux aspects différenciés sur le plan environnemental, alliant points d'eau (rus, sources, etc.), zones de hauteur à replats, longs versants et plaines alluviales, favorable *a priori* à une 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 [fig. 9-10].

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.



9– 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 – réalisation T. Piau 2020]



10– Localisation de la zone d'étude retenue (rectangle noir) [fonds orographique : BD Alti 25 m de l'IGN ; fonds hydrographique : BD Carthage de l'IGN – réalisation T. Piau 2020]

Le choix de cet espace repose sur la diversité de ses propriétés, aptes à permettre une approche à la fois localisée et comparative. L'objectif est de privilégier, dans chacun des secteurs, les modalités et les modulations des aménagements anthropiques perçus à l'échelle de quelques ensembles paysagers. Il l'est également à termes d'analyser 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 (économie locale) ou plus larges (à l'échelle des cités antiques et évoluant au-delà).

– 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 XIX^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 I^{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 Meroy, une autre encore à Villiers-en-Désœuvre et un vaste complexe sur les communes de Cravent et Lommoye (Yvelines). Plus au sud, outre un probable tumulus sur la Butte d'Ézy-sur-Eure, Ivry-la-Bataille ainsi qu'Anet et, plus à l'est, Rouvres, ont livré un certain nombre de sépultures datées entre le I^{er} et le VI^e siècle [fig. 11]. L'ensemble de ces observations demande à être consolidé.

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 [fig. 7-8]. 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], elles se résument à quelques interventions de la MADE – sur la nécropole mérovingienne de Bueil reconnue dans les années 1960 [Cormier *et al.* 2017] –, et d'autres du SAD 28 à Anet. Parallèlement, une série de prospections aériennes, réalisées entre 1996 et 2011 par l'Association Archéo27 [CAG 27 nouv. éd.], a pu repérer différents indices d'occupation de date indéterminée, pour la plupart fossés et enclos, particulièrement nombreux dans la portion sud. Quelques temples ont clairement pu être identifiés par leur plan caractéristique de l'époque du Haut Empire, dont deux, 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.

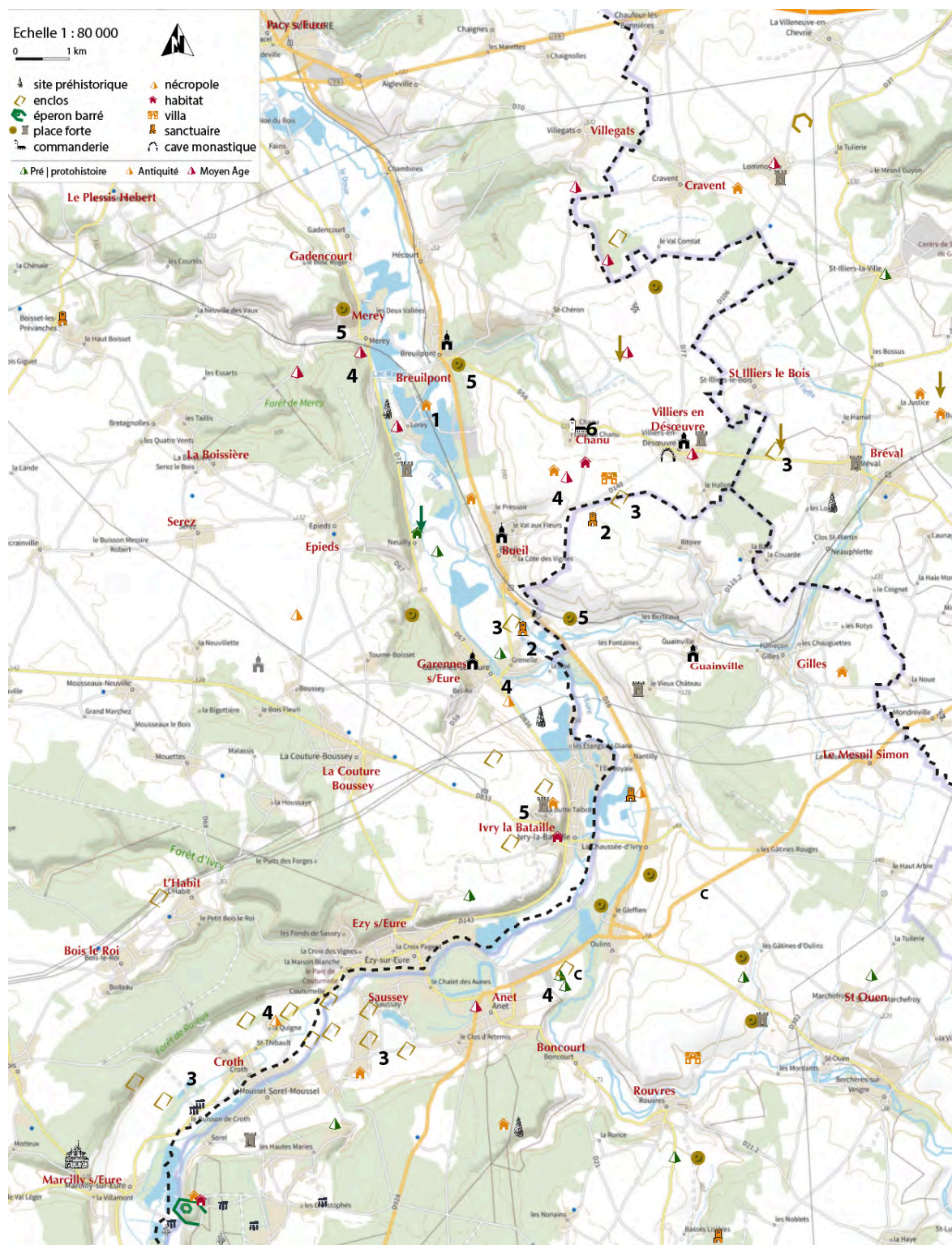
– Quelques ensembles de sites émergents –

Ce premier inventaire a permis de faire émerger un certain nombre d'ensembles, laissant entrevoir le potentiel archéologique du secteur [fig. 11].

- 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 » [Rapport 2019 : 47-53] – respectivement les cités carnute et éburovice ;



11– 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]

- 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 ;
- 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].

II – 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 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 société-environnement à différentes échelles spatiales (régionale à 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 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 sédimentaires et paléoenvironnementales, et par conséquent des changements bioclimato-anthropiques passés. Malgré leur discontinuité, les données stratigraphiques de fond de vallée issues de ces enregistrements sédimentaires offrent en effet une résolution plus fine de la rythmicité des mutations paysagères qu'en contexte de plateau loessique où le bilan pédo-sédimentaire holocène est moins dilaté et

souvent érodé – sauf rares exceptions (dépression karstique) – par les activités agro-pastorales plurimillénaires [Wuscher *et al.* 2012a]. Ces derniers n'en trouvent 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.

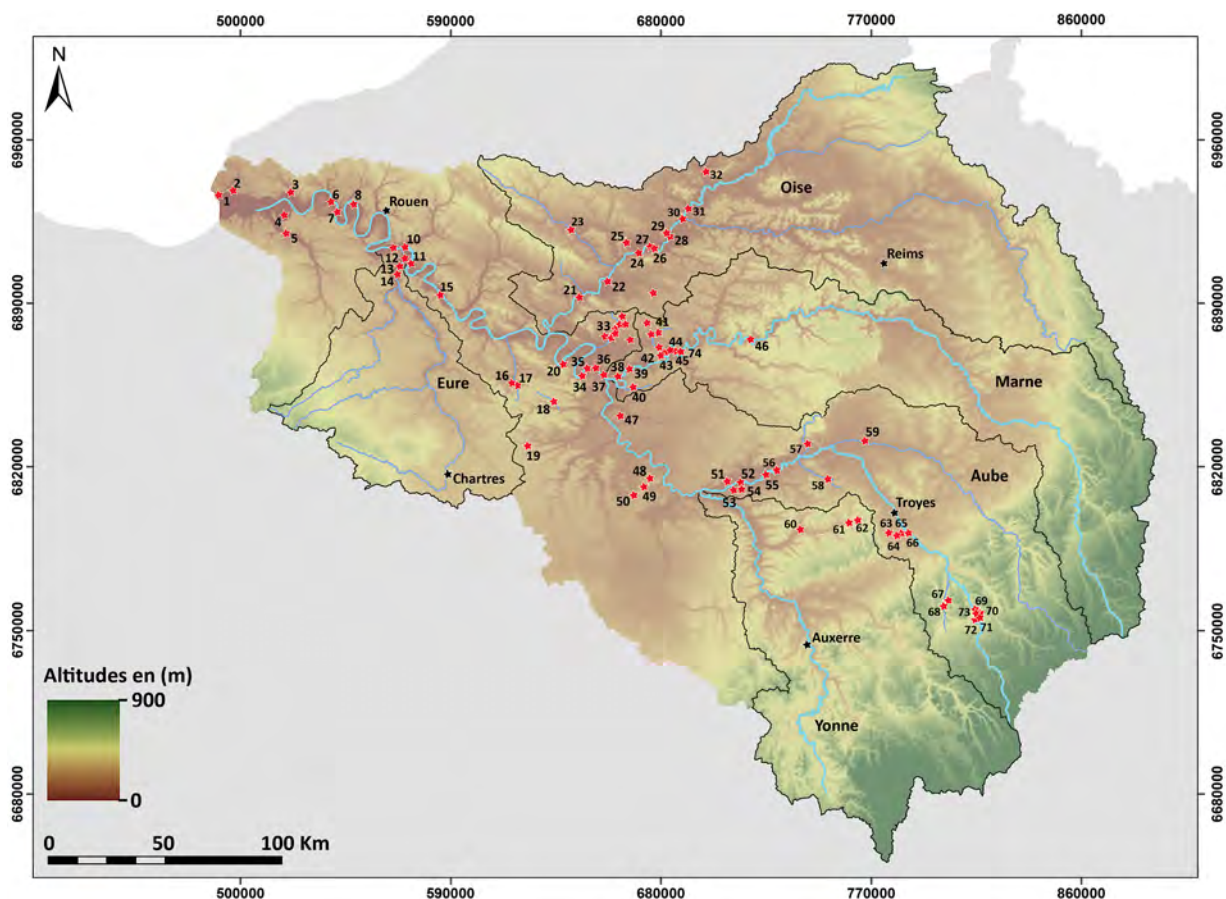
Relativement bien étudiés au sein des grands organismes fluviaux, ces phénomènes le sont moins au sein des systèmes secondaires. Or, ces derniers apparaissent plus sensibles aux dynamiques de l'occupation des sols et aux variations climatiques que les bassins versants d'ordre supérieur. Les petits bassins 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 (contexte 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 paysage-s [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. 12]. 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].

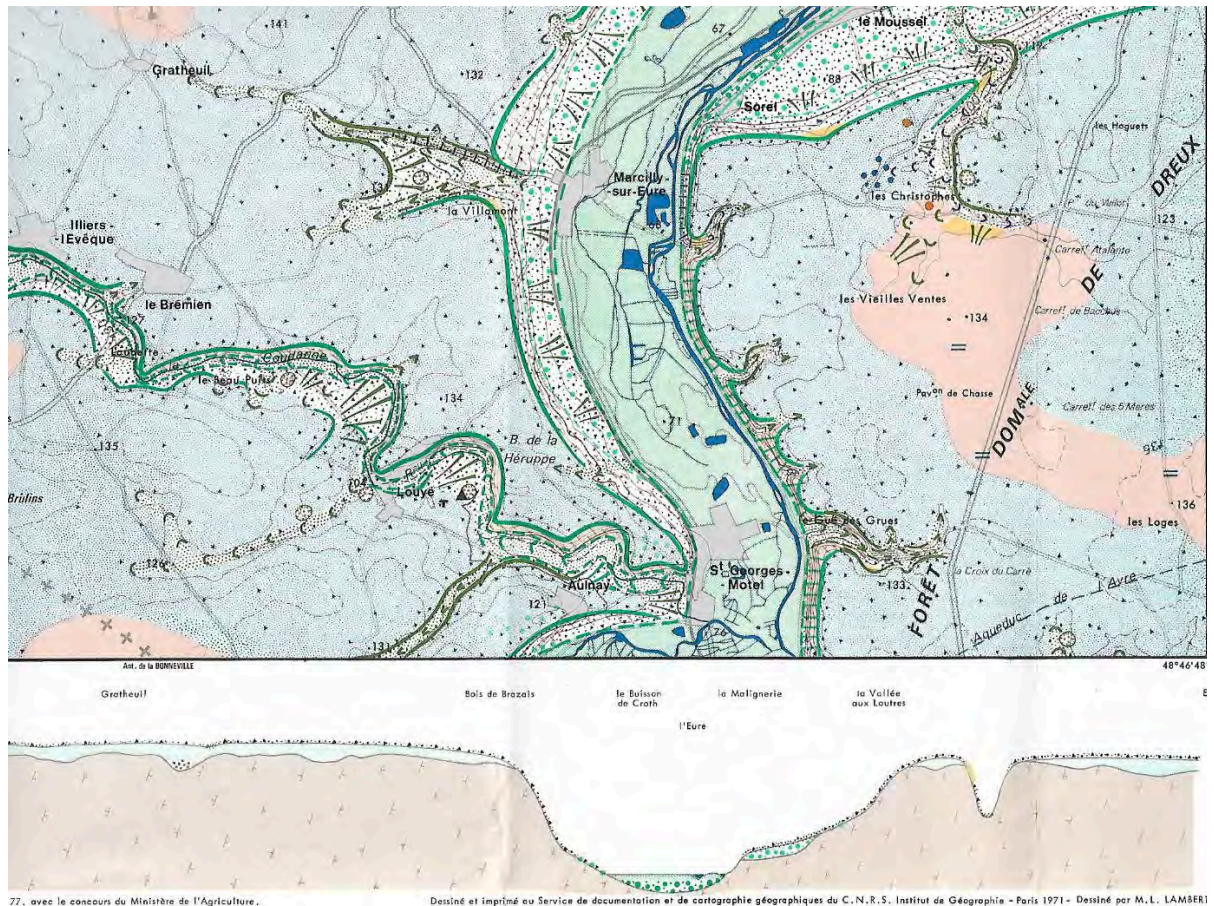
Cette approche, qui s'est longtemps polarisée sur les plaines alluviales des grands organismes fluviaux, se concentre désormais davantage, au sein du Bassin parisien, sur les hydrosystèmes secondaires, de faible énergie et à la trajectoire *a priori* peu contrastée à partir du Subatlantique – du moins 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 [Le Jeune *et al.* 2012 ; Wuscher *et al.* 2012b], 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-mor-



12– Carte de localisation des séquences sédimentaires fluviales reconnues au sein du bassin versant de la Seine. 1. Le Havre ; 2. La Lézarde ; 3. La Commerce ; 4. Le Marais Vernier ; 5. Pont-Audemer ; 6. Mailleraye-sur-Seine ; 7. Heurteauville ; 8. Berville ; 9. Alizay-Igovie ; 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'Autills « 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-Ouen « Station d'Épuration » ; 30. Choisy-au-Bac ; 31. Thourrotte ; 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. Citty « 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]

pho-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 biostase [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 lui que d'un nombre réduit d'observations géomorphologiques, sous l'impulsion d'Yvette Dewolf à la fin du xx^e siècle, profitant notamment 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 tirée de ces études préliminaires permet d'aborder la nature, l'âge et l'extension des formations fluviales. 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 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, Saint-André-de-l’Eure [Dewolf 1974]) [fig. 13]. Tout aussi anciennes pour la plupart, 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 du 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. 14-15].

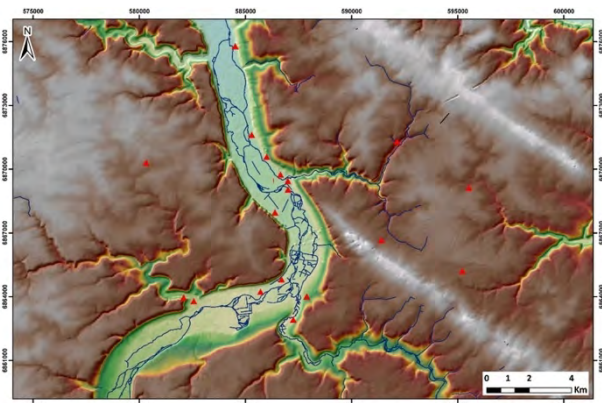


13– Extrait de la carte géomorphologique détaillée de la France au 1/50 000^e, feuille XX-14, Saint-André-de-l’Eure [d’après Dewolf 1974]

14– Log stratigraphique (forage dans les alluvions de l’Eure) au sud d’Ivry-la-Bataille [BSS, Infoterre, BRGM]

Profondeur	Formation	Lithologie	Lithologie	Stratigraphie	Altitude
0.60	Rendézie		Rendézie calcaire	Holocène	57.40
1.40	Dépôts tourbeux		Tourbe?		56.80
1.80					56.42
2.50					55.50
	Fz		Sable à graviers et galets	Holocène	
8.50					49.50
9.60			Crue ébouleuse		45.40
10.50			Crue à silt, ébouleuse		47.50
11.60			Sables de silt		46.40
12.50			Crue	45.40	
	Crue à Delaminatis maculatis		Crue à silt	Campanien supérieur	
30.00					30.00

15– 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]



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 Paris Cité, 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].

*** ***

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

Acquisitions, analyses et traitements des données archéologiques

[coord. 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 se 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 [Partie III] :

- l'interprétation de l'environnement géomorphologique de sites archéologiques connus ;
- et pour ce faire, la reconstitution des trajectoires socio-environnementales, *i.e.* 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.

I – Modélisation préliminaire et premiers éléments de réflexion

[Fabienne Dugast – avec la collaboration de Benoit Pandolfi]

À l'échelle régionale, il s'est agi 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 sont montrées 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 méandriformes plus ou moins actifs ;

l'autre zone se situe en arrière du plateau du Mantois (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 lœssique 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 rebords de plateau, 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 [fig. 16].

Sur fond de ce premier tableau, une première modélisation de l'occupation du sol a pu être tentée à partir du récolement des données disponibles (archives, données de fouilles anciennes et récentes, prospections aériennes) ainsi que des inventaires locaux (cartes archéologiques 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. 17]. Ce nombre relativement important donne une moyenne de 3 « gisements » au km² (ou au 100 ha), marquant un potentiel archéologique non exploité, mais de qualité inégale. Nombre de ces entrées restent en effet de caractère indéterminé (en blanc sur la carte), résultat pour la plupart de prospections aériennes repérant des formes géométriques de nature très probablement anthropiques mais non datables.

Une première étape a par conséquent consisté à réaliser un zonage préparatoire des potentialités archéologiques à partir de l'ensemble des données disponibles et d'une analyse du contexte archéologique et topographique. Différents traitements géomatiques 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 : 19-22].



16– Assemblage des cartes géologiques du bassin versant de l'Eure [source : BRGM]



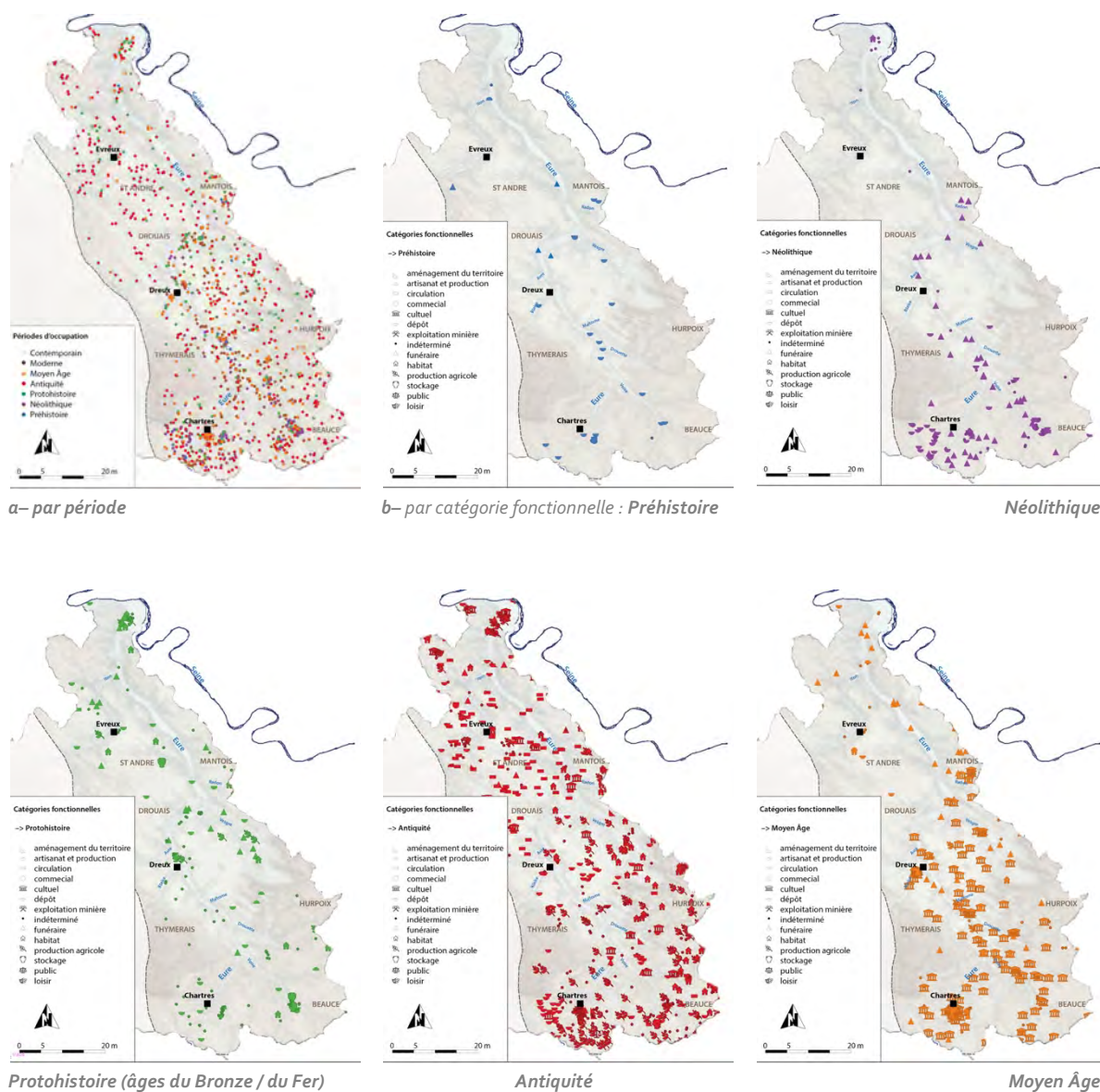
17– Trame générale des sites archéologiques reconnus, d'après les données disponibles (SAD 28, SAD Yvelines, MADE 27, Inrap) montrant la densité de sites de nature indéterminée (points blancs) [cartographie T. Piau 2019]

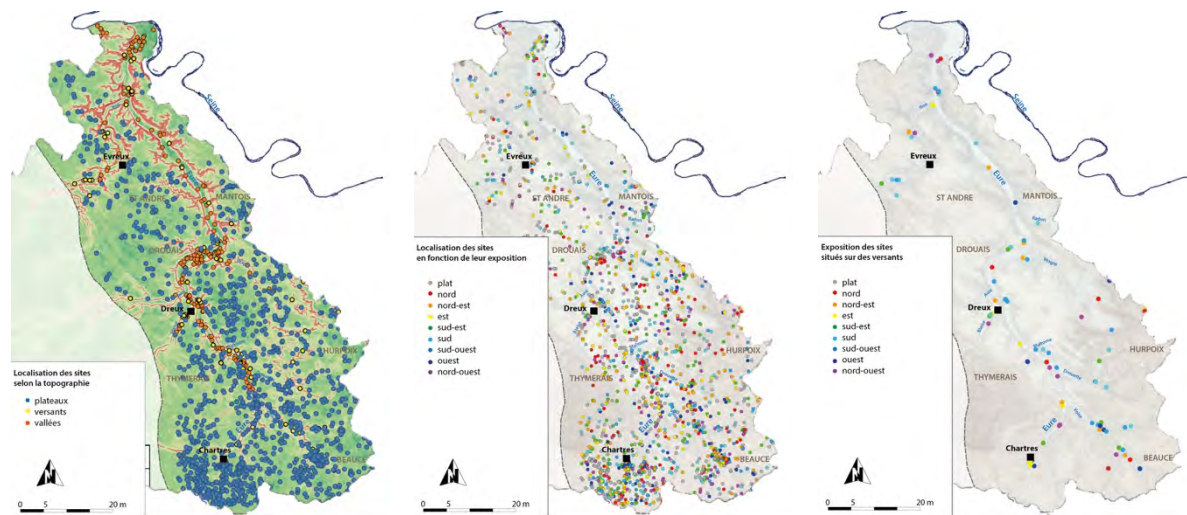
– Instrument de travail –

Les outils communément utilisés aujourd’hui de manière interdisciplinaire comme les SIG et la géomatique ont été mis à contribution, non seulement pour mettre en évidence les résultats obtenus, mais aussi et surtout pour lancer une réflexion sur la manière de les obtenir. Dans l’objectif d’établir un modèle théorique de l’occupation humaine sur le secteur défini dans le cadre du PCR, le bassin versant a été tout d’abord considéré dans sa quasi globalité – du nord au sud –, en fonction des éléments connus de manière à avoir un premier aperçu des tendances générales d’implantation, considérées par période et catégorie fonctionnelle [fig. 18].

Par ailleurs, une discrétisation à l’échelle de la vallée des descripteurs topographiques dérivés des MNT de l’IGN a été réalisée sous ArcGIS 10.4 à l’aide de la méthode de classification automatisée développée par E.H. Hammond dans le cadre de la description des propriétés géographiques à large échelle – les États Unis [Hammond 1964]. Cette classification est basée sur la caractérisation des pentes, du relief local et des types de profils, qui constituent ensemble 5 grands types de relief déclinés en 24 classes et 96 sous-classes. La méthode

18– Localisation et classification des indices de sites connus par période (a) et catégorie fonctionnelle (b) [d’après B. Pandolfi 2019]





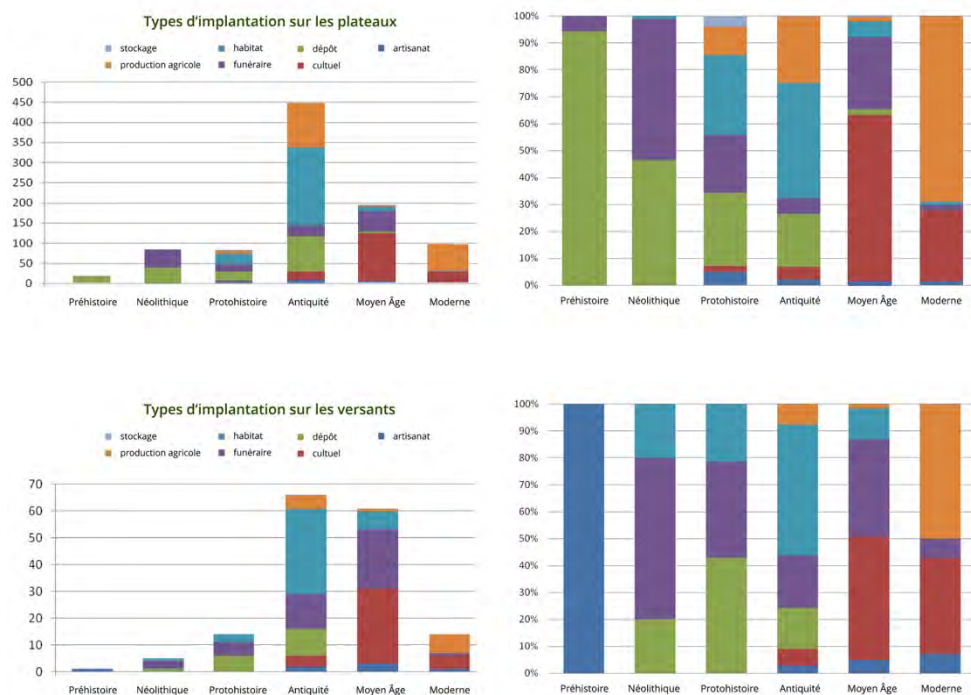
a- Classification des sites par rapport à la topographie

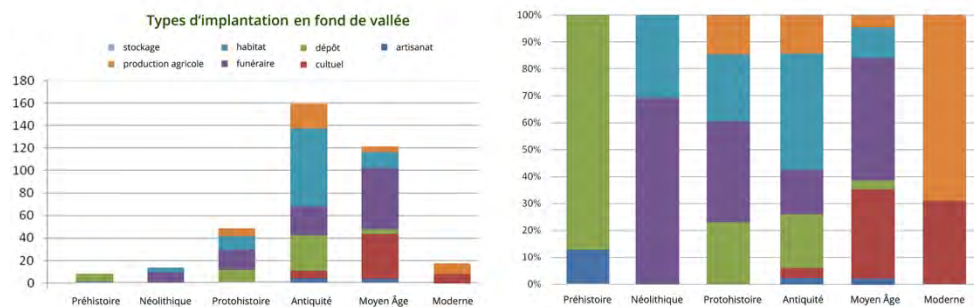
b- Localisation des sites par rapport à l'exposition des sols

c- Exposition des sites situés sur les versants

19- Classification des indices de sites connus par rapport à la topographie et l'exposition des sols [d'après B. Pandolfi 2019]

permet ainsi d'identifier les types de relief par module quadrangulaire de 96 km² – pour des études à large échelle – ou de surface plus modeste. La superposition des caractéristiques topographiques et des données archéologiques montre une présence relativement forte le long de la vallée de l'Eure, la concentration d'indices sur les plateaux marquant probablement davantage un biais de l'activité archéologique – en rive droite dans les Yvelines et au sud autour de Chartres [fig. 19]. Des analyses statistiques menées en complément ont permis par ailleurs de quantifier – en nombre et en pourcentage – les sites par période et dans leur fonctionnalité selon la position topographique des sols, en distinguant surfaces planes (plaine / plateau) et versants [fig. 20], et proposer ainsi une première carte des lieux d'implantation privilégiés selon les époques [fig. 19b].

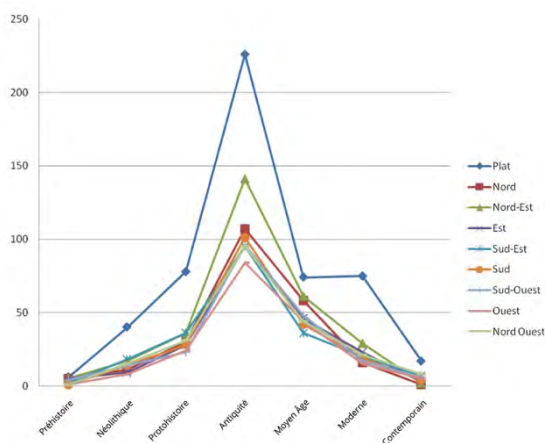




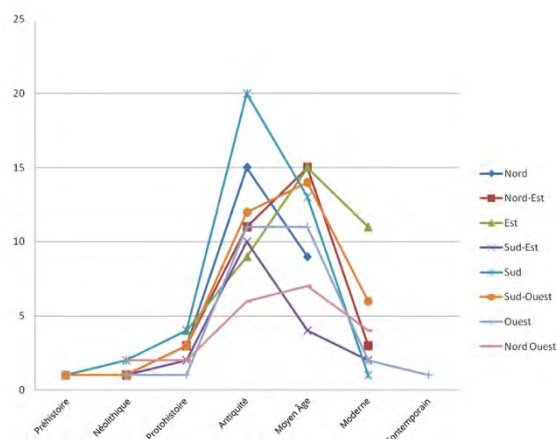
20– Quantification des types et fonctions de sites connus par période [d'après B. Pandolfi 2019]

Dans le cas d'espèce, on notera *a priori* une présence relativement forte à la préhistoire le long de l'Eure et des rivières affluentes – Iton, Blaise en rive gauche, Radon, Vesgre, Voise en rive droite –, sous la forme de pierres dressées et de quelques dolmens. Les habitats néolithiques, voire protohistoriques, semblent montrer une prédilection pour les mêmes fonds de vallée, tandis que durant l'Antiquité ils paraissent s'imposer davantage sur les plateaux, notamment en rive droite, pour redescendre en fond de vallée à l'époque médiévale ; les ensembles funéraires auraient privilégié de façon similaire les fonds de vallées aux différentes époques, laissant entendre une probable continuité avec certains habitats. Ce dernier point paraît important au vu de l'analyse qui a tendu à considérer également les vestiges reconnus dans les Yvelines jusqu'aux bords de Seine, rendant l'appréciation générale délicate ; enfin, on notera une prépondérance des activités agricoles sur les plateaux à partir de l'Antiquité, progressant rapidement jusqu'à l'époque actuelle. Les paramètres d'ensoleillement précisent ces tendances : l'exposition sud paraît globalement recherchée durant l'Antiquité et cède la place à une orientation plus septentrionale durant le Moyen Âge [fig. 21-22].

La modélisation se heurte clairement à la qualité des données, les entrées s'avérant 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 agglô ») 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



21– Quantification par période des implantations en fonction de leur orientation [d'après B. Pandolfi 2019]

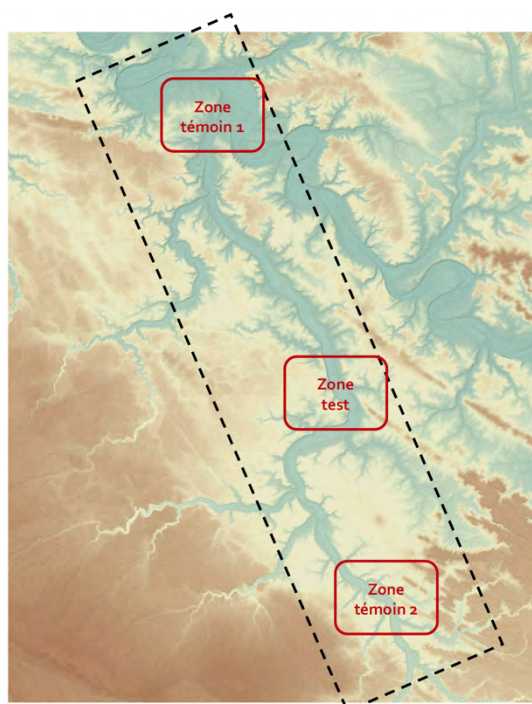


22– Quantification par période des implantations en versant en fonction de leur orientation [d'après B. Pandolfi 2019]

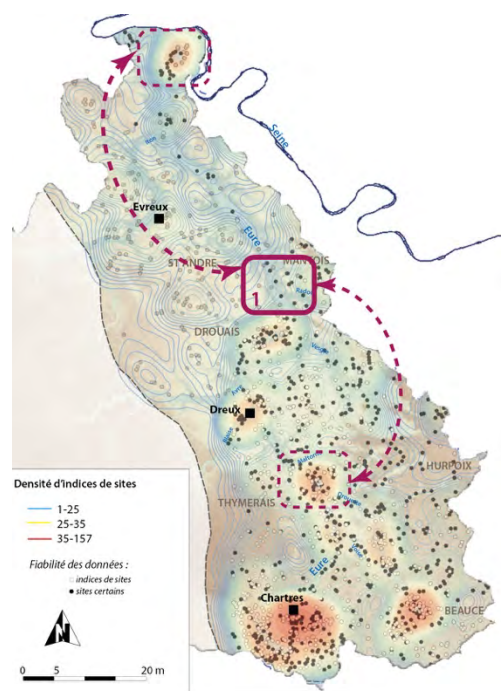
au vu des nécessités d'aménagement du territoire – vers les pôles de concentration de l'activité humaine actuelle autour de « mégapoles » comme Chartres ou la région parisienne, ou de chantiers spécifiques (autour d'Évreux par exemple ou la confluence avec la Seine).

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...). Pour assurer une analyse et une conduite stratégique fiables des opérations, deux secteurs, choisis en fonction de leur force de documentation sur l'ensemble du bassin, ont été définis comme zones de référence : l'une en aval, à la confluence Eure/Seine, l'autre en amont, dans le Drouais, autour de Nogent-le-Roi [fig. 23]. Une première analyse a permis de vérifier que la portion médiane de la vallée offrait une faible réponse en termes de documentation et se distinguait ainsi particulièrement bien des deux zones test, davantage sollicitées [fig. 24]. L'un des objectifs visé consistait par conséquent à déterminer si ces zones reflétaient une réalité en termes de densité de l'occupation – liée à une priorité donnée à l'exploitation des terres par exemple – ou d'un biais de la recherche.

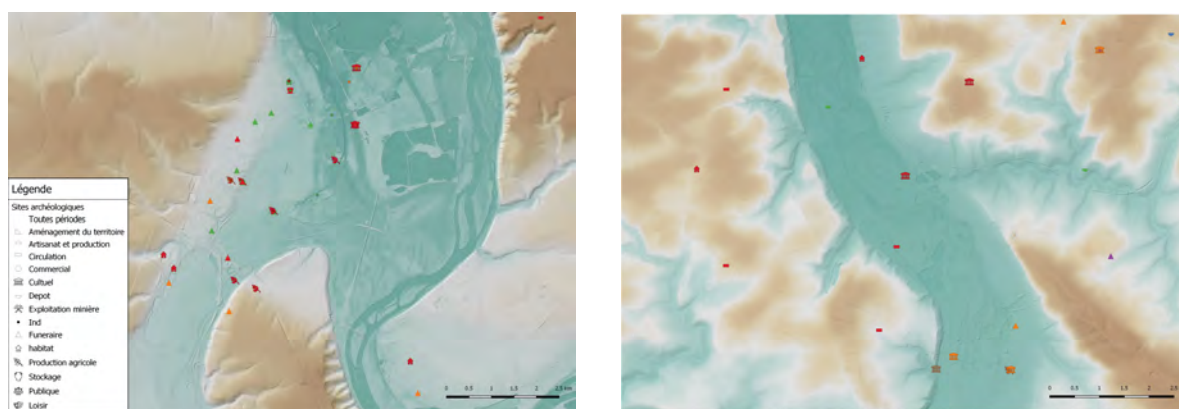
La comparaison entre les trois zones reste certes limitée et vise à être développée en fonction des résultats qui seront obtenus sur la fenêtre d'étude. La zone témoin 1 montre d'ores et déjà des dissemblances que l'on peut aisément attribuer, outre aux biais imposés par les opérations de prévention archéologiques, à la configuration topographique générale – large plaine alluviale, offrant à la fois des sols riches à exploiter et de vastes surfaces à occuper – ainsi qu'à la position géographique – à la jonction de deux voies fluviales, la Seine représentant un moteur important dans le développement des activités humaines. On notera en ce sens une concentration des sites au sein même de la vallée et autour de la terrasse ouest – à l'inverse des crêtes est –, les versants accueillant plutôt des structures funéraires à partir de l'époque médiévale [fig. 25]. L'occupation du sol ne se faisant certainement pas de la même manière à la confluence d'un fleuve comme la Seine et dans son « arrière-pays »,



23– Localisation de la zone test et des zones témoins [DAO B. Pandolfi 2019]



24– Densité de sites connus sur l'ensemble de la vallée de l'Eure [d'après B. Pandolfi 2019]



25– Comparaison entre la zone de confluence Eure/Seine et la zone d'étude, portion médiane de la vallée [DAO B. Pandolfi 2019]

la zone témoin 2, à l'inverse, offre sous plusieurs aspects des points de convergence, sur le plan géographique et géomorphologique, qui multiplient les possibilités d'implantation et d'exploitation du secteur, entre plaine alluviale (Villiers-le-Morhier), rebords de plateau (Nogent-le-Roi) et plateaux (Senantes). À topographie similaire, la position géographique intervient en faveur ou pas d'un développement des activités humaines, qui se déclinent notamment sur le plan économique et politique : elle pose en l'occurrence la question du développement des trois centres urbains en rive gauche parallèlement à la vallée de l'Eure et, consécutivement, du rôle de ce type de rivière.

La qualité inégale et discontinue des données ne permet pas néanmoins d'affirmer la réalité d'une tendance qui risque bien de s'avérer plus complexe. Le contexte de faible documentation du secteur choisi offre plusieurs pistes de réflexion notamment quant à la stratégie d'acquisition des données dans l'optique d'organiser un corpus géoarchéologique cohérent et fonctionnel.

II – La portion médiane de la vallée de l'Eure : des formes et formations quaternaires favorables à la conservation des archives paléoenvironnementales

[Théophile Piau]

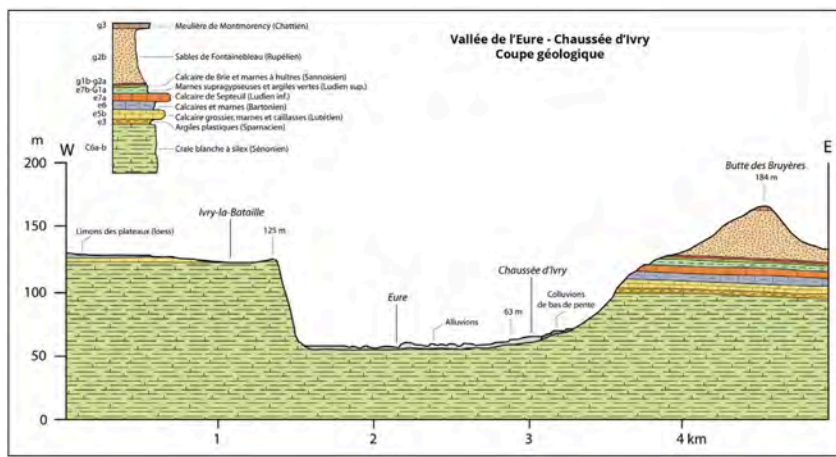
À la différence de la confluence Eure-Seine au nord du bassin-versant (boucle de Vaudreuil) ou de l'agglomération chartraine au sud, l'Eure moyenne se singularise par un maigre corpus de données archéologiques qui pose la question de la conservation et/ou de la visibilité des gisements dans le paysage et des processus géomorphologiques à l'origine de leur fossilisation (alluvionnement, colluvionnement) ou de leur démantèlement (érosion), en lien avec la taphonomie des sites. Le cadre morfo-structural du bassin-versant de l'Eure est par ailleurs 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 ils sont principalement soulignés par les dépôts variés du Tertiaire [fig. 26] [Bétard *et al.* 2021]. Ainsi, les sous-bassins de rive droite de l'Eure pourraient avoir subi des évolutions asynchrones et/ou des réponses morfo-sédimentaires différentes des sous-bassins à lithologie crayeuse de rive gauche. Cette configuration géologique amène à s'interroger sur le rôle respectif de chacun des forçages (anthropiques et climatiques), des effets des emboîtements d'échelle et de seuils sur la propagation des signaux sédimentaires, des vallons élémentaires au fond de vallée de l'Eure [fig. 27], en lien avec l'organisation spatiale des points de peuplement.

La réalisation d'une cartographie géomorphologique détaillée à l'échelle de l'Eure moyenne a eu pour objectifs :

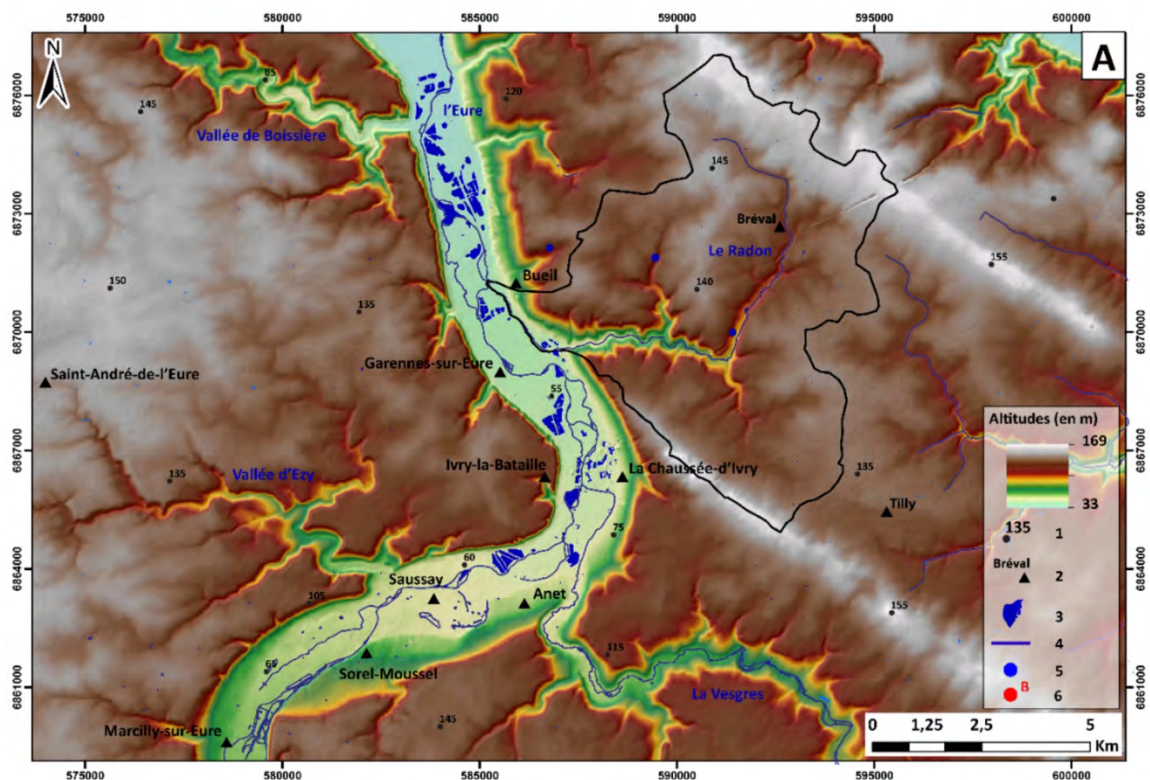
- d'identifier les secteurs favorables à l'archivage de données sédimentaires à haute résolution temporelle et les processus géomorphologiques à l'origine de leur mise en place ;
- de cibler des zones propices au piégeage d'archives paléoenvironnementales (bio-indicateurs et enregistreurs de l'évolution géomorphologique) ;

- d'évaluer la représentativité spatiale des séquences sédimentaires préservées dans le système géomorphologique ;
- de proposer une comparaison entre la répartition des gisements archéologiques et les formations superficielles quaternaires (argile à silex ; lœss ; colluvions ; alluvions).
- à terme, de guider les prospections thématiques en cours et à venir [cf. *infra*].

L'analyse diachronique et comparative de la documentation disponible (archives cartographiques et historiques, photographies aériennes, données altimétriques de l'IGN et sondages géotechniques du BRGM) a été ponctuellement complétée par l'observation d'affleurements, de coupes naturelles (Guainville) et de sondages à la tarière dans le fond de vallée. La confrontation de ces données, après leur géoréférencement et vectorisation dans un SIG [ArcMap 10.4], a contribué à :

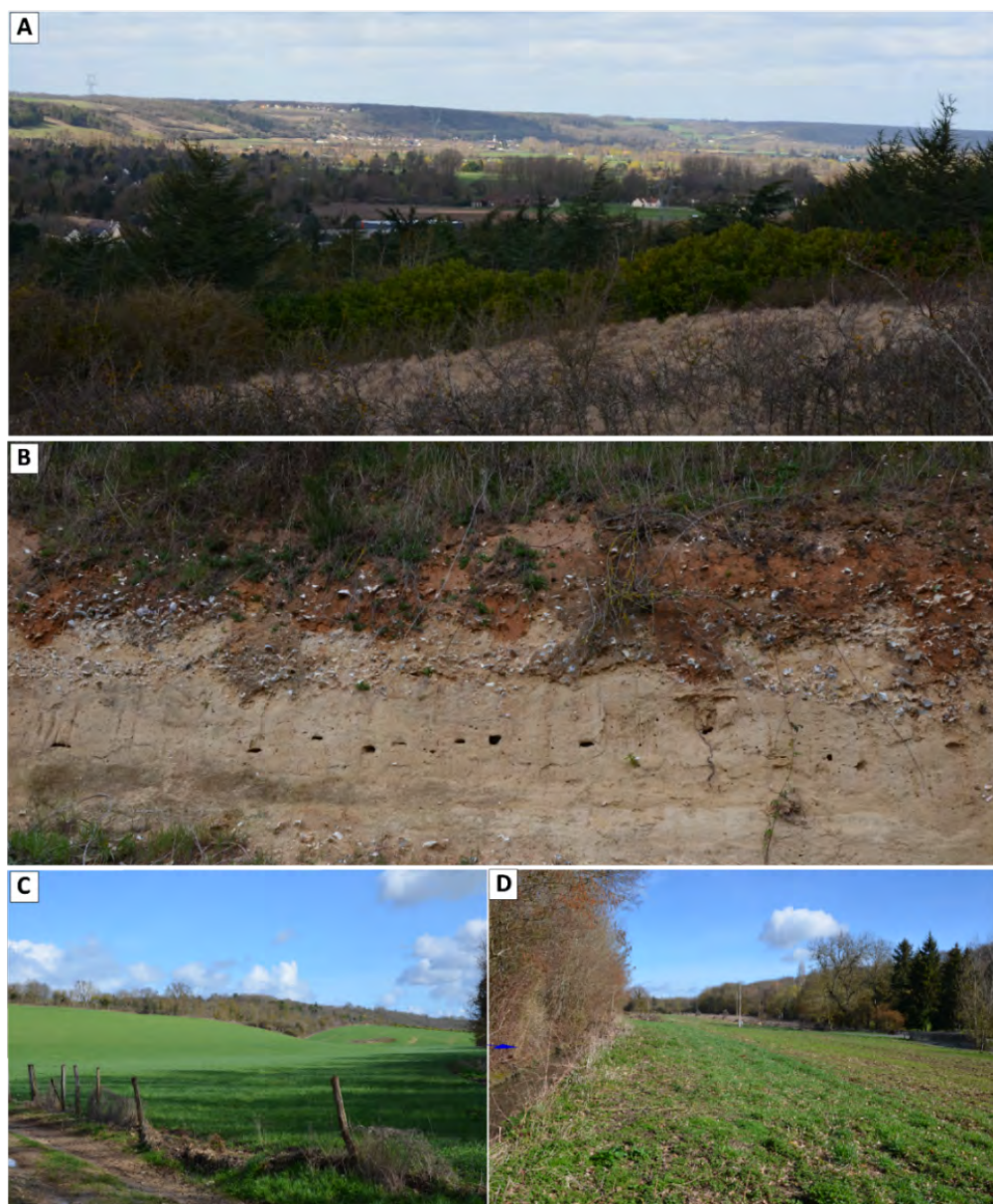


26- Coupe géologique ouest/est à travers la vallée de l'Eure à la Chaussée d'Ivry : vue d'ensemble de la stratigraphie du bassin-versant [réalisation F. Bétard 2019]



27- Contexte topographique et hydrographique de la fenêtre d'étude, centrée sur la moyenne vallée de l'Eure. Légende : 1. point coté, 2. commune, 3. ballastière, 4. cours d'eau, 5. exsurgence karstique [© T. Piau 2019]

1. poser les bases de l'évolution géomorphologique de l'Eure moyenne, nécessaires pour comprendre les grandes étapes de sa morphogenèse à différentes échelles spatio-temporelles (surfaces substructurales dominées par quelques buttes-témoins et entaillées par des vallées dissymétriques) [cf. *Infra*];
2. spatialiser finement, à l'échelle locale, les formes et formations quaternaires favorables à la conservation des archives paléoenvironnementales (nappes et terrasses alluviales, glacis colluviaux et dépôts de pente, modelés et dépôts éoliens) [fig. 28].



28– A. Vue en direction du nord-est de la vallée de l'Eure depuis le plateau en rive droite en aval de la Chaussée-d'Ivry. De part et d'autre de la vallée de l'Eure, la surface de ce plateau correspond pro-parte à une surface substructurale éocène. Ce panorama permet d'observer, au second plan, le versant crayeux de la rive gauche de l'Eure réglé par le sapement fluvial et les processus périglaciaires quaternaires. **B.** Terrasse alluviale de Guainville. Par analogie avec d'autres séquences alluviales décrites par Y. Dewolf (1970) dans la vallée de l'Eure à la même altitude (Bueil, Chaudon), cette séquence est probablement d'âge saalien. Elle est composée d'une alternance de sables fins à grossiers orangés plus ou moins limoneux ou argileux contenant des intercalations de lits subhorizontaux à galets de silex anguleux à sub-émoussés. Des dépôts tufacés sont identifiés dans le comblement d'un paléochenal dans la partie médiane de l'affleurement. La partie sommitale de la coupe est constituée d'un niveau à cailloutis de silex emballés dans une matrice argilo-sableuse ferruginisée (paléosol éémien ?) affectée par des figures de cryoturbation, fentes de gel et coins de glace, à rapporter au Weichsélien. Ce paléosol est recouvert de limons éoliens mêlés à des colluvions weichséliennes en provenance du versant. **C.** Basse vallée du Radon. Noter le faible remblaiement alluvial, le versant se raccordant directement au fond de vallée. **D.** Glacis colluvial identifié dans la moyenne vallée du Radon. Noter également le fossé de drainage agricole à l'extrémité gauche de la photographie, interrompant le glacis colluvial [© T. Piau et F. Bétard 2019]

– *Impacts des processus géomorphologiques quaternaires dans la distribution actuelle des gisements archéologiques : premiers éléments de réponse* –

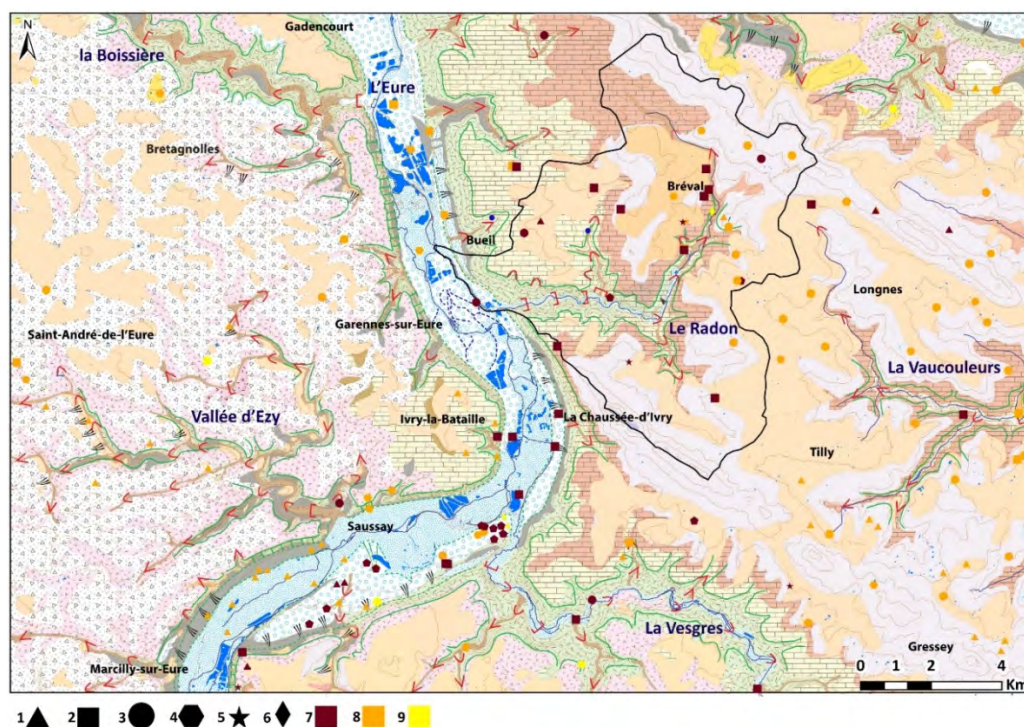
La spatialisation des formes d'érosion et des formations d'accumulation a permis de confirmer, en plus de la variable « intensité de la prospection », le rôle majeur des processus géomorphologiques (ruissellement diffus et concentré, processus gravitaire) dans la distribution actuelle des gisements archéologiques au sein de l'Eure moyenne. Les gisements identifiés dans le fond de vallée sont prioritairement implantés sur des terrasses alluviales surplombant de quelques mètres la plaine d'inondation de l'Eure. C'est le cas des enclos protohistoriques repérés en prospection aérienne dans la portion sud-est de la zone d'étude, entre Saussay et Anet. Ce replat est propice à l'implantation humaine car

1. suffisamment près de la ressource en eau pour pouvoir en bénéficier,
2. topographiquement isolé en cas d'épisodes de crue,
3. à la confluence entre les vallées de la Vesgre et de l'Eure.

À l'échelle de l'Holocène, les terrasses alluviales anciennes sont fossilisées sous d'épais dépôts colluviaux du fait d'un important colluvionnement au pied des versants crayeux (glacis colluviaux entre Bueil et Breuilpont). En rive concave, l'absence de nappe alluviale bien développée et la présence de versants abrupts, réglés par les processus périglaciaires et le sapement fluvial, a pu entraîner un démantèlement des gisements préhistoriques par migration latérale des chenaux de l'Eure. Les enceintes/enclos circulaires non datés (Protohistoire ?) repérés en rive gauche, entre Marcilly-sur-Eure et Saussay, laissent supposer une relative stabilité de ce secteur durant l'Holocène récent, le cours de l'Eure s'étant déporté d'environ 1 km en rive droite. Cette portion de la vallée est encore peu urbanisée et la prédominance des champs cultivés favorise la découverte de gisements par prospection aérienne et pedestre. Dans la plaine d'inondation de l'Eure, les vestiges connus sont rattachés à l'Antiquité et au Moyen Âge et le biais taphonomique ne semble pas impacter leur distribution. Les carrières d'extraction de granulat (ballastières entre Bueil et Breuilpont) et les potentielles phases d'alluvionnement au cours de l'Holocène récent ont néanmoins pu détruire en partie, ou masquer localement, les indices d'occupation les plus fugaces des périodes pré- et protohistoriques (structures fossoyées, restes lithiques).

En ce qui concerne les gisements repérés en contexte de plateau, ceux de rive droite sont pour la plupart mis au jour dans des secteurs où l'épaisseur de la couverture loessique est supérieure à 1 m au centre des plateaux (Bréval, Tilly, Longnes). En rebord de plateau et sur les hauts de versant où le substrat calcaire est affleurant, ils sont peu nombreux et postérieurs à l'Antiquité (Bueil, Chaussy-d'Ivry). Dans cette position topographique, les processus d'érosion et de décapage intense (ruissellement et ravinement) ont probablement participé au démantèlement des vestiges pré- et protohistoriques. En rive gauche, le corpus archéologique est très pauvre sur les plateaux crayeux nappés de manteaux d'altérites (argiles à silex) et de biefs à silex. Les gisements sont localisés à proximité des vallées sèches d'Ezy et de Boissière en tête de vallon, dans des secteurs en pente faible. Cette lacune pourrait être liée à une insuffisance des recherches (biais scientifique) et/ou à une érosion du manteau d'altérites et des limons éoliens (biais taphonomique). Enfin, les sites implantés sur les versants sont plus rares. Ils sont repérés dans des têtes de vallon à faible pente (sous-bassin du Radon et vallées d'Ezy et de Boissière). Sur les versants, qui sont des zones de transport sédimentaire dominants, caractérisés par des sols d'érosion jeunes (sols bruns lessivés tronqués), les processus de remaniement sont importants (solifluxion en contexte périglaciaire et érosion agricole durant l'Holocène) et la troncature des enregistrements archéologiques est fréquente [Borderie, Chamaux 2016]. Ainsi, l'alluvionnement et le colluvionnement ont probablement participé à l'enfouissement et à la préservation des gisements (enclos protohistoriques sur les terrasses alluviales quaternaires entre Saussay et Anet, glacis colluviaux des buttes stampiennes). *A contrario*, en rive concave, en contexte de plateau loessique ou sur les versants les plus pentus, les remaniements liés à la dynamique fluviale, au ruissellement diffus et aux pratiques agro-pastorales ont pu impacter l'intégrité des

gisements et/ou les rendre plus facilement visibles en prospection de surface. La carte archéologique actuelle de la fenêtre d'étude ne reflète donc pas l'occupation réelle de l'espace par les sociétés anciennes, intégrant ainsi un certain nombre de biais taphonomiques [fig. 29].



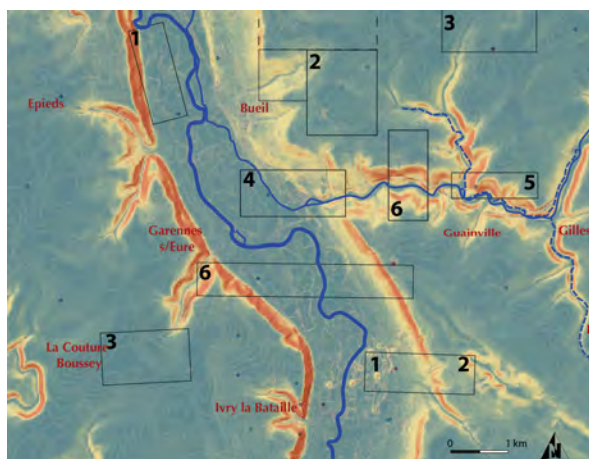
29– Comparaison entre la localisation des gisements archéologiques et celle des formations superficielles quaternaires en partie médiane de la vallée : 1. Indéterminé, 2. Moyen Âge, 3. Antiquité, 4. Protohistoire, 5. Néolithique, 6. Paléolithique. Gisement certain (7), probable (8), douteux (9) [sources : BD Alti IGN, BD Carthage, BD Archéo PCR ValEuRT. – cartographie T. Piau 2019]

III – Prospections au sol à vue et systématiques

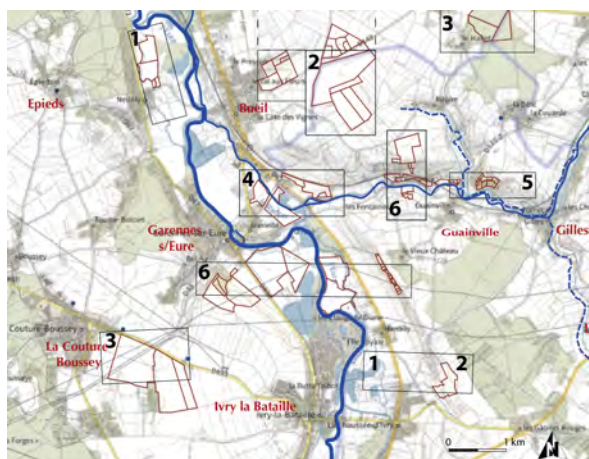
[Fabienne Dugast – avec la collaboration d’Ingrid Renault]

En vue de vérifier et compléter cette approche contextuelle préliminaire, des prospections à vue et systématiques ont été programmées entre 2019 et 2021 au sein de la fenêtre d'étude avec pour objectif principal de tester la reconnaissance au sol de la présence de gisements archéologiques. Un échantillonnage préalable de zones propices *a priori* à ce type d'opération a été établi en fonction de plusieurs logiques [fig. 30] : il a paru nécessaire en effet de prendre en compte aussi bien les caractéristiques topographiques que géologiques pour mettre en parallèle les propriétés de chaque type de sol et de relief – fond de vallée/versant/plateau, de rive gauche (La Couture Bousse) et de rive droite (Villiers-en-Désœuvre) [1, 2, 3]. Cette sélection a été étendue à l'une des vallées secondaires actives de rive droite – le sous-bassin versant du Radon, de son embouchure à sa confluence en intégrant une coupe nord/sud du vallon [4, 5]. De façon similaire, une coupe dans la largeur de la vallée de l'Eure (pente, fond de vallée, crête) a pu être identifiée au sud de Garennes [6]. L'ensemble de l'échantillonnage a été ajusté en fonction du type de parcelle (agricole) ainsi que de la présence d'indices de site – sanctuaire d'époque romaine entre Bueil et Villiers-en-Désœuvre, dans la plaine de Garennes-sur-Eure et, moins assuré, dans celle de Nantilly, nécropole ou mobilier [fig. 31].

En matière de prospection pédestre, le zonage préalable reste théorique : il constitue un appui à la réflexion et peut se voir modifié en fonction des résultats obtenus. La priorité a été donnée à la vérification au sol de la présence et de la qualité du mobilier archéologique sur des zones reconnues par prospection aérienne. Les opé-



30– Définition de zones préalables en vue d'opérations de prospection au sol, en fonction des caractéristiques topographiques et géologiques [d'après B. Pandolfi 2019]

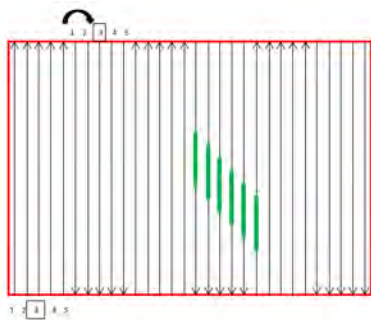


31– Ajustement des zones définies en préalable d'opérations de prospection au sol, en fonction des types de parcelles et des données archéologiques [d'après B. Pandolfi 2019]

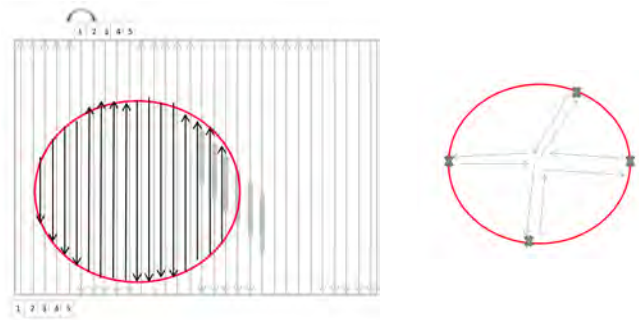
rations ont été guidées également par les contacts sur place –habitants et agriculteurs– rapportant la découverte d'artefacts (mobilier lithique ou poterie antique) ou d'observations particulières, consignées en amont et mises en parallèle avec les données disponibles, voire la toponymie. Les parcelles retenues l'ont été en fonction de leur disponibilité, la rotation des cultures étant très serrée. Enfin, divers contrôles ponctuels –prospections à vue– ont été effectués en complément : aux « Petits Guérets » sur la commune d'Épieds et à l'« Église » sur la commune de La Couture Boussey (plateau rive gauche), aux « Cotriaux » et au « Bois des Cotriaux » sur la commune de Breuilpont (bords de plateau rive droite), au Gros Murger (commune de Guainville). L'ensemble des campagnes de prospection systématique s'organise en période hivernale – de décembre à mars. Chacune se déroule sur trois à six jours consécutifs avec une équipe de 6 à 10 étudiants de Sorbonne Université et de Rouen encadrés par trois archéologues (I. Renault, J. Haquet, F. Dugast) et souvent accompagnés de 2 exploitants agricoles.

– Principes et techniques de prospection au sol systématique –

Les campagnes de prospection au sol consistent en observations à vue en milieu labouré. Les cheminements ont été définis en lignes parallèles dans le sens des labours, avec un écartement de 5 m – jugé suffisant pour le prélèvement d'un premier échantillonnage de potentialité [fig. 32]. Chaque ligne est enregistrée sur place dans un tableau sous la forme d'une Unité de prospection [UPS], son départ et son arrivée correspondant à un point



32– *Technique de prospection : cheminement parallèle à intervalle de 5 m*



33– *Technique de prospection : cheminement en étoile pour déterminer l'étendue de la concentration de mobilier*

relevé au GPS. Deux photos au moins sont prises avant la prospection, marquant l'état général de la parcelle, l'autre la nature du sol. Le ramassage se fait de façon systématique : tout objet reconnu – artefacts ou ossements – est prélevé dans des sacs inscrits au nom de la parcelle et du numéro d'UPS.

En cas de concentration de mobilier, une seconde phase est mise en place, qui consiste à définir des lignes en étoile à partir du lieu de concentration observé par l'ensemble des prospecteurs, de manière à en délimiter globalement l'étendue [fig. 33]. L'enregistrement se fait de façon similaire, sous la forme d'UPS, un point GPS relevé à chaque terme de sorte à pouvoir géolocaliser le gisement potentiel. L'ensemble est consigné sous la forme d'une fiche de renseignement avec un numéro d'enregistrement « IDGisement » correspondant à la ou les parcelles, qui est ensuite intégrée dans la base de données (sous FileMaker Pro) sous la forme d'une fiche de renseignement plus complète [fig. 34].

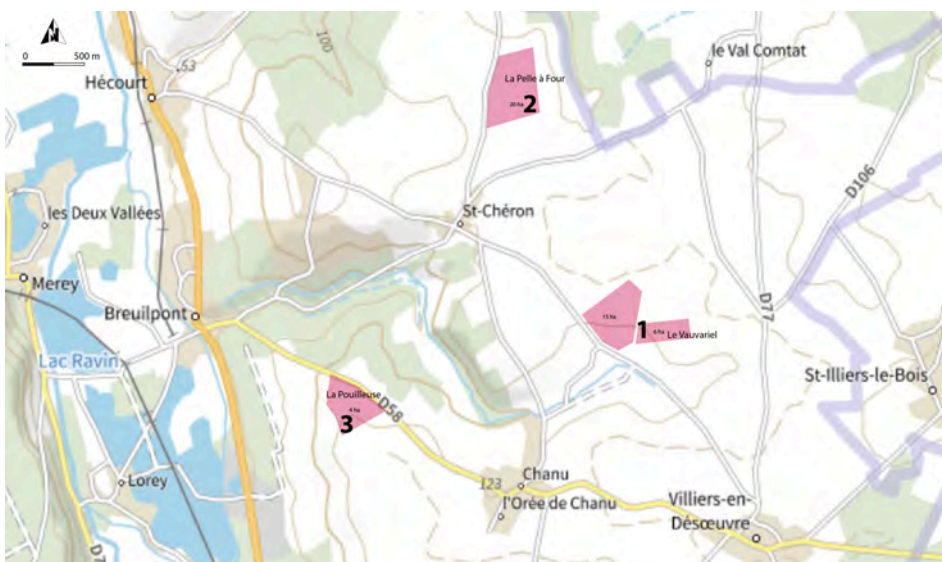
34– *Fiches de renseignement relatives aux opérations de prospections au sol [conçues sous FileMaker Pro]*

L'étude de l'ensemble du mobilier issu des ramassages de surface consiste à identifier et classer les différents types (faune, lithique, scorie, métal, matériaux de construction, poterie, verre) au sein desquels les fragments sont dénombrés de façon systématique. Elle consiste également à isoler les groupes de production céramique lorsqu'il y en a. La méthode de comptage indique le nombre de fragment ou nombre de restes (NR) et, pour la poterie, le nombre de bords, de fonds et d'anses ainsi que les types de décor ou de traitement de surface (engobe, glaçure...). Les codes d'identification et la typologie de la poterie antique utilisée se réfèrent à ceux établis par Sellès 2001 : la référence à la classification, lorsqu'elle est possible, se signale par l'entête « Ch. » (pour Chartres) suivi du numéro du type. Les inventaires ont été enregistrés dans un tableau Excel en suivant les numéros d'UPS pour une localisation globale. Les études ont été menées sous la responsabilité d'Ingrid Renault.

– Les abords de Saint-Chéron, commune de Villiers-en-Désœuvre (Eure, Normandie) –

Les prospections pédestres lancées à la fin de l'hiver 2019 font suite à des retours d'agriculteurs mentionnant des découvertes d'artefacts sur certaines de leurs parcelles, hors du zonage préalable, sur les communes de Villiers-en-Désœuvre, de Breuilpont et de Gilles. Il s'agit pour la plupart de mobilier lithique et de poterie antique (Grez, Gilles), mais également d'observations (Saint-Chéron, Breuilpont). L'objectif des opérations de prospection a par conséquent été de vérifier et d'évaluer le potentiel archéologique des parcelles mentionnées par leurs propriétaires respectifs en adaptant les techniques envisagées.

Les parcelles ont été mises à disposition et préparées par les exploitants agricoles : elles concernent, au hameau de Grez (commune de Villiers-en-Désœuvre) [1], une bande au centre du « Vauvariel », à Saint-Chéron la « Pelle à Four » [2], à Breuilpont une parcelle au nord et en contrebas de la « Pouilleuse » [3] [fig. 35]. La visibilité était très moyenne en raison des conditions météorologiques peu propices : bien que préparés, les sols, très argileux, n'ont en effet pas été lavés par la pluie, ne permettant pas de distinguer entre amas de terre et artefacts, accentué par le manque de luminosité par temps gris. Les conditions météorologiques au moment de la disponibilité des parcelles n'ont pas permis de mener une étude satisfaisante sur celle, prévue, du « Bois de Gilles » (commune de Gilles) [4] [fig. 36].



35– Localisation des secteurs concernés par les prospections menées en fin d'hiver 2019 autour de Saint-Chéron : 1. hameau de Grez (Villiers-en-Désœuvre), 2. la Pelle à Four (Saint-Chéron), 3. la Pouilleuse (Breuilpont) [fond : carte-IGN 2019 et BD parcellaire 2018]



36– Localisation des secteurs concernés par les prospections menées en fin d'hiver 2019 à l'est de la commune de Gilles : 4. Les Rollins ; 5. les Ventes [fond : carte-IGN 2019 et BD parcellaire 2018]

Le mobilier issu des ramassages de surface a été étudié essentiellement en vue d'établir le potentiel archéologique des secteurs prospectés et, subsidiairement, en fonction des résultats, une fourchette chronologique de l'occupation de sites repérés.

1- « Le Vauvariel », hameau de Grez [ZC 32] (commune de Villiers-en-Désœuvre)

Les parcelles du Vauvariel se situent en face et au nord-est de la ferme de Grez, au nord-ouest de Villiers-en-Désœuvre, entre les Fontaines à l'est et le Gros Buisson à l'ouest. Dans ce secteur, le propriétaire a pu ramasser une hache taillée [fig. 37] ainsi que le buste d'une figurine de terre cuite rouge représentant un jeune garçon relevant sa tunique [fig. 38]. Acéphale et brisée au-dessous des genoux, cette dernière peut être aisément datée du I^{er}, voire du II^e siècle de notre ère. Enfin, Léon Coutil fait mention d'une nécropole mérovingienne « au hameau de Grez » et d'une « fibule ansée » qui y aurait été recueillie, conservée dans la « collection Barbier » [Coutil 1921 : 308]. Le nom de Vauvariel quant à lui ferait référence à un patronyme.



37- Hache taillée en silex tertiaire, parcelles du Vauvariel, hameau de Grez (commune de Villiers-en-Désœuvre) [photo F. Dugast 2019]



38- Figurine de terre cuite représentant un jeune garçon relevant sa tunique, parcelles du Vauvariel, hameau de Grez (commune de Villiers-en-Désœuvre) [photo F. Dugast 2019]

La parcelle prospectée s'étend d'est en ouest sur environ 400 m et une largeur de 150 m [cadastrée ZC 32] (X 1.477472 | Y 48.962140, alt. moyenne 124 m). Elle compte un peu moins de 6 ha avec un pendage NE/SW. La nature du terrain est limoneux-argileuse avec des inclusions de calcaire et de silex.

La parcelle a été prospectée dans son intégralité d'est en ouest, comptant 28 UPS. Après un labour léger, le sol a été hersé, laissant une visibilité très moyenne qui a livré moins de 200 fragments, dont une majorité de *tegulae* d'époque médiévale à moderne. La poterie est essentiellement de même époque, en-dehors de 3 tessons de commune claire et d'un en commune sombre (fin II^e siècle). Quelques fragments de silex paraissent avoir été taillés. Aucune concentration de mobilier n'a pu être véritablement observée.

Type de matériaux	Production	NR	Bords	Forme	Décor
LITHIQUE	silex	16			
	silex taillé ?	6			
METAL	fer	5		plaque	
		2		tige	
ARCHI	moellon	1			
	brique	5			
	ardoise	13			
TCA	MED	100			
	MOD	1			
	mécanique	14			
CCC	pâte rosée	2			
	pâte beige	1			engobe rouge
CSB	pâte sombre	1			

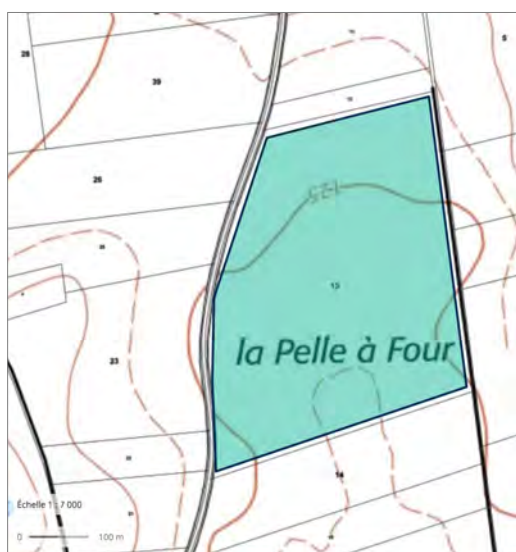
Type de matériaux	Production	NR	Bords	Forme	Décor
CMED	pâte rosée	3			
CMOD		6			
	faïence pâte beige	1			
GRES		2			
	Beauvaisis	1			
VERRE		6			
Total NR		186	–		

CCC : commune claire ; CSB : commune sombre non lustrée ;
 CMED : céramique médiévale ; CMOD : céramique moderne

2- « La Pelle à Four », hameau de Saint-Chéron [ZA 13] (commune de Breuilpont)

La Pelle à four se situe immédiatement au nord du hameau de Saint-Chéron (commune de Breuilpont), entre le Val Comtat à l'est, une ancienne mare à l'ouest et le Bois Panneton au nord. Dans ce secteur, le propriétaire a rapporté le ramassage de mobilier lithique, dont un nucléus à grandes lames [fig. 39]. Il était par ailleurs intrigué par une zone faisant ressortir en nombre des scories de fer. Le toponyme de « Pelle à four » pourrait l'expliquer en partie si on imagine qu'il fait référence à la présence d'un four ou fourneau, ou encore de ces résidus. Le terme « pelle » – de « palette », « endroit plat » ? – renverrait en revanche à la topographie qui présente un large replat dans sa portion sud [fig. 40]. Une étude préliminaire a permis de repérer sur les photos satellites une surface relativement sombre dans la partie ouest médiane [fig. 41].

39– Nucléus à grandes lames en silex tertiaire. Lames débitées par percussion indirecte, datable de la fin du Néolithique ancien, de la culture du VSG (4900 avant notre ère) [identification M.-Fr. Creusillet, Inrap], parcelle de la Pelle à Four (commune de Breuilpont) [photo P. Gégou 2020]



40– Position topographique de la parcelle de la Pelle à Four, commune de Breuilpont [source : extrait de la carte topographique IGN 2019]



41– Parcelle de la Pelle à Four, commune de Breuilpont, vue satellitaire montrant une zone sombre dans sa portion sud-ouest [source CNES 2020 – Airbus, Maxar Technologies]

La parcelle prospectée longe la rue des Coudrettes en direction de Saint-Chéron sur près de 600 m N/S et part en direction du Val Comtat sur environ 400 m [cadastrée ZA 13] (X 1.461224 | Y 48.978971, alt. moyenne 126 m). Elle compte un peu plus de 20 ha avec un léger pendage S/N dans sa partie médiane. La nature du terrain est limoneux-argileuse avec un nombre important d'inclusions de silex.

La parcelle a été parcourue dans son intégralité d'est en ouest, comptant 80 UPS. Le sol était labouré et non hersé, mais l'absence de pluie a laissé une visibilité très moyenne qui a livré près de 600 fragments, dont une majorité de *tegulae* d'époque médiévale à moderne. La poterie est essentiellement de même époque, en-dehors de quelques tessons de commune claire, commune sombre et sigillée (fin II^e siècle). Au point GPS X 1.463200 | Y 48.979145 ont été recueillis un fragment de percuteur ainsi que, plus épars, quelques fragments de silex paraissant avoir été taillés. Des scories et des coulées de fer brute ressortent à mi-parcours des premières UPS, correspondant à la portion la plus au sud et la plus élevée de la parcelle (X 1.461282 | Y 48.977076, alt. 127 m). Elles s'étendent sur une bande de plus d'une centaine de mètres de direction SE/ NW et s'accumulent en bordure ouest de la parcelle sur une surface d'environ 70 m de diamètre (X 1.459737 | Y 48.978598, alt. 125,8 m) correspondant à la tâche sombre des photos satellitaires [fig. 41].

Type de matériaux	Production	NR	Bords	Forme	Décor	Typologie
FAUNE	os	1				
LITHIQUE	silex	19				
	percuteur	1				
SCORIE	fer	280				
METAL	fer	8		clou		
		7		plaque		
		3		tige		
		1		aiguille		
		1		cuillère		
		7		(tracteur)		
		1		boucle		
		1		pince		
ARCHI	moellon	2				
	moellon calcaire	1				
	ardoise	20				
	carreau	2				
TCA	MED	42				
	pâte rosée	1				
	MED/MOD	11				
	mécanique	17				
AMPR	pâte calcaire	1				
CCC		1				
SIG	pâte jaune Gaule S	1				
CSB	pâte sombre	1	1	gobelet		Ch.2103
		1	1	pot		Ch.1324
CMED	pâte rosée / rouge	6				
	pâte claire	2	1		glaçure jaune	
CMOD		31	6			
	pâte claire	2				tripode
	pâte jaune	1			décor ondé	
	pâte rosée	57	8	1 bouton	glaçures	
	faïence	4				
CMOD/CONT	porcelaine	6				
CIND	bleue	2				
GRES		2				
	Beauvaisis	4				

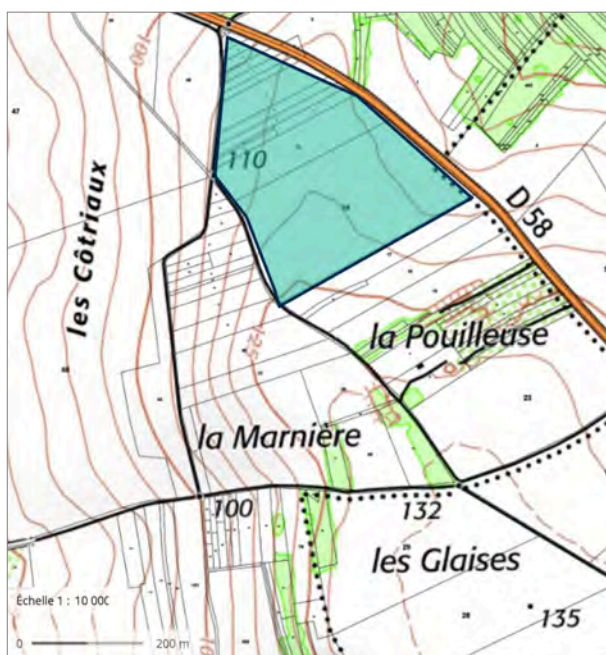
GRES	Normandie	2			
VERRE		37			2 verres blanc
DIVERS	fossile	1			
Total NR		591	17		

AMPR : amphore régionale ; CCC : commune claire ; SIG : sigillée ; CSB : commune sombre brute non lustrée ; CMED : céramique médiévale ; CMOD : céramique moderne ; CIND : céramique indéterminée

3- « La Pouilleuse » [ZC 63, 3 à 19 et 64] (commune de Breuilpont)

La Pouilleuse se situe entre la commune de Breuilpont à l'ouest et le hameau de Chanu (commune de Villiers-en-Désœuvre) à l'est. Elle s'inscrit entre des parcelles boisées au nord et nord-ouest – Haut-Bois, Bois des Côtiaux –, les côtes de la vallée de Chanu à l'est et des parcelles pierreuses au sud-est – aux noms caractéristiques de la Pouilleuse, la Marnière et les Glaises. Dans ce secteur, le propriétaire s'interrogeait sur la présence de silex qui lui semblaient taillés.

La parcelle, de forme oblongue, longe au sud-ouest sur près de 700 m la D58 qui relie Breuilpont à Chanu et s'étend vers l'ouest en direction de la Marnière sur environ 300 m [cadastrée section ZC, 63, 3 à 19 et 64] (X 1.444454 | Y 48.956364, alt. moyenne 118 m). Elle compte un peu plus de 20 ha avec un pendage assez fort S/N [fig. 42]. La nature du terrain est limoneux-argileuse avec une part importante d'inclusions de silex, typique des sols d'argile à silex [fig. 43].



42- Position topographique de la parcelle de la Pouilleuse, commune de Breuilpont [source : extrait de la carte topographique IGN 2019]

43- Parcelle de la Pouilleuse, commune de Breuilpont, vue générale du SE et détail [photos F. Dugast 2019]



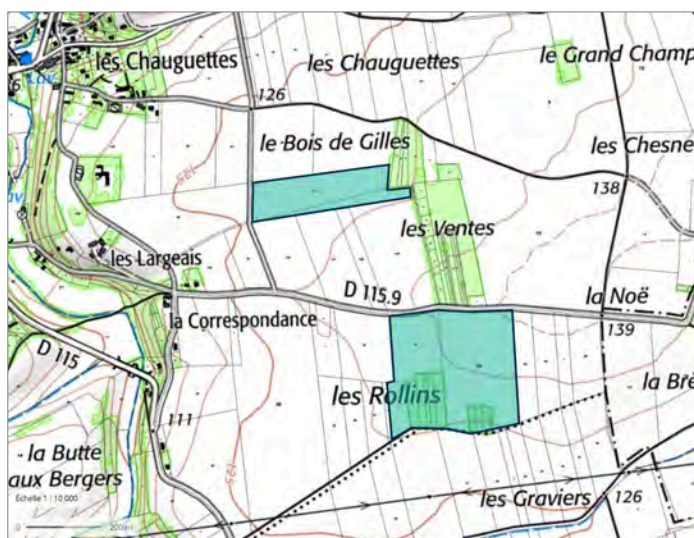
La parcelle a été parcourue dans son intégralité du nord au sud, comptant 73 UPS. Le sol était labouré et non hersé, mais l'abondance de la pluie a laissé une visibilité très moyenne qui a livré moins de 200 fragments, dont une majorité de *tegulae*. La poterie est essentiellement d'époque médiévale à moderne, en-dehors de quelques tessons de commune claire, commune sombre et un de Terra Nigra (fin 1^{er} siècle), mais aucune concentration n'a été détectée. Le ramassage de surface ne fait état d'aucun silex taillé.

Type de matériaux	Production	NR	Bords	Forme	Décor
FAUNE		15			
LITHIQUE	silex	2			
SCORIE	fer	2			
METAL	fer	9			
ARCHI	moellons	14			
	ardoise	2			
TCA		71	1		
CCC		12	2		1
TN		1	1		
CSB		1		1 fond	
CMED		5	2	1 fond	
		17	1	1 fond	glaçures
CMOD		2			
	1 brune	3	1		glaçures
CCONT		1			
CIND		7			
VERRE		17	1	1 fond	
DIVERS	résidu d'émail	1			
	Total NR	182	9		

CCC : commune claire ; TN : Terra Nigra ; CSB : commune sombre brute non lustrée ; CMED : céramique médiévale ; CMOD : céramique moderne ; CIND : céramique indéterminée

4- « Les Rollins » [ZA 46, 48] (commune de Gilles)

Les Rollins se situent sur la commune de Gilles dans sa partie orientale, à l'est de la Forêt de Guainville et en limite nord de la commune du Mesnil-Simon. Ils s'inscrivent entre des parcelles boisées au sud – caractérisée par la présence de grands blocs de grès – et au nord, à l'opposé de la D115.9, dite Les Ventes. Dans ce secteur, le propriétaire avaient fait état de la présence de nombreux tessons de poterie dont de la sigillée (identifiée par I. Renault) ainsi que du mobilier lithique.



44- Position topographique des parcelles prospectées des Rollins, commune de Gilles [source : extrait de la carte topographique IGN 2019]

Les parcelles prospectées forment une surface quadrangulaire longeant au nord, sur plus de 300 m, la D115.9 qui relie Breuilpont à la D928 (Anet/Mantes-la-Jolie) et s'étendent vers le sud en direction des Graviers sur environ 300 m [cadastrée section ZA, 46, 48] (X 1.543546 | Y 48.908567, alt. moyenne 132 m). Elles comptent ensemble un peu moins de 10 ha avec un pendage assez fort NW/SE [fig. 44]. La nature du terrain est limoneux-argileuse avec une part importante de grès.

Les deux parcelles des Rollins ont été parcourues dans leur intégralité du nord au sud, comptant 60 UPS. Le sol était labouré et non hersé, mais l'abondance de la pluie a laissé une visibilité très moyenne qui a livré à peine plus de 120 fragments, dont une majorité de *tegulae*. La poterie est essentiellement d'époque médiévale avec quelques tessons modernes. La poterie commune claire et sombre reste peu représentée et aucune concentration n'a été détectée. Le ramassage de surface ne fait état d'aucun silex taillé.

Type de matériaux	Production	NR	Bords	Forme	Décor
SCORIE	fer	2			
METAL	fer	1			
TCA	pâte très claire	12			
	pâte rosée	50			
	moderne	4			
CCC		7	1	1 fond	
CSB		2	2		
MOR		1			
CMED		8	3		
	glaçurée	20	3	2 fonds	
CMOD	glaçurée	8	3		
CIND		1	1		
VERRE		10	1	1 fond	
Total NR		126	14		

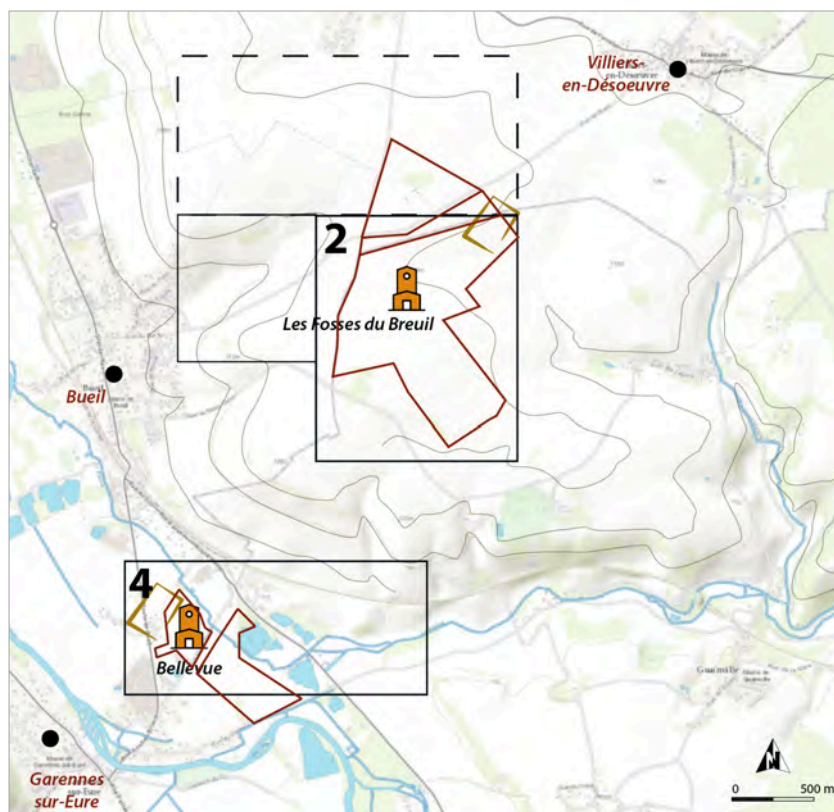
CCC : commune claire ; CSB : commune sombre brute non lustrée ; MOR : mortier
CMED : céramique médiévale ; CMOD : céramique moderne ; CIND : céramique indéterminée

Une parcelle oblongue située 250 m plus au nord, orientée E/W et légèrement en contrebas [5], a également pu être examinée [cadastrée section ZA, 24 et 119] (X 1.527905 | Y 48.911597, alt. moyenne 127 m). Les conditions climatiques n'ont toutefois pas permis d'assurer l'opération dans son intégralité. En est ressortie toutefois la présence de mobilier lithique dans sa partie nord-est et de sigillée dans sa partie sud-est (très fragmentaire). Le bois qui s'étend perpendiculairement à l'est (Les Ventes) livre sur près de 6 ha d'importantes variations micro-topographiques qu'il serait sans doute intéressant de pouvoir relever.

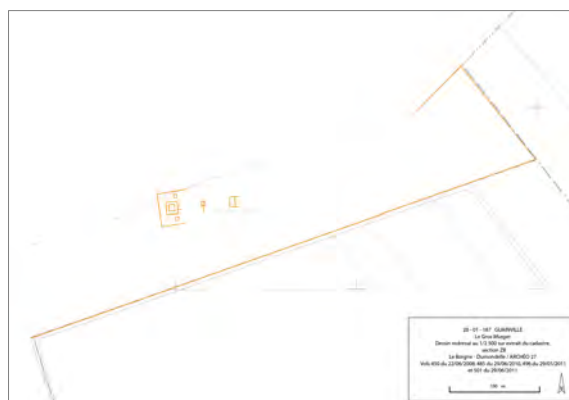
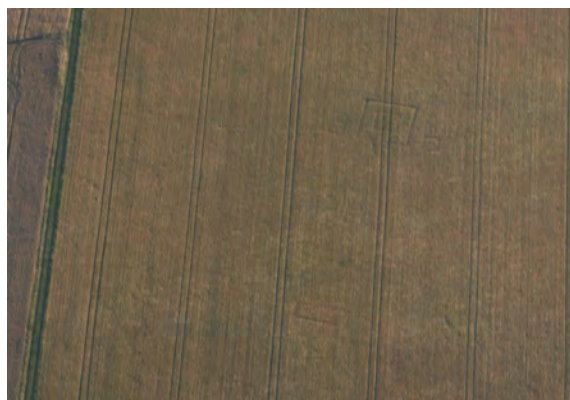
– Le contexte archéologique des sanctuaires antiques de Guainville et de Garennes-sur-Eure (limite Eure /Eure-et-Loir) –

Dans le cadre du zonage des potentialités archéologiques, deux secteurs de rive droite ont tout particulièrement retenu l'attention : l'un en contexte de plateau, à l'ouest de Villiers-en-Désœuvre [2], l'autre en contexte de plaine alluviale, à la confluence Eure/Radon [4]. Des prospections aériennes menées par l'association Archéo27 y ont permis de repérer de manière précise deux sanctuaires d'époque romaine : le premier sur la commune de Guainville, au lieu-dit « Les Fosses du Breuil » (2011) – parcelle cadastrée ZB 18, accessible par la D148 –, le second sur la commune de Garennes-sur-Eure au lieu-dit « Bellevue » (décembre 2009) – parcelles de part et d'autre de la voie communale cadastrées A 290 et A 114 [fig. 45]. L'édifice principal de chacun des deux sanctuaires adopte un plan rectangulaire, proche du carré, entouré d'une galerie périphérique de même plan, caractéristique du type *fanum*. Une partie du périmètre circonscrivant chacun des temples est également perceptible [fig. 46-47]. Y ont été également repérés à proximité des enclos de type indéterminé.

45- Localisation des deux sanctuaires d'époque antique reconnus par Archéo27 : Les Fosses du Breuil sur le plateau et Bellevue dans la plaine alluviale [fond : Esri World Topographic Map 2021]



46- Le sanctuaire des Fosses du Breuil (Guainville) repéré par photographie aérienne et tracés des indices repérés [© Archéo27 2011]



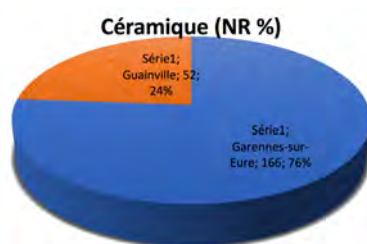
47- Le sanctuaire de Bellevue (Garennes-sur-Eure) repéré par photographie aérienne et tracés des indices repérés [© Archéo27 2021]



Des ramassages de surface ciblés ont été menés sur les parcelles concernées à la suite de chacun des survols effectués par Archéo27 entre 2009-2011 à des fins de vérification. Entre 2018 et 2022, différentes prospections à vue, non systématiques et sans ramassage, sur la parcelle des Fosses du Breuil, ont permis de localiser une concentration de mobilier, constitué essentiellement de fragments de *tegulae* et de mortier de chaux, sur une zone de moins de 1 ha, s'étendant vers l'est à partir du point GPS X 1.465204 | Y 48.934550 (alt. 136 m) et correspondant approximativement à la position du temple. En 2019, profitant des opérations de prospection géophysique et de sondages sédimentaires sur l'une des parcelles de Bellevue, une prospection à vue sans ramassage a également permis de localiser une concentration de fragments de *tegulae* sur une zone d'à peine plus de 3 000 m², s'étendant de la route communale (point GPS X 1.449384 | Y 48.917201, en face de la zone du sanctuaire repéré par photographie aérienne) vers l'est (à noter que la parcelle nord n'a jamais pu être prospectée au sol). Au-delà de ces zones, le mobilier apparaît très épars, voire absent.

Le mobilier recueilli est issu des ramassages de surface ciblés. Il a été étudié par I. Renault en vue d'établir d'une part une fourchette chronologique de l'occupation, d'autre part l'appartenance culturelle de chacun des sites.

Les tessons de poterie sont plus ou moins bien conservés : ils peuvent être très fragmentés et roulés. En-dehors de quelques fragments médiévaux (17) et moderne (5) qui représentent 10% du total, le mobilier s'avère presque exclusivement daté de la période romaine. Les formes sont assez nombreuses : elles représentent environ 26% du total [fig. 48]. Quinze éléments de forme intéressants ont été dessinés. Un numéro d'isolation leur a été attribué permettant d'établir un lien entre la base de données, les dessins et le texte.



48– Comparaison des lots des deux sanctuaires [I. Renault 2012]

1– Étude du mobilier du sanctuaire des Fosses du Breuil (commune de Guainville)

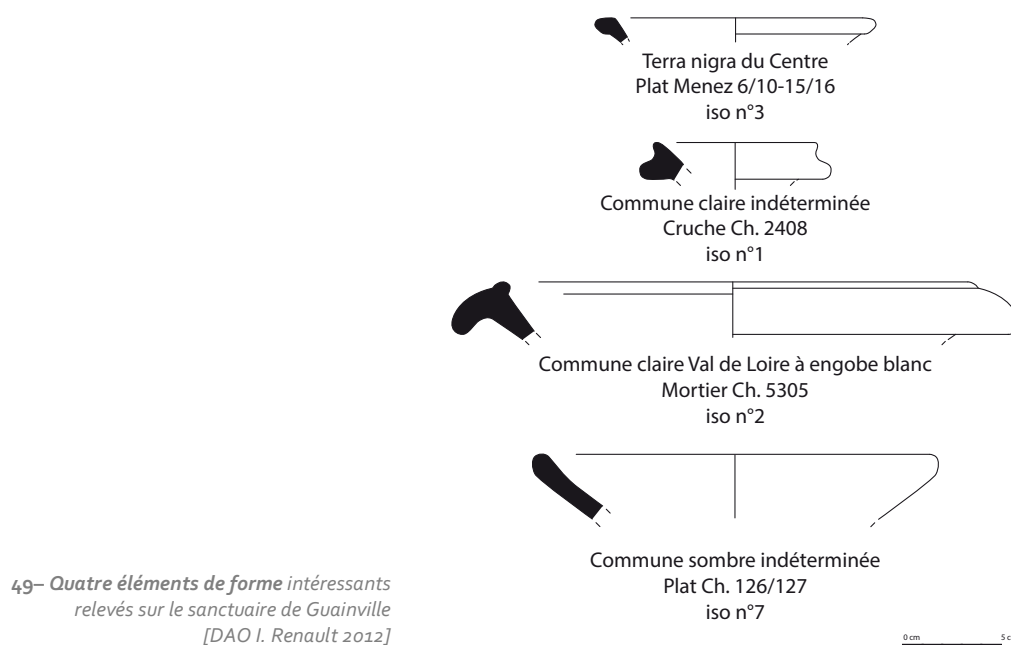
Le ramassage de surface sur la parcelle des Fosses du Breuil a été effectué par Jean-Noël Le Borgne, Guy Dumondelle, Michel Douard et Pierre Gégou, exploitant agricole. Le lot de poteries recueilli est peu important puisque composé de seulement 52 fragments, dont 8 bords.

CAT	Production	Nb	NR
TN	Centre	1	4
SIG	Sud Gaule	0	1
SIG	Centre Gaule	1	2
AMP	Italique	0	3
AMP	Indéterminée	0	1
AMR	pâte beige cœur rosé	1	1
AMR	VDL à engobe blanc	1	2
CC	Indéterminée	0	2
CC	pâte calcaire orange	0	1
CC	VDL	0	3
CC	pâte rouge stampienne à engobe blanc	0	2
CC	pâte rouge stampienne	0	2
CC	pâte rosée stampienne à engobe blanc	0	4
CC	pâte micacée	0	1
CS	NPR	0	2
CS/CSL	Indéterminée	4	21
Total		8	52

Le mobilier indique une datation entre le milieu du I^{er} siècle et le III^e siècle de notre ère.

La poterie du I^{er} siècle est représentée par quelques éléments de *terra nigra* du Centre dont un plat Menez 6/10-15/16. Cette forme possède une lèvre évasée plate, à parement oblique avec une paroi évasée concave. Elle est issue de contextes de la période tibéro-trajane à Chartres [fig. 49 : iso 3]. La céramique fine est aussi figurée par de la sigillée de Gaule du Sud et par de la sigillée de Gaule du Centre (un bord de plat Drag. 15/17 et un fragment de coupelle Drag. 24/25). On note dans la céramique commune quelques tessons de production ligérienne avec ou sans engobe blanc ainsi que deux fragments de NPR (noire à pâte rouge).

La période des II^e et III^e siècles semble mieux représentée, notamment avec un bord de cruche Ch. 2408 [fig. 49 : iso 1] à lèvre évasée, parement en poulie à base dégagée (III^e siècle), et un bord de mortier Ch. 5305 à paroi épaisse et concave avec un petit bourrelet terminal à l'ouverture. La collerette est tombante, courbe et épaisse. Cette forme est datée entre le I^{er} et le III^e siècle [fig. 49 : iso 2]. Parmi les tessons de céramique commune sombre, on note deux bords de coupe Ch. 821 avec une lèvre continue à terminaison arrondie et paroi concave, datés entre la deuxième moitié du II^e siècle et le III^e siècle, ainsi que deux bords de plats Ch. 126 [fig. 49 : iso 7] à lèvre continue épaisse et paroi faiblement évasée, datés du III^e siècle. Quatre fragments d'amphore importée ont été récoltés, dont trois panses d'amphore italique.



Quatre fragments de poterie médiévale ont également été ramassés. Ces derniers ne peuvent toutefois pas attester d'une occupation à cette période. Aucun élément du IV^e siècle n'a été retrouvé.

Parmi le mobilier architectural étudié, on observe, outre des *tegulae*, deux fragments de placage et un de torchis. A noter quelques éléments de production non stampiennes (production non chartraine) identifiés sans pouvoir être attribués à un secteur défini de production du département de l'Eure-et-Loir ou de l'Eure (travail en cours avec les céramologues de l'Eure).

2– Étude du mobilier du sanctuaire de Bellevue (commune de Garennes-sur-Eure)

Le ramassage de surface sur les deux parcelles de Bellevue à Garennes-sur-Eure a été effectué par Jean-Noël et Véronique Le Borgne, Guy Dumondelle et Michel Douard. Le mobilier récolté est assez important et compte 166 fragments dont 50 bords.

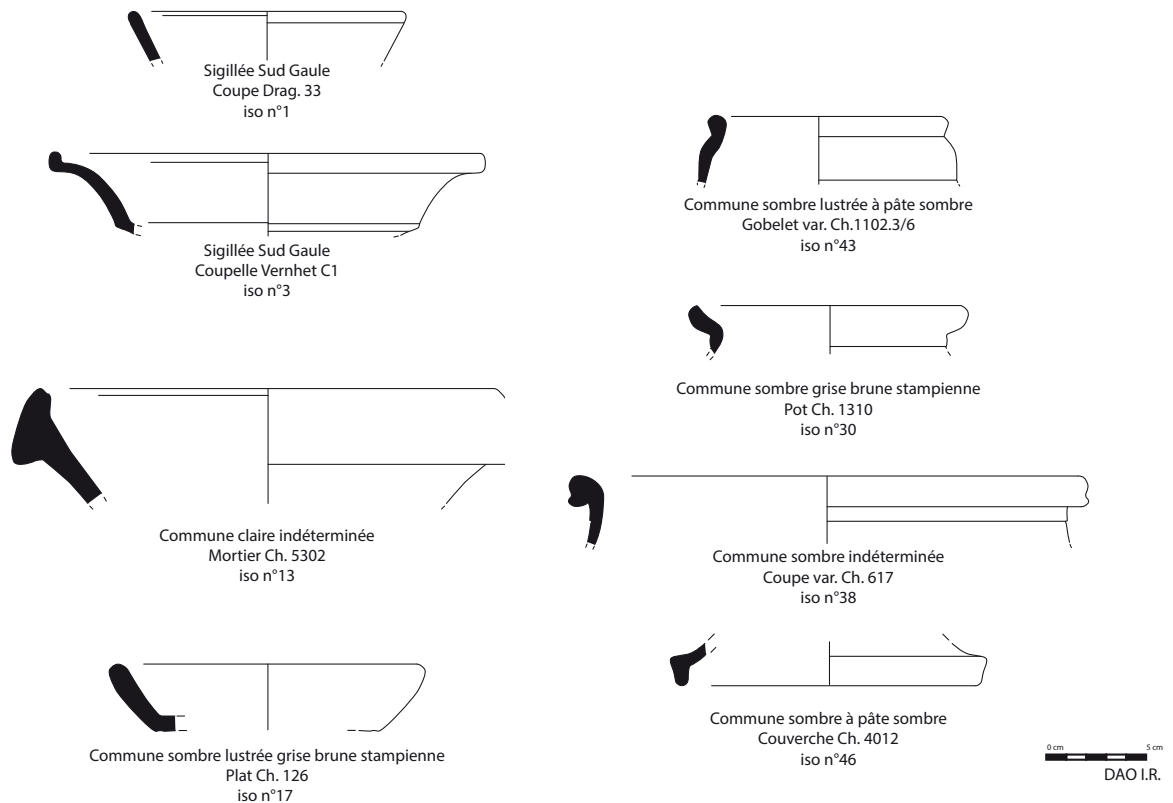
CAT	Production	Nb	NR
SIG	Imitation	1	2
SIG	Indéterminée	2	3
SIG	Argonne	0	3
SIG	Centre Gaule	2	7
SIG	Sud Gaule	4	6
FINE	Indéterminée	0	1
TN	Centre	1	1
AMP	Indéterminée	0	1
CC	Indéterminée	1	3
CC	pâte calcaire	0	4
CC	pâte claire	2	2
CC	pâte rosée indéterminée	0	4
CC	VDL	0	1
CC	VDL à engobe blanc	0	1
CS/CSL	Indéterminée	9	40
CS/CSL	pâte sombre	14	35
CS	VDL	0	1
CS/CSL	Grise brune stampienne	14	51
Total		50	166

Ce lot indique une occupation entre la deuxième moitié du I^{er} siècle (sigillée sud Ritt.12, TN Centre, céramique ligérienne) au IV^e siècle avec de très nombreux indices des II^e et III^e siècles.

La céramique fine est représentée principalement par de la sigillée. On retrouve quelques fragments de sigillée de Gaule du Sud dont un bord de coupe Drag. 33, deux coupelles Vernhet C1 et une coupe à collerette Ritt.12. La sigillée de Gaule du Centre est représentée par quelques fragments dont deux bords de Ch. 504 à lèvre ronde externe. La sigillée du Bas-Empire est aussi attestée par quelques fragments de sigillée d'Argonne parmi lesquels on compte un mortier Drag. 45. On pourrait également y adjoindre des fragments d'imitation de sigillée en pâte stampienne blanchâtre, dont une panse décorée de coupe Chenet 320. Le reste de la céramique sigillée est de production indéterminée. Seulement un décor de Chenet 323a (Jaulges et Villiers-Vineux ?) peut être reconnu. Le reste de la céramique fine est figurée par un tesson de pâte fine indéterminée et un bord de coupe en *terra nigra* indéterminée.

La céramique commune claire est peu nombreuse (16 NR ; 3 Nb). Aucune pâte stampienne n'a pu être identifiée. Dans le lot, on retrouve deux fragments de céramique ligérienne avec et sans engobe, quatre tessons de pâte calcaire (dont peut-être un tesson de production normande). Les formes sont essentiellement des mortiers Ch. 5302 à lèvre en collerette verticale tombante et double ressaut, datés entre la fin du II^e et le III^e siècle.

La céramique commune sombre est largement majoritaire (126 NR ; 37 Nb). Elle est composée de trois types de production [fig. 50]. La CCS indéterminée brute ou non est représentée par deux bords (une coupe Ch. 821 à lèvre continue à terminaison arrondie et paroi concave, datée entre la deuxième moitié du II^e siècle et le III^e siècle et un pot Ch. 1324 avec une lèvre ronde externe). La CCS grise brune stampienne compte plusieurs plats Ch. 126 qui se caractérisent par une lèvre continue épaisse et une paroi faiblement évasée, datés du III^e siècle, des coupes Ch. 821, un pot de type Ch. 1324 et un pot Ch. 1310 à lèvre évasée creuse et parement à base en corniche, daté de la fin du II^e-milieu III^e siècle. La dernière production est une pâte sombre avec des inclusions sableuses hétérogènes parmi laquelle se remarquent plusieurs bords de plat Ch. 126, des jattes Ch. 644 à lèvre épaisse externe ronde, datées entre le I^{er} et le III^e siècle, des coupes de type Ch. 820 à lèvre évasée tombante à renflement interne, parement triangulaire, mais aussi une coupe Ch. 821 et une coupe Ch. 617 à lèvre évasée plate, paroi supérieure verticale, datées du début du II^e siècle. On retrouve également un couvercle Ch. 4012 à lèvre verticale et terminaison arrondie, daté de la période flavienne, et un manche latéral tourné d'un poêlon Ch. 451, daté du III^e siècle. Parmi les formes fermées ont été identifiés des pots de type Ch. 1302 à lèvre épaisse évasée creuse, à parement convexe, à col resserré concave limité par un ressaut, datés du II^e siècle et un pot Ch. 1324, ainsi que



50– Huit éléments de forme intéressants relevés sur le sanctuaire de Guainville [DAO I. Renault 2012]

des gobelets Ch. 1104 à lèvre courte évasée et à ouverture convexe, datés entre le II^e siècle et le début du III^e siècle, enfin, un gobelet Ch. 1102 à lèvre évasée ronde et renflement interne, daté entre le I^{er} et le III^e siècle. Plusieurs bords trop petits n'ont pu être identifiés. À noter la présence d'une amphore importée indéterminée (peut-être italique).

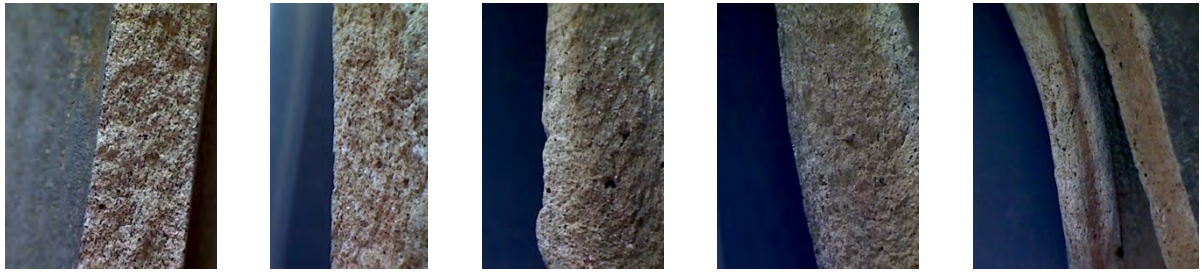
Dans le lot, se retrouvent aussi quelques fragments de céramique médiévale et moderne (18 fragments) qui n'attestent pas de la continuité de l'occupation du site à la période post-romaine.

Les éléments architecturaux concernent des moellons, des éléments de placage en marbre (?) et en calcaire (?), ainsi que des tuiles gallo-romaines et médiévales.

3– Bilan de l'étude et principaux résultats

Situés *a priori* d'un point de vue historique de part et d'autre de la frontière des Carnutes, ces deux sanctuaires se dressent géographiquement sur la rive droite de la rivière de l'Eure. D'après le mobilier, l'occupation de ces deux sites s'étend entre la seconde moitié du I^{er} siècle et le III^e siècle : le sanctuaire de Guainville serait légèrement antérieur à celui de Garennes-sur-Eure et aurait été occupé un peu plus longtemps.

Le secteur restant peu prospecté, il apparaît difficile d'apprécier la répartition des différentes productions découvertes sur ces deux sanctuaires. Néanmoins, quelques sites prospectés ou fouillés dans le nord du département de l'Eure-et-Loir (Senantes et Nogent-le-Roi) permettent de faire quelques comparaisons. Sur ces deux derniers sites, la CCS Grise Brune Stampienne a été identifiée [fig. 51]. Cette céramique ressemble à celle retrouvée à Garennes-sur-Eure. L'extension de cette production est à peu près cernée au sud du département de l'Eure-et-Loir (étude en cours) : elle n'est par exemple pas attestée sur la commune de Hanches à quelques kilomètres au sud-est de Senantes. Elle est en revanche totalement absente du site de Guainville. Il est possible que la répartition de cette production reflète un secteur de diffusion d'un atelier encore non repéré, qui reste



51– Photos de pâte dite « Grise brune stampienne » trouvée sur le sanctuaire de Garennnes-sur-Eure.
Ces échantillons sont les plus représentatifs du lot, mais aucune forme n'est associée [clichés I. Renault 2018]

donc à vérifier. Dans l'absolu, l'analyse du mobilier attribuerait au sanctuaire de Bellevue le faciès carnute, reconnu notamment à Senantes et Nogent-le-Roi jusqu'à Chartres, différant sensiblement des productions recueillies sur le sanctuaire de Guainville, pour l'instant mal identifiables en raison d'une documentation encore peu abondante sur le secteur d'étude.

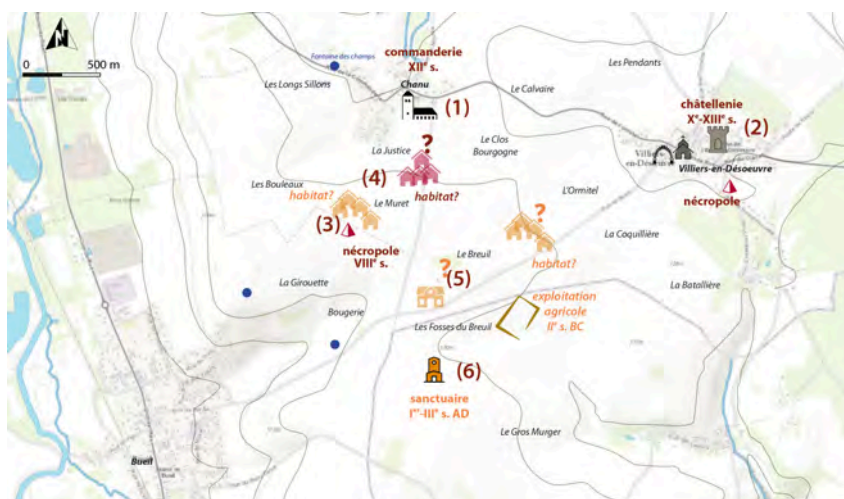
– Les abords de la nécropole du Pelleret sur la commune de Bueil (Eure, Normandie) –

Une série de campagnes s'est concentrée sur la bordure occidentale du plateau du Mantois [zone 2] où les marqueurs d'une évolution de l'occupation du sol entre l'Antiquité et le haut Moyen Âge apparaissent particulièrement forts, s'avérant par conséquent riche et propice sur le plan archéologique. Une rapide étude cartographique et archivistique a permis de replacer, au nord-ouest du sanctuaire antique des Fosses du Breuil, en limite de la commune de Guainville et de celle de Bueil, la découverte d'un habitat d'époque romaine repris à l'époque mérovingienne par une nécropole [Le Prévost 1860 ; Coutil 1905 : 1 ; 1907 : 106 ; 1921] ainsi que, plus au nord et sur le hameau de Chanu (commune de Villiers-en-Désœuvre), une commanderie des XII^e-XIII^e siècles [fig. 52 (1)], actuellement propriété privée et partiellement restaurée. La châellenie de Villiers, dont témoigne la Tour du Hallot dressée à l'est du village, remonterait quant à elle au X^e siècle [fig. 52 (2)].

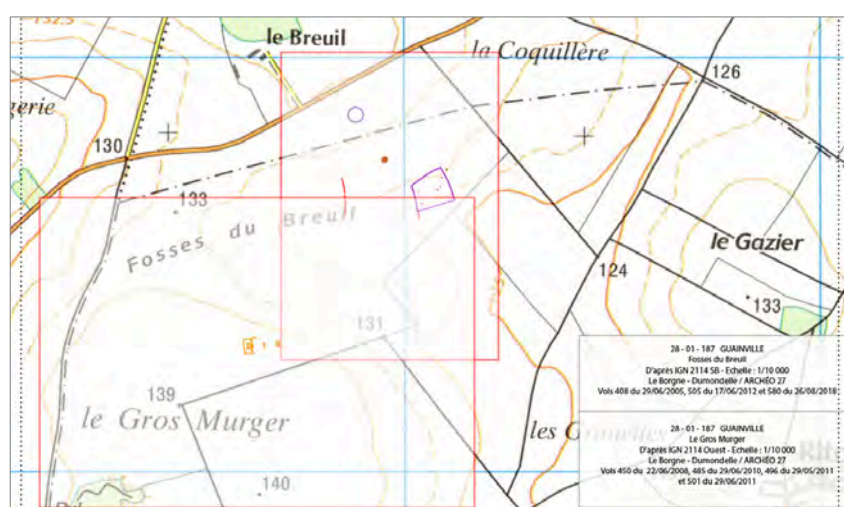
L'existence de la nécropole mérovingienne fouillée à la charnière des XIX^e et XX^e siècles par A. Le Prévost, l'abbé Philippe et Léon Coutil [Delisle, Passy (éd.) 1862-1969 ; Coutil 1921] a été confirmée en 2018 par la MADE à l'occasion de travaux d'adduction d'eau sur le chemin menant au château d'eau, le long des parcelles de « la Girouette » [fig. 52 (3)]. L'ancienne fouille du « Pelleret » avait permis de dénombrer 140 tombes à inhumation remontant aux VI^e-VIII^e siècles et couvrant une superficie de 6 000 m² : la fouille de sauvetage entreprise par la MADE permettrait d'étendre cette surface jusqu'au replat au nord et le sommet de la « Côte de Chanu », sur plus de 10 ha (?). Dans sa partie haute, elle aurait recouvert un habitat « romain » [fig. 52 (4)] que les inventeurs ont identifié grâce à la présence de *tegulae*, de quelques monnaies – Claude II, Valentinien I^{er} et Gordien – et de la réutilisation en sarcophage d'un bloc mouluré, le datant des III^e-IV^e siècles [Le Prévost 1860 ; Coutil 1905 : 1 ; 1907 : 106 ; 1921]. À peine plus de 1 km au sud-est, le sanctuaire des Fosses du Breuil repéré en photographie aérienne en est séparé par un petit vallon dit « Val aux Fleurs », descendant dans la plaine alluviale [fig. 52 (5)]. Les deux positions, dominant chacune à 135 m d'altitude, se font face : la configuration actuelle des lieux offre une vue dégagée avec une prépondérance des activités agricoles qui, sans en être désormais dépendante, se développent autour d'une ferme – la ferme du Breuil –, dressée en tête de vallon, résurgence possible d'une villa peut-être en connexion avec le sanctuaire 600 m plus au sud [fig. 52 (6)]. Les photographies aériennes (Archéo27) et satellitaires laissent voir enfin, entre les deux, plusieurs indices d'occupation, de formes et de types différents : aménagements agricoles, enclos, silos (?), de date indéterminée [fig. 53].

L'objectif des prospections organisées sur 2019-2021 était d'évaluer le potentiel archéologique des abords de la nécropole et *a fortiori* de saisir l'évolution de l'occupation du secteur.

52 – Position topographique des sites connus et/ou pressentis : nécropole mérovingienne, ferme du Breuil (villa ?), Commanderie de Chanu, châtelainie de Villiers, sanctuaire de Guainville et complexe agricole [fond : Esri World Topographic Map – F. Dugast 2022]

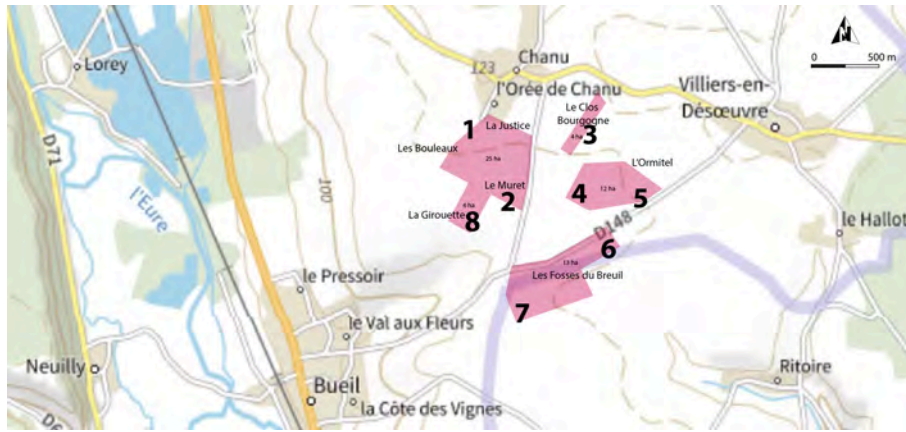


53 – Tracés et localisation des formes géométriques repérées par photographie aérienne aux Fosses du Breuil et au Gros Murger [© Archéo27 2018]



Dépendant administrativement de la commune de Guainville (Eure-et-Loir) et situé à son extrémité nord, le sanctuaire paraît topographiquement s'appuyer sur le Gros Murger au sud (139 m NGF) et lui tourner le dos, regardant plutôt vers l'est et le nord-est, en direction du territoire de Villiers-en-Désœuvre et du hameau de Chanu (130 m NGF). Attesté – certes tardivement – sous la forme *Villariae in Dianae sylva* en 1225, le nom de Villiers-en-Désœuvre paraît faire référence à un domaine rural en lien avec une forêt sacrée (de Beaurepaire 1981 : 210) ; au XV^e siècle, le domaine est érigé en baronnie, intégrant la ferme du Hallot (à l'est) et celles du Breuil (à l'ouest), avant de devenir propriété de Diane de Poitiers avec Anet [Gadebled 1840 : 538].

Ces quelques informations permettent d'envisager une continuité de l'occupation et de l'exploitation du secteur. La campagne de prospections visait à établir ou non une relation avec la vie et le rôle du sanctuaire. Elle s'est par conséquent concentrée sur le hameau de Chanu. Les parcelles sélectionnées l'ont été en fonction de leur disponibilité : elles concernent, au sud de Chanu, la « Justice » [1] et une partie du « Muret » [2], prolongé au sud sur la Girouette [8], plus à l'est une bande centrale au « Clos Bourgogne » [3] ainsi qu'une parcelle au nord de la ferme du « Breuil » [4], et quasi adjacente une bande en limite sud-ouest de l'« Ormitel » [5]. Le secteur des « Fosses du Breuil » [6] a été quant à lui prolongé au sud sur le « Gros Murger » [7] [fig. 54]. La visibilité au sol est restée globalement moyenne en raison des conditions météorologiques peu propices : bien que préparés, les sols, très argileux, n'ont soit pas été lavés par la pluie soit au contraire détrempés, ne permettant pas de distinguer entre amas de terre et artefacts, accentué souvent par le manque de luminosité en raison d'un ciel couvert.

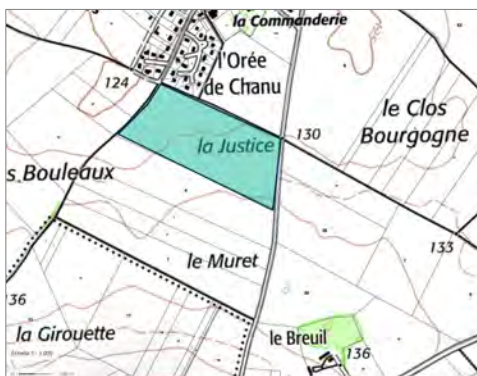


54– Localisation des parcelles prospectées en 2019 aux abords de la nécropole du Pelleret – communes de Bueil, Villiers-en-Désœuvre, Guainville [fond : carte-IGN 2019 – © F. Dugast 2022]

Le mobilier issu des ramassages de surface a été étudié essentiellement en vue d'établir le potentiel archéologique des secteurs prospectés et, subsidiairement, en fonction des résultats, une fourchette chronologique de l'occupation de sites repérés.

1– « La Justice », hameau de Chanu [ZH 5] (commune de Villiers-en-Désœuvre)

La Justice se situe immédiatement au sud du hameau de Chanu [cadastrée ZH 5], entre le Clos Bourgogne à l'est, les Bouleaux à l'ouest et le Muret au sud (X 1.460842 | Y 48.948619, alt. moyenne 124 m). De forme rectangulaire orientée NW/SE, d'environ 400 x 200 m, elle compte près de 8 ha avec un léger pendage SE/NW [fig. 55]. La nature du terrain est argileuse avec des inclusions de calcaire [fig. 56].



55– Position topographique de parcelle prospectées à la Justice, hameau de Chanu, commune de Villiers-en-Désœuvre [source : extrait de la carte topographique IGN 2019]



56– Parcelle de la Justice, hameau de Chanu, commune de Villiers-en-Désœuvre, vue générale du SE en direction de Breuilpont et détail [photo F. Dugast 2019]

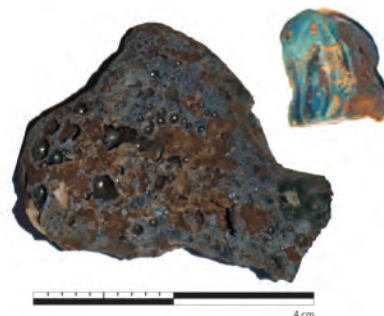
La parcelle a été parcourue dans son intégralité d'est en ouest, comptant 37 UPS. Après un labour léger, le sol a été hersé, laissant une visibilité moyenne qui a livré quelque 600 fragments dont une majorité de tuiles, concentrées dans sa partie médiane. Le mobilier céramique reste limité, composé essentiellement d'éléments de datation moderne à contemporaine, avec quelques tessons plus anciens (1 de sigillée, 3 de commune sombre), mais de taille réduite. En outre, au point GPS X 1.462243 | Y 48.946892 a été recueilli une hache taillée (longueur > 15 cm) [fig. 57], ainsi que, tout proche, deux perles de verre dont une en pâte de verre translucide à décor de filets de verre blanc de 2,5 cm de diamètre pour un peu plus de 1 cm d'épaisseur, probablement d'époque mérovingienne [Piton 1985 ; Legoux 1993] (ou antérieure ? à confirmer), l'autre beaucoup plus petite de couleur bleue opaque de 0,8 cm pour 0,5 cm d'épaisseur. Les accompagnaient des scories de fer et de verre [fig. 58] ainsi que d'assez nombreux fragments de *tegulae* (non ramassés).



57– Hache taillée en silex tertiaire, parcelle de la Justice
(commune de Villiers-en-Désœuvre)
[photo F. Dugast 2019]



58– Perles et scories de verre, parcelle
de la Justice (commune de Villiers-en-Désœuvre)
[photo F. Dugast 2019]



Type de matériaux	Production	NR	Bords	Fonts	Anses	Décors
FAUNE	coquillages	8				
	divers	6				
LITHIQUE	silex	9				
	hache	1				
SCORIE		3				
SCORIE	verre	2				
METAL		5				
	fer	10				
ARCHI	pierre	3				
	brique	2				
TCA		482	1			3
	pâte jaune	6				
CCC		25	4		1	
	pâte claire	1	1			
	pâte blanche	1				
CSB	pâte rosée	3				
SIG		1				
CMED		8				2 glaçure verte
CMOD		15	3	1	1	verte et brune
	faience	2	1			
CIND		1	2			
GRES	Beauvaisis	2				
Betschdorf		1	1			
VERRE		4				1 brun
	perles	3				
	Total NR	604	13			

CCC : commune claire ; CSB : commune sombre non lustrée ; SIG : sigillée ; CMED : céramique médiévale ;
CMOD : céramique moderne ; CIND : céramatique indéterminée

2– « Le Muret », hameau de Chanu [ZH 1 et 2] (commune de Villiers-en-Désœuvre)

Le Muret se situe immédiatement au sud de la Justice qui le domine légèrement [cadastrée ZH 1 et 2], entre les Bouleaux à l'ouest, la Girouette au sud et la ferme du Breuil à l'est (X 1.458899 | Y 48.943891, alt. moyenne 135 m). Deux parcelles y ont été retenues, de forme rectangulaire d'orientation NW/SE, d'environ 600 x 150 m, comptant ensemble près de 9 ha avec un très léger pendage SE/NW [fig. 59]. La nature du terrain est, comme



59– Position topographique des parcelles prospectées au Muret, lieu-dit Chanu, commune de Villiers-en-Désœuvre [source : extrait de la carte topographique IGN 2019]



60– Parcelle du Muret, hameau de Chanu, commune de Villiers-en-Désœuvre, vue générale de l'E en direction de la vallée à Bueil [photo F. Dugast 2019]

à la Justice, argileuse avec des inclusions de calcaire [fig. 61]. Le toponyme ferait référence à un « mur bas » de délimitation ou de soutien de terre, voire de petite place forte (?) [Blosseville 1878].

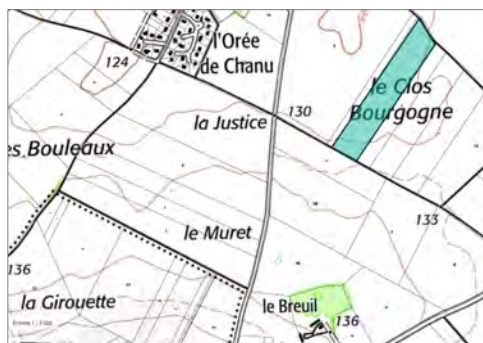
Les deux parcelles ont été prospectées dans leur intégralité d'est en ouest, comptant 27 UPS. Après un labour léger, le sol a été hersé, laissant une visibilité très moyenne qui n'a livré que 17 fragments dont quelques tessons de commune claire.

Type de matériaux	Production	NR	Bords	Fonts	Anses	Décor
LITHIQUE	silex	2				
SCORIE		1				
TCA		2				
CCC		7	1			
CMED		1				
		3	2			glaçure
GRES	Beauvaisis	1				
	Total NR	17	3			

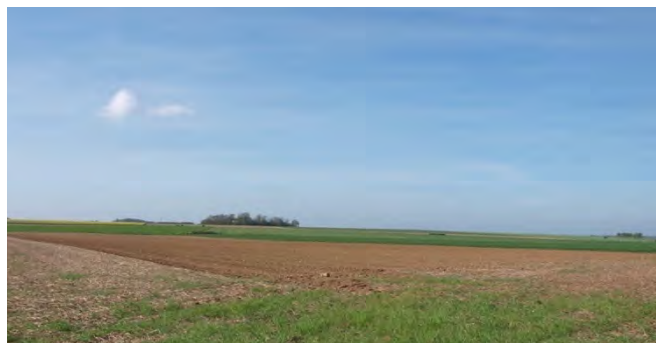
CCC : commune claire ; CMED : céramique médiévale

3– « Le Clos Bourgogne » [ZH 112] (commune de Villiers-en-Désœuvre)

Le Clos Bourgogne se situe immédiatement au sud-est du hameau de Chanu, à l'ouest de l'Ormitel et au nord de la ferme du Breuil. Il compte plusieurs parcelles longitudinales, déjà en culture au moment de la campagne. Seule la parcelle centrale [cadastrée ZH 112] a pu être prospectée (X 1.468815 | Y 48.947595, alt. moyenne 127 m). De forme oblongue, orientée SW/NE, d'environ 500 x 90 m, elle compte près de 5 ha avec très peu de pendage [fig. 61]. La nature du terrain est argileuse avec des inclusions de silex et de calcaire [fig. 62].



61– Position topographique de la parcelle prospectée au Clos Bourgogne, commune de Villiers-en-Désœuvre [source : extrait de la carte topographique IGN 2019]



62– Parcelle du Clos Bourgogne, hameau de Chanu, commune de Villiers-en-Désœuvre, vue générale de l'E en direction de la vallée [photo F. Dugast 2019]

La parcelle a été parcourue dans son intégralité du nord au sud, comptant 17 UPS. Après un labour léger, le sol a été hersé, laissant une visibilité très moyenne qui n’a livré qu’une cinquantaine d’artefacts avec une prédominance de *tegulae*. La poterie (grès et glaçurée) indique une datation entre la période moderne et contemporaine, mais aucune concentration n’a été détectée.

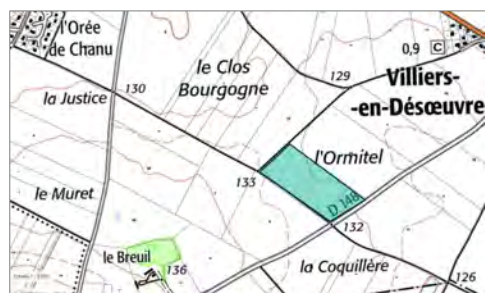
Type de matériaux	Production	NR	Bords	Fonts	Anses	Décors
LITHIQUE	silex rosé chauffé	2				
METAL	fer	2				
ARCHI	ardoise	4				
TCA		6				
	noire	1				
	MOD rosée	2				
CCC	brûlée	1				
CMED		4	2			glaçure
CMOD		8				5 glaçure
GRES		1				
VERRE		17				
DIVERS	fossile oursin	1				
Total NR		49	2			

CCC : commune claire ; CMED : céramique médiévale ; CMOD : céramique moderne

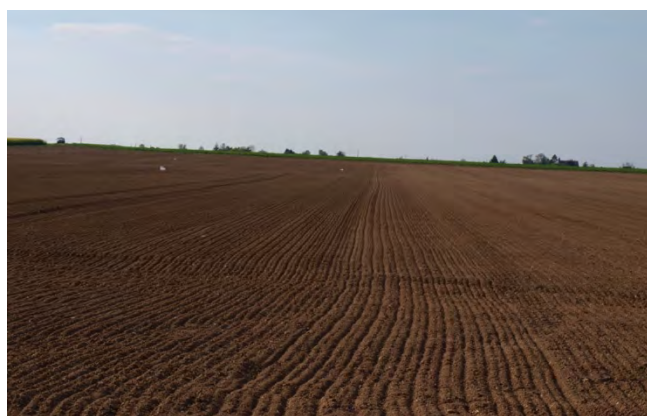
4- « L’Ormitel » [ZI 13] (commune de Villiers-en-Désœuvre)

L’Ormitel se situe immédiatement au sud-ouest de Villiers-en-Désœuvre, entre le Clos Bourgogne à l’ouest, le Breuil au sud, et la Coquillière à l’est. Il compte plusieurs parcelles qui s’étendent vers le sud-ouest, déjà en culture au moment de la campagne. Seule la parcelle à l’extrémité sud [cadastrée ZI 13] a pu être prospectée (X 1.473519 | Y 48.943718, alt. moyenne 130 m). De forme rectangulaire, d’orientation NW/SE, d’environ 300 x 140 m, elle compte un peu plus de 4 ha avec très peu de pendage [fig. 63]. La nature du terrain est, comme pour les autres parcelles, limoneux-argileuse avec très peu d’inclusions [fig. 64].

Le nom de L’Ormitel est manifestement spécifique à la commune de Villiers : son origine n’est pas connue.



63- Position topographique de la parcelle prospectée à l’Ormitel, commune de Villiers-en-Désœuvre [source : extrait de la carte topographique IGN 2019]



64- Parcelle de l’Ormitel, commune de Villiers-en-Désœuvre, vue générale de l’E en direction de Chanu [photo F. Dugast 2019]

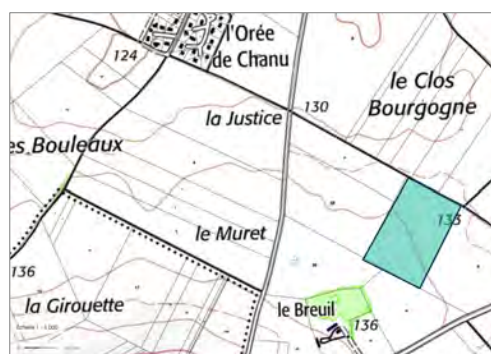
La parcelle a été parcourue dans son intégralité d’ouest en est, comptant 27 UPS. Après un labour léger, le sol a été hersé, laissant une visibilité très moyenne qui n’a livré que 87 fragments, dont une majorité de *tegulae*. La poterie n’est pas représentative d’une période et n’offre aucune concentration particulière.

Type de matériaux	Production	NR	Bords	Fonts	Anses	Décor
FAUNE	os	2	1			
LITHIQUE	silex	12				
METAL	fer	1				
ARCHI	moellon	1				
	ardoise	5				
TCA		42				
CCC		8	2			
	pâte blanche	1				
	pâte orange	1				
CSB		1				
CMED		1				
		6	1			glaçures
CMOD	faïence	2				oui
VERRE		4				
Total NR		87	4			

CCC : commune claire ; CSB : commune sombre non lustrée ;
CMED : céramique médiévale ; CMOD : céramique moderne

5- « Le Breuil » [ZH 7] (commune de Villiers-en-Désœuvre)

Le Breuil se situe entre le Clos Bourgogne au nord, la Justice et le Muret à l'ouest, et les Fosses du Breuil au sud. Il compte plusieurs parcelles qui se développent autour de la ferme du Breuil, déjà en culture au moment de la campagne. Seule la parcelle centrale nord [cadastrée ZH 7] a pu être prospectée (X 1.468917 | Y 48.943443, alt. moyenne 134 m). De forme rectangulaire, d'environ 250 x 200 m, elle compte près de 5 ha avec un léger pendage SW/NE [fig. 65]. La nature du terrain est limoneux-argileuse avec très peu d'inclusions [fig. 66].



65- Position topographique de la parcelle prospectée au Breuil, commune de Villiers-en-Désœuvre [source : extrait de la carte topographique IGN 2019]



66- Parcelle du Breuil, commune de Villiers-en-Désœuvre, vue générale de l'E en direction de la vallée [photo F. Dugast 2019]

Nom assez répandu dans la toponymie française, y compris sous la forme « ferme du Breuil », *Breuil* ferait le plus souvent référence à un lieu humide, en contact direct avec un court d'eau, mais parfois à un bois clos ou parc [Longnon 1920 : 215], voire une prairie seigneuriale, en faisant un habitat isolé [Tamine 2004]. Une « source » existe qui apparaît régulièrement plus au sud, en bordure de route.

La parcelle a été prospectée dans son intégralité du nord au sud, comptant 63 UPS. Après un labour léger, le sol a été hersé, laissant une visibilité très moyenne qui a livré moins de 140 fragments dont la majorité correspond à des tuiles dont près de la moitié d'époque médiévale. La poterie est principalement de la période médiévale et moderne/contemporaine, mais aucune concentration n'a été détectée.

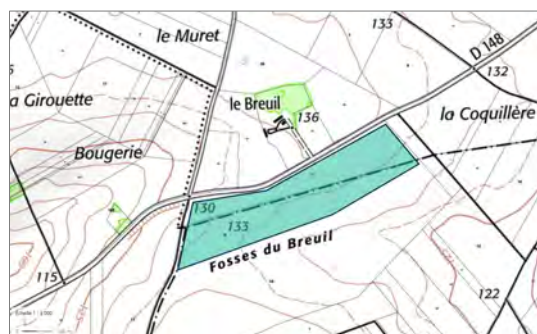
Type de matériaux	Production	NR	Bords	Fonts	Anses	Décor
LITHIQUE	silex	6				
METAL		1				
	fer	4				
ARCHI	craie	9				
	mortier ?	2				
	brique	2				
	ardoise	5				
TCA		38				
	MED	15				
	MOD	3				
Mortier		1				
CCC		1	1			1 vernis
CSB	pâte grise	1	1			
CMED		18	2			glaçures
CMOD		15	2			glaçures
	faïence	2				
CIND		2				1 glaçure
GRES		2			1	1 glaçure blanche
VERRE	1 avec rainures	12				
Total NR		139	6			

CCC : commune claire ; CSB : commune sombre non lustrée ; CMED : céramique médiévale ; CMOD : céramique moderne ; CIND : céramique indéterminée

6- « Les Fosses du Breuil » [ZB 13] (communes de Villiers-en-Désœuvre et de Guainville)

Les Fosses du Breuil se situent en face de la ferme du même nom, au sud-ouest de Villiers-en-Désœuvre, entre la Coquillère à l'est, la Bougerie à l'ouest et le Gros Murger au sud. Elles sont à cheval sur les communes de Villiers et de Guainville et font partie des parcelles prospectées par Archéo27 qui y a repéré plusieurs enclos dont un, à l'extrémité est, montre une succession linéaire de fosses [fig. 45].

La parcelle retenue longe la RD 148 qui la sépare de la ferme du Breuil et s'étend d'est en ouest sur environ 700 m pour une largeur de 150 m [cadastrée ZB 13] (X 1.466465 | Y 48.938465, alt. moyenne 132 m). Elle compte un peu plus de 15 ha avec une surface irrégulière, aux ondulations marquées de direction nord/sud [fig. 67]. La nature du terrain est limoneux-argileuse avec des inclusions de calcaire et de silex [fig. 68].



67- Position topographique de la parcelle prospectée aux Fosses du Breuil, communes de Villiers-en-Désœuvre et de Guainville [source : extrait de la carte topographique IGN 2019]



68- Parcelle des Fosses du Breuil vue du NE, en direction de la vallée [photo F. Dugast 2019]

La parcelle a été parcourue dans son intégralité d'ouest en est, comptant 13 UPS. Après un labour léger, le sol a été hersé, laissant une visibilité très moyenne qui a livré près de 600 fragments, dont une majorité de *tegulae*. La poterie n'est pas représentative d'une période et n'offre aucune concentration. Au sol, deux grandes

excavations circulaires peu profondes ont pu être repérées, l'une au centre, de 40 m de diamètre (X 1.467201 | Y 48.938352), l'autre un peu plus au nord, d'une vingtaine de mètres (X 1.468638 | Y 48.938803), peut-être en lien avec le nom des *Fosses du Breuil* et par conséquent avec le-dit Breuil. Quelques fragments de silex taillés ont pu être ramassés : un grattoir (?) ainsi qu'une herminette.

Type de matériaux	Production	NR	Bords	Fonts	Anses	Décor
FAUNE	coquillage	4				
LITHIQUE	silex	17				
	grattoir ?	2				
	herminette	1				
SCORIE		1				
METAL		2				
	fer	11				
ARCHI	Pierre	2				
	brique	3				
	brique rouge	4				
	brique rosée	4				
	mortier	23				
	ardoise	3				
TCA		183				
	pâte beige	13				
	pâte rosée	26				
	pâte rouge	85				
	MED	42				
	MOD	35				
Mortier		14				
CCC		10	1			1 collerette
		2				engobe bordeaux
	pâte rouge	6	1			
	pâte rosée	8	2	3		1 glaçure noire
	pâte orange	1				engobe blanc
	pâte beige	2		2		glaçure jaune
CCS		3				
	intérieur rosé	1				
	surface rouge	1				
CMED		3	1			1 collerette
		8	3		2	glaçures
CMOD		5				
		31	3	2	1	glaçures
CIND		2				
		12			1	glaçures
GRES	Normandie	1				
VERRE		11	1			(1 moderne)
DIVERS	fossile	1				
NUM	1 franc	1				
	Total NR	584	12	7	4	

CCC : commune claire ; CSB : commune sombre non lustrée ; CMED : céramique médiévale ;
CMOD : céramique moderne ; CIND : céramique indéterminée

7- « Le Gros Murger » [ZD 6, 7] (commune de Guainville)

Le Gros Murger se situe immédiatement au sud des Fosses du Breuil, au plus haut point du plateau. Il s'étend sur un replat d'orientation globale W/E, entre le Beau Tertre à l'ouest qui descend vers Bueil et la vallée, les Closeaux au sud, et Villiers-en-Désœuvre au nord-est, dominant le Ritoire à l'est, installé dans un petit vallon. Deux parcelles ont été prospectées dans leur portion nord [cadastrées ZD, 6, 7], sur 350 m le long du chemin



69– Position topographique du Gros Murger et de la portion prospectée, sur la commune de Guainville [source : extrait de la carte topographique IGN 2019]



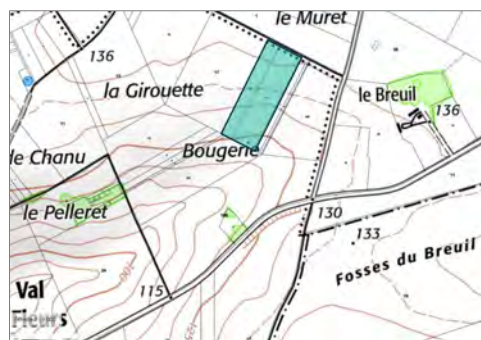
70– Parcelle du Gros Murger vue du S, en direction des Fosses du Breuil [photo F. Dugast 2021]

agricole et 250 m en amont (X 1.467910 | Y 48.932887, alt. moyenne 137 m), soit sur environ 7 ha [fig. 69-70]. La surface est particulièrement plane avec un très léger ressaut au centre, à peine perceptible [fig. 69]. Le toponyme fait référence au bedrock calcaire très affleurant à cet endroit.

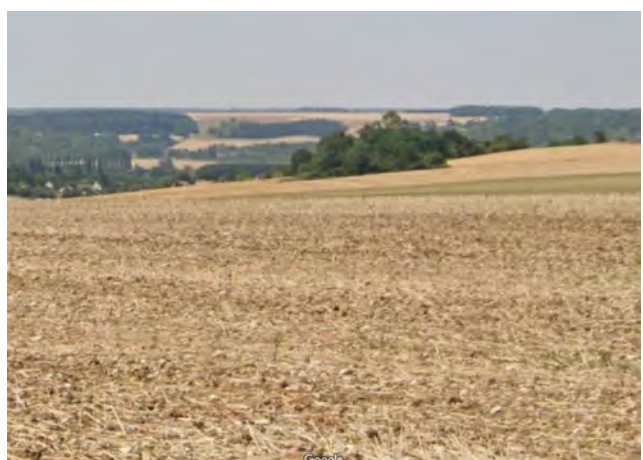
Les parcelles ensemencées de blé ont montré, sur un léger ressaut au point GPS X 1.465819 | Y 48.932088 (alt. 139 m) des anomalies phytologiques de formes quadrangulaires et ont fait par conséquent l'objet d'une prospection à vue. La visibilité n'était pas très bonne en raison de la montée de la végétation, mais de nombreuses *tegulae* ont pu être observées, laissant présager la présence d'un ancien complexe bâti, peut-être en relation avec le sanctuaire.

8– « La Girouette » [ZB 18, 19] (commune de Bueil)

La Girouette se situe immédiatement au nord-ouest des Fosses du Breuil et au nord de la nécropole mérovingienne, dans le prolongement sud du Muret, sur le versant. Les parcelles prospectées s'étendent du nord au sud sur environ 300 m, et d'est en ouest, le long du chemin agricole sur 124 m [cadastrée ZB 18 et 19] (X 1.466465 | Y 48.938465, alt. moyenne 132 m). Elles comptent ensemble un peu plus de 3,5 ha avec un fort pendage NNE/SSW à mi-pente [fig. 71]. La nature du terrain est limoneux-argileuse avec des inclusions de calcaire et de silex [fig. 72].



71– Position topographique des parcelles de la Girouette, sur la commune de Bueil [source : extrait de la carte topographique IGN 2019]



72– Parcelles de la Girouette vue du NE, en direction de la vallée [photo F. Dugast 2021]

Les deux parcelles ont été parcourues dans leur intégralité du nord au sud, comptant 26 UPS. Après un labour léger, le sol a été hersé, laissant une visibilité assez bonne qui a livré une centaine de fragments (à l'étude), dont une majorité de *tegulae* en bordure sud-ouest. En raison de la forte pente, il est probable toutefois que la concentration soit fortuite, résultat du travail régulier de la terre provoquant le glissement du mobilier du nord au sud, dans le sens de la pente.

9– Bilan des prospections au sol aux abords de la nécropole de Bueil et principaux résultats

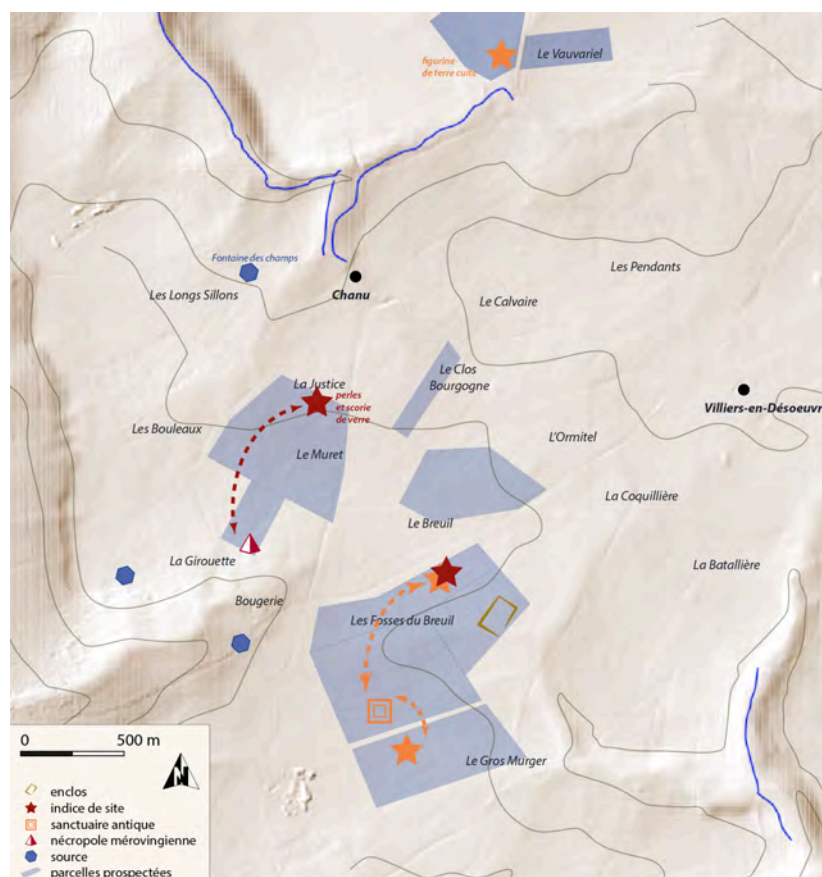
Les campagnes de prospection menée aux abords du sanctuaire de Guainville apparaissent globalement négatives. Bien que l'ensemble présente l'avantage d'être localisés sur des parcelles en culture, et par conséquent *a priori* facile d'accès, en raison de la rotation serrée des cultures sept parcelles seulement ont pu être prospectées de manière systématique, en tête du vallon aux Fleurs. En-dehors de quelques indices sensibles mais non suffisants d'occupations antérieures au Moyen-Âge, les opérations montreraient dans le principe une totale absence d'occupation que confirmerait *a priori* la taille des fragments de *tegulae* et des tessons – de quelques cm à peine –, résultat d'une usure continue et témoin, sinon de l'apport d'une couche de fumure, du moins d'une exploitation constante des terres. La visibilité des sols, globalement médiocre en raison notamment du manque de pluie, n'a pas permis de sonder davantage l'importance de ces dernières qui mériterait d'être approfondie. Les conditions, bonnes à moyennes, ont permis de localiser des concentrations de fragments de *tegulae* – notamment sur les parcelles de la Justice et des Fosses du Bueil, non ramassées –, mais peu de mobilier véritablement datant en raison de leur forme très érodée. En-dehors de quelques pièces néolithiques – un grattoir et une herminette fragmentaires aux Fosses du Bueil, une hache à la Justice [fig. 57], témoins fugaces d'une présence humaine –, une concentration de scories et de déchets de verre ainsi que de fragments de *tegulae* sur la portion nord-est de la parcelle de la Justice – non systématiquement ramassés – étaient accompagnés de perles en pâte de verre opaque [fig. 58]. Ces éléments, quoiqu'isolés, laisseraient imaginer la présence d'un atelier et par conséquent d'un habitat plus ou moins étendu, peut-être en lien avec la nécropole mérovingienne quelque 600 m plus à l'ouest – ce qui permettrait de dater les perles de cette même période, entre le V^e et le VII^e siècle [Piton 1985 ; Legoux 1993], à défaut de plus d'éléments.

La question peut se poser de l'impact des processus géomorphologiques et/ou de l'importance des amendements agricoles, ou encore des pratiques agricoles qui affouillent moins profondément les sols. Il en est de même des repérages par prospection aérienne (Archéo27) et satellitaires, en marge des Fosses du Bueil, qui semblent bien dessiner des aménagements agricoles anciens, mais qui n'ont pas pu être vérifiés.

– Discussion et perspectives –

La quasi absence de témoins probants au sol, là où la prospection aérienne donnait des marqueurs forts – aux Fosses du Bueil notamment –, a amené à s'interroger sur l'opportunité d'une approche systématique qui s'est heurtée à plusieurs difficultés. Les transformations d'époque médiévale ou postérieures – exploitations de gravières transformées en ballastières (Bueilpont/Merey, Bueil, Garennes) à l'époque moderne, occupation actuelle (lotissements, industries) – isolent de façon courante les gisements, rendant l'exercice de contextualisation difficile comme leur mise en réseau, même localement. L'agriculture intensive, quant à elle, rend 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]. À 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. 38] – ou encore celle de quelques perles et scories de verre – près du hameau de Chanu [fig. 58] – 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] [fig. 73]. 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 final. L'environnement général à lui seul pourrait



73a– Figurine de terre cuite (parcelles du Vauvariel, hameau de Grez, Villiers-en-Désœuvre) [© F. Dugast 2019]



73b– Perles, scorie et déchet de verre (parcelle de la Justice, Villiers-en-Désœuvre) [© F. Dugast 2019]

73– Parcelles prospectées et indices de sites autour de Villiers-en-Désœuvre [fond : RGE Alti 5 m – © F. Dugast 2022]

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 I^{er}-début III^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 III^e-IV^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].

IV – Déploiement de techniques aéroportées par drone

[Fabienne Dugast – avec la collaboration de Grégory Chaumet, Isabelle Le Tellier et Sylvain Rassat]

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 : annexes]) se voit de fait bien souvent compensée par la télédétection qui fait ressortir des traces de bâtiments plus anciens (Guainville, Garennes *e.g.*).

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 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 Île-de-France et l'a peu été côté Centre-Val de Loire avant 2019 [Douard 2019, 2020, 2021, 2022] : 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 points/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.

– Premiers levés photogrammétriques et LiDAR –

Parallèlement aux ramassages au sol, un protocole de prospections non-invasives a visé dans un premier temps à cartographier au plus près les deux sanctuaires de Garennes et de Guainville reconnus par photographie aérienne (Archéo27), en relevant le maximum d'indices complémentaires pouvant permettre de restituer leur organisation interne, voire leur relation avec un éventuel bâti périphérique pour l'instant inconnu. L'objectif était de privilégier l'utilisation du drone dont les vols peuvent être plus facilement planifiés que dans le cadre de la prospection aérienne traditionnelle et qui peut apporter de nouveaux enjeux en matière de télédétection archéologique. Il s'agissait à ce titre également de tester différents outils de mesures et d'imagerie numérique de la sub-surface que permet aujourd'hui la miniaturisation de capteurs : LiDAR, multispectral, thermique, magnétique, et d'assurer un meilleur rendement comme un meilleur rendu des données. Dans le cadre de campagnes liminaires, l'objectif était d'obtenir *a minima* un relevé numérique géoréférencé en nuages de points

1. Informations prises lors de nos nombreux échanges avant son décès en 2015. Ses clichés sont toutefois en phase de classement par les membres de la SHADT : difficile tâche quand on sait que Régis Dodin ne référençait jamais ses clichés.

dont le traitement, désormais facilité grâce aux nouveaux outils informatiques qui fournissent les algorithmes nécessaires permettant l'automatisation d'un certain nombre d'étapes de restitution des données, est doté d'un fort potentiel de développement.

1– Levés photogrammétriques sur les sanctuaires antiques des Fosses du Breuil (Guainville) et de Bellevue (Garennes-sur-Eure)

[réalisation Grégory Chaumet]

L'objectif des opérations de levé photogrammétrique aérien était d'une part d'obtenir un relevé numérique géoréférencé des deux secteurs d'étude, d'autre part de tester la reconnaissance des tracés repérés par photographie aérienne : outre les temples et leur péribole, divers tracés rectilignes, dont deux ensembles en connexion sur le site des Fosses du Breuil, au nord-est du sanctuaire, enregistrés, en photo-interprétation, en tant qu'enclos et/ou bâtiment sur poteaux (?) pour le premier en raison de la présence, sur sa ligne diagonale, de petites fosses disposées à intervalle régulier [fig. 74] ; un ensemble également en connexion sur le site de Bellevue, au nord-ouest du sanctuaire et d'orientation similaire, interprété, faute de plus d'informations, comme étant un enclos [fig. 75]. L'exploitation de cette technique de numérisation visait en outre à permettre de comparer les résultats obtenus avec ceux du LiDAR [cf. *infra*].



74– Emprise du levé photogrammétrique aux Fosses du Breuil (commune de Guainville) et tracés repérés par photographie aérienne [Archéo27 2011] [fond : carte-IGN 2019]

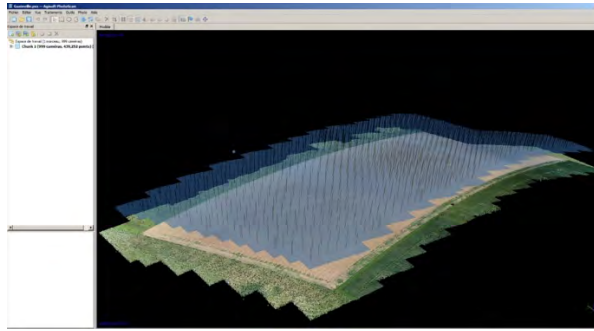


75– Emprise du levé photogrammétrique sur le site de Bellevue (commune de Garennes-sur-Eure) et tracés repérés par photographie aérienne [Archéo27 2009] [fond : carte-IGN 2019]

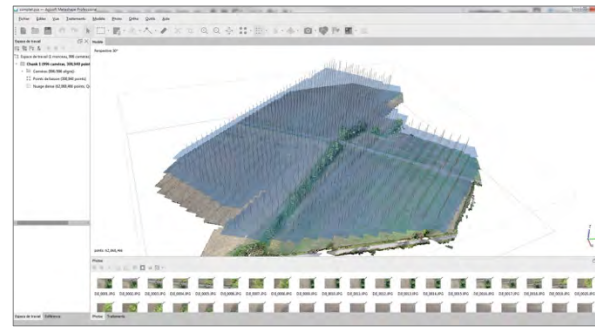
La captation des données s'est effectuée par survol de chacune des zones à l'aide d'un drone Phantom 4 Pro (société DJI). L'opération s'est déroulée en trois phases, chaque vol ne pouvant excéder une durée de 20 mn en raison de l'autonomie des batteries du drone. Cette contrainte a restreint l'emprise de chacun des secteurs à numériser par rapport à celle qui avait été définie au départ du projet :

- aux Fosses du Breuil, la parcelle cadastrée ZB18 longeant le chemin rural a été privilégiée et survolée dans son intégralité. Elle correspond à l'emprise connue du sanctuaire antique et s'étend à l'ouest et à l'est, couvrant une surface d'environ 10 ha [fig. 74] ;
- à Bellevue, les deux parcelles concernées (cadastrée A 290 et A 114) n'ont pas pu être prises en compte dans leur intégralité. La zone survolée a pu néanmoins inclure un certain nombre des tracés rectilignes reconnus sur les photographies aériennes, ainsi que les parcelles adjacentes, de part et d'autre du Radon et de la voie communale, soit sur environ 5 ha [fig. 75].

Deux opérations ont été réalisées : l'une en juin, par temps clair au-dessus des Fosses du Breuil, l'autre en octobre, également par temps clair mais avec quelques rafales de vents qui ont légèrement perturbé les acquisitions au-dessus de Bellevue.



76– Zone de survol aux Fosses du Breuil et plan des prises de vue sous Metashape [© G. Chaumet 2019]



77– Zone de survol au-dessus de Bellevue et plan des prises de vue sous Metashape [© G. Chaumet 2019]

Les clichés ont été enregistrés à la verticale de chacune des deux zones, avec un recouvrement de 80% entre chaque cliché, et à une hauteur de 44 m de manière à pouvoir numériser l'intégralité de la parcelle des Fosses du Breuil en 3 survols. Le secteur retenu à Garennes a nécessité 2 survols à une hauteur moyenne de 35 m en raison de la présence de pylônes électriques dans la zone de vol, interdisant une altitude plus basse.

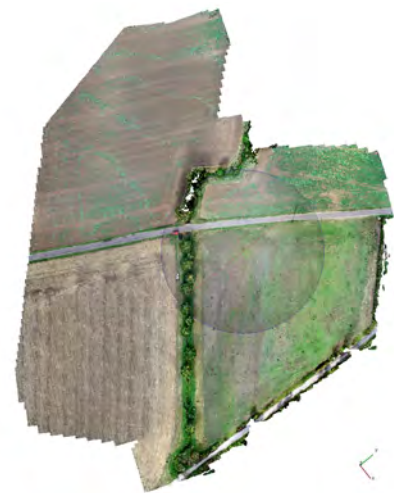
Le traitement des données a été réalisé avec la dernière version du logiciel Metashape® (éditeur Agisoft). Chaque lot de clichés a été traité séparément pour vérifier la bonne tenue des captations [fig. 76-77] :

- aux Fosses du Breuil, le premier vol a enregistré 433 clichés, le deuxième 460, le dernier 106 – soit un total de 999 prises [fig. 76] ;
- à Bellevue, le premier vol a enregistré 443 clichés, le deuxième 423 clichés, le dernier 123 clichés – soit un total de 989 prises [fig. 77].

À l'issue de ces recalages individuels, une photogrammétrie de l'ensemble de chaque site survolé a été créée. Différentes ortho-images et vues ont été extraites du modèle 3D issu de la photogrammétrie complète de chacun des deux sites [78-80].



78– Traitement numérique du secteur survolé aux Fosses du Breuil : ortho-image verticale de la numérisation en nuages de points (66 493 372 points) [© G. Chaumet 2019]



79– Traitement numérique du secteur survolé à Bellevue : ortho-image verticale de la numérisation (62 068 466 points) [© G. Chaumet 2019]



80– Ortho-image transversale du secteur survolé à Bellevue, côté ouest, en nuage de points [© G. Chaumet 2019]

Le relevé photogrammétrique effectué au-dessus du sanctuaire des Fosses du Breuil à Guainville a mis en évidence de façon assez distincte les éléments géométriques correspondant aux structures occidentales du péribole – bien identifié sur les photographies aériennes –, qui peuvent désormais être replacées de manière plus précise avec le temple [fig. 81]. La photographie redressée permet ainsi d'estimer les dimensions de ce dernier, qui présente un plan carré d'environ 15 m de côté pour une *cella* de 6 m. Les petits édifices de part et d'autre couvriraient une surface d'environ 20 m² chacun. Le péribole quant à lui, large de 35 m côté ouest, s'étendrait sur plus de 4 000 m².



81– Repérage du tracé de la partie occidentale du péribole sur la photogrammétrie et repositionnement précis des tracés donnés par la photographie aérienne [© F. Dugast 2019]

Le même protocole suivi au-dessus du sanctuaire de Bellevue à Garennes-sur-Eure n'a restitué en revanche aucun élément de tracés particuliers, ni en microtopographie ni en télédétection. Ces relevés constituent néanmoins un fond numérique, notamment en matérialisation de levés à l'aide de différents capteurs – LiDAR, thermique, multispectral, magnétique – montés sous drone.

2– Prospections LiDAR aéroportées par drone sur le sanctuaire antique de Bellevue

(commune de Garennes-sur-Eure)

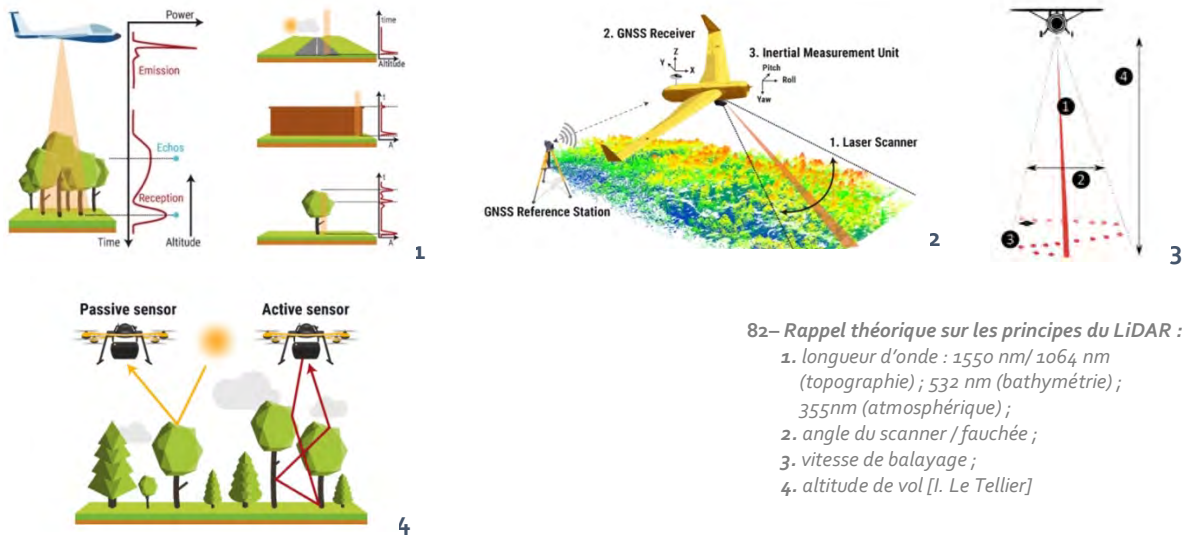
[réalisation Isabelle Le Tellier]

En première analyse, les levés photogrammétriques se sont révélés peu fructueux en raison de plusieurs facteurs : en termes de télédétection, l'absence de végétation au moment des prises de vue ne pouvait pas laisser espérer voir apparaître de quelconques signatures phytologiques ; de son côté, l'assolement des terres résultant de la mécanisation des pratiques agricoles génère des surfaces particulièrement nivelées. Pour autant, 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 a paru intéressant de procéder à des levés LiDAR spécifiquement dédiés à chaque zone d'étude afin de pouvoir vérifier la présence et l'extension spatiale de variations microtopographiques.

À l'essai, le levé photogrammétrique effectué au-dessus du site de Bellevue été doublé par un levé LiDAR monté sous drone, avec pour objectif de rendre précisément la topographie, voire la micro-topographie du site et d'établir un plan métrique parfaitement géoréférencé. Outre les difficultés de visibilité et d'accessibilité – notamment en raison de la mise en culture des parcelles –, la méthode s'avère en effet à la fois plus sûre et plus rapide qu'un simple levé manuel. Elle visait en ce sens à compléter le MNT à 1 m, peu adapté à l'archéologie par sa qualité somme toute médiocre, et à y reconnaître des anomalies topographiques : alignements ou formes révélatrices d'anciennes structures dont celles décelées en photographie aérienne, témoins éventuels de traces d'aménagements anthropiques liés à la présence du sanctuaire ou de tout autre aménagement.

• **Rappel théorique sur les principes du LiDAR**

Le LiDAR permet à une onde laser émise depuis un avion ou un drone de rebondir jusqu'au sol avant de revenir à l'émetteur. L'enregistrement de ce signal « retour » permet alors de mesurer la distance (temps de vol x vitesse de la lumière) en prenant en compte la correction de la position en altitude de l'engin. Il est alors possible de calculer la position précise de ces échos : réfléchis ou déviés par les différents obstacles rencontrés (végétation puis sol), ces échos sont enregistrés en retour par le capteur en X, Y et Z [fig. 82].



82– Rappel théorique sur les principes du LiDAR :
 1. longueur d'onde : 1550 nm/ 1064 nm (topographie) ; 532 nm (bathymétrie) ; 355nm (atmosphérique) ;
 2. angle du scanner / fauchée ;
 3. vitesse de balayage ;
 4. altitude de vol [I. Le Tellier]

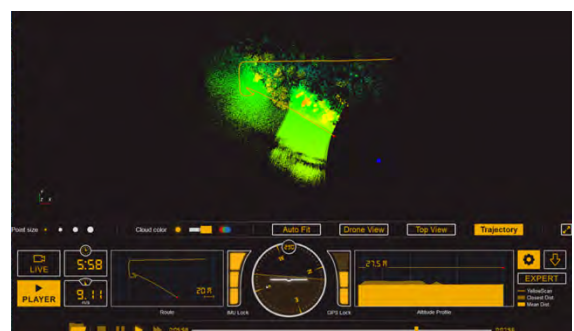
• **Matériel utilisé**

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.

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 sont classifiés (sol – hors-sol – bruit). Les nuages de points sol permettent de calculer des Modèles numériques de terrain (MNT) à la précision de 10 cm.



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



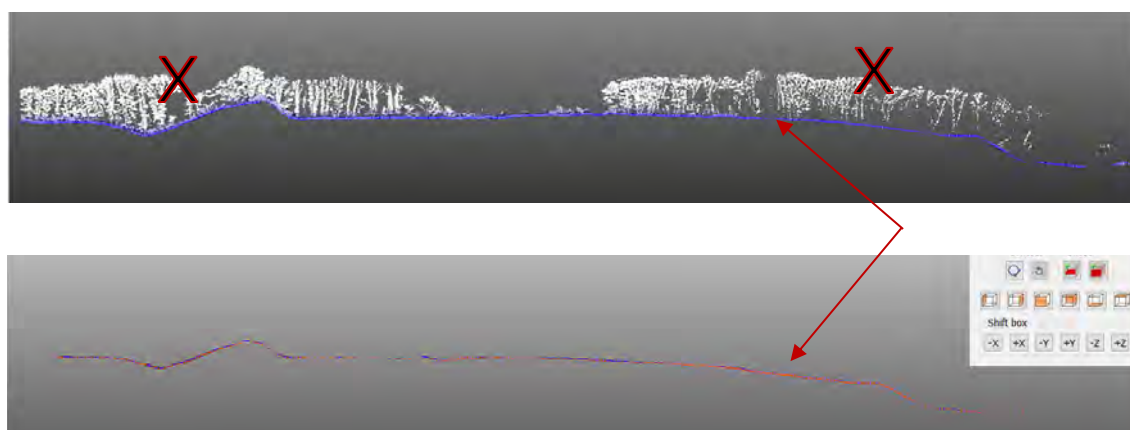
84– Visualiseur sur le terrain des données issues du capteur LiDAR

Sur le terrain, les données LiDAR sont directement visibles sous forme d'un premier nuage de points à l'aide du logiciel LiveStation® qui permet de reproduire le vol, vue du drone ou vue de la trace [fig. 84]. Il est possible également, sous CloudStation®, de calculer *in situ* un nuage de points brut, de le visualiser et de vérifier la qualité des données.

- **Post-traitement**

Les données brutes issues du capteur Surveyor sont produites sous la forme de nuages de points géoréférencés avec POSPac UAV en X, Y, Z et stockés. Un premier traitement se fait sous TerraScan® qui permet le calage des lignes de vol, le contrôle de la qualité des données, l'effacement du bruit, la classification et la conversion du système de coordonnées. Les données sont produites en Lambert 93, EPSG 2154, Géoiide IGN69.

La classification peut se faire aussi sous GlobalMapper®, ou éventuellement sous CloudCompare, qui permet de produire un MNT, des coupes topographiques, des nuages de point sol, ou encore de travailler sur l'intensité, les couleurs et les ombrages pour faire apparaître des anomalies. Le MNT extrait peut être traité ensuite sous QGIS ou ArcGis® en 2D [fig. 85]. Le type de données permet également de produire des modèles 3D et des maquettes sous un logiciel comme 3DReshaper.



85– Principe de calcul du MNT [I. Le Tellier]

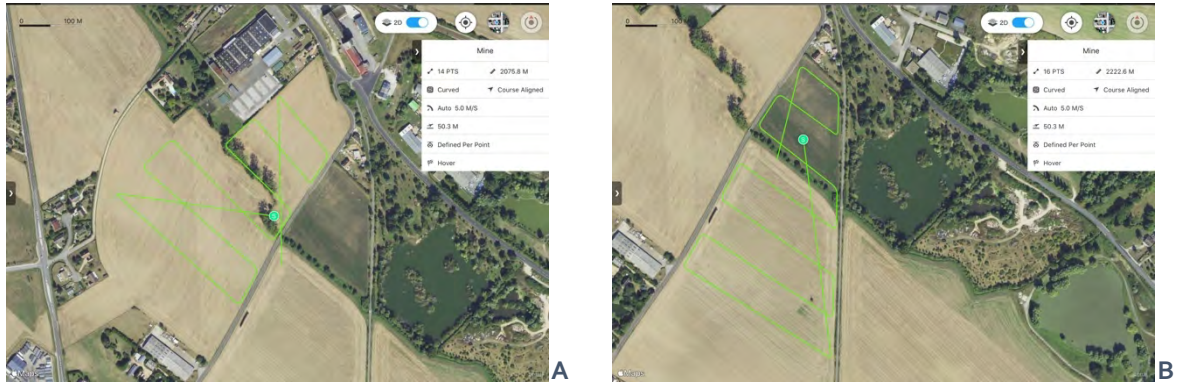
- **Premier levé LiDAR sur Bellevue (Garennes-sur-Eure)**

Le levé LiDAR a été programmé dans la plaine alluviale de Bellevue sur l'ensemble des deux parcelles correspondant à l'emprise connue du sanctuaire antique et des anomalies phytologiques repérées en photographie aérienne. Compte tenu de la rapidité d'exécution, la zone prospectée a pu être étendue aux parcelles adjacentes situées au nord du Radon et de part et d'autre de la voie communale, soit sur un total d'environ 15 ha (au-delà de la zone considérée en photogrammétrie) [fig. 86].



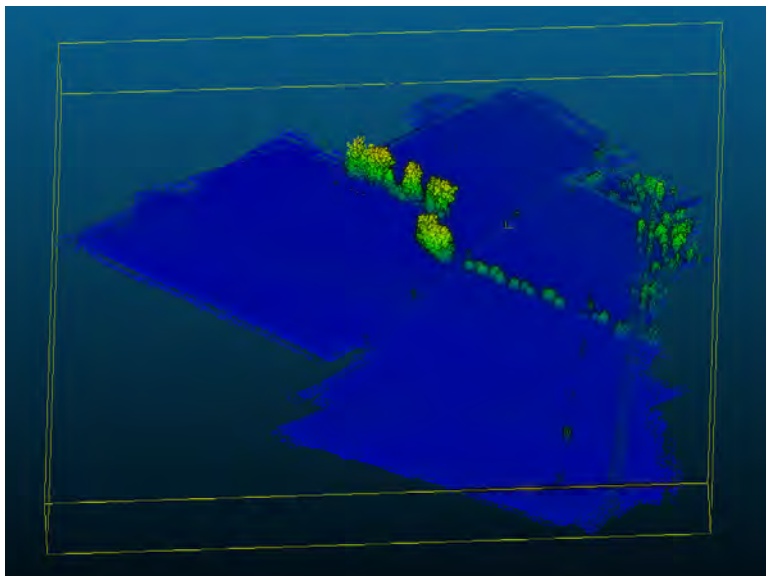
86– Emprise du levé LiDAR sur le site de Bellevue (commune de Garennes-sur-Eure) et tracés repérés par photographie aérienne [Archéo27 2009] [fond : carte-IGN 2019]

La prospection a été réalisée au mois d'octobre. Deux vols ont été nécessaires de part et d'autre de la voie communale et réalisés à 50 m au-dessus du sol, compte-tenu de la végétation existante à cette période. Les altitudes sont indiquées dans les aperçus des traces de vols [fig. 87]. La vitesse a été réglée à 5 m/s et les lignes de vol avec un écartement de 60 m correspondant à un recouvrement de l'ordre de 45% entre elles.



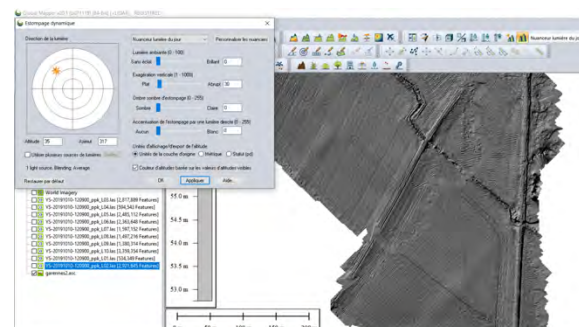
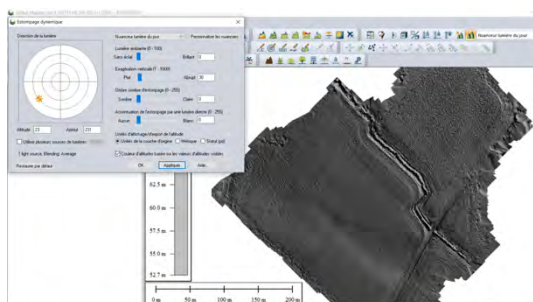
87– Plans de vol : A. vol ouest ; B. vol est [I. Le Tellier 2019]

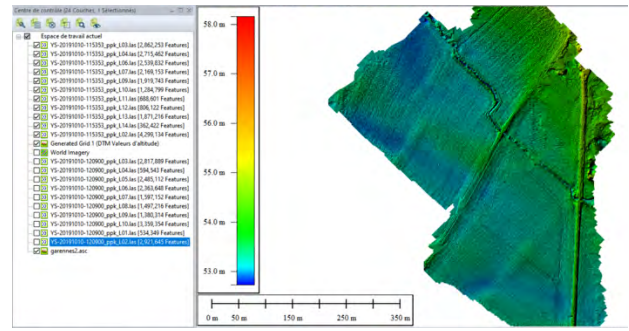
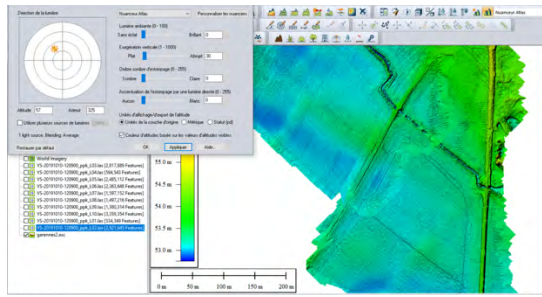
Les vols ont enregistré un total de 18 981 151 points [fig. 88] et un MNT en a été extrait par classification de l'ensemble des points, traité ensuite – en niveaux de gris, puis en colorimétrie suivant l'altitude (Z) avec différents angles d'éclairage pour tenter de mettre en évidence les variations microtopographiques [fig. 89]. Enfin, un traitement a été effectué par courbes de niveaux à 1 m et 0,5 m [fig. 90].



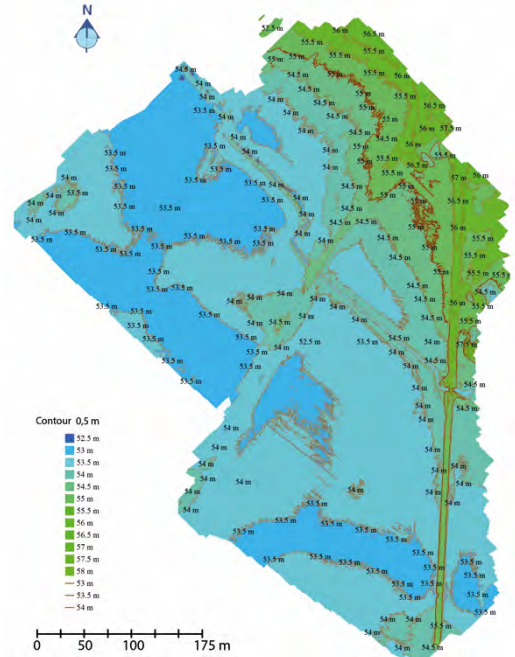
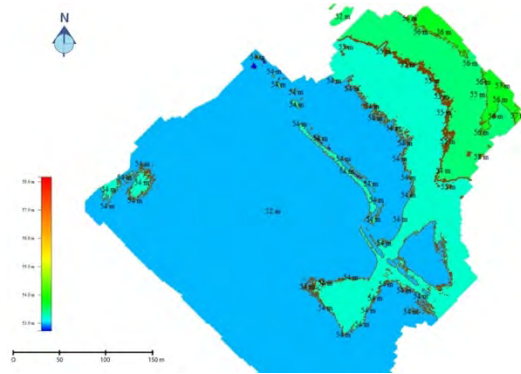
88– Relevé brut de 18 981 151 points [I. Le Tellier 2019]

89– Classification des points et traitement en niveaux de gris et en colorimétrie suivant l'altitude [I. Le Tellier 2019]





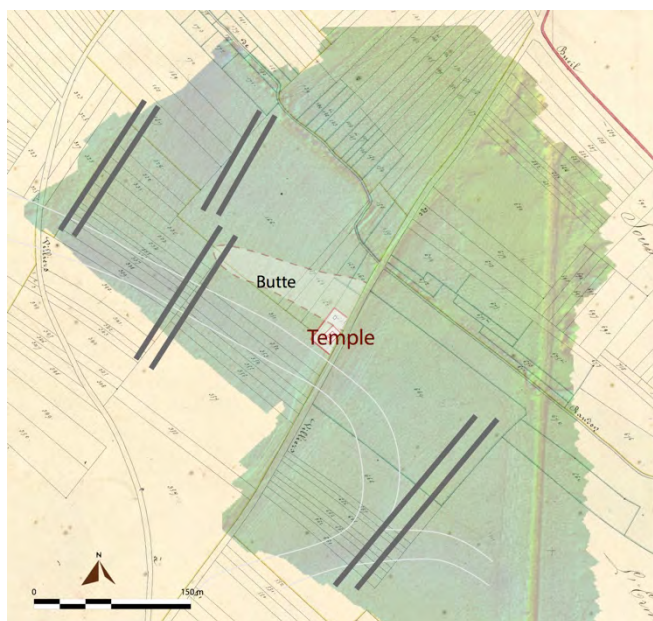
90– Classification des points et traitement par courbes de niveau à 1 m et 0,5 m [L. Le Tellier 2019]



L'analyse de l'image LiDAR des parcelles agricoles a permis de mettre en évidence un certain nombre de variations micro-topographiques. Plus précise que le RGE Alti 1 m de l'IGN, elle donne non seulement une image mieux définie des paléo-chenaux, parfaitement géoréférencés, mais elle révèle également des levées de terre très rectilignes, perpendiculaires au Radon et parallèles à la voie communale, ainsi qu'une légère levée de terre en arrière du temple, précisée par le traitement en courbes de niveau à 0,5 m et qui pourrait permettre *a priori* de replacer ce dernier topographiquement.

La superposition des planches du cadastre napoléonien de la commune de Garennes-sur-Eure (1830) permet de comparer le système parcellaire aux tracés rectilignes qui semblent s'apparenter à des formes agraires de type « crêtes de labours », correspondant au retour régulier de la charrue au dernier sillon du labour, indices de l'ancienneté des limites agraires. Elle montre également l'ancienneté des aménagements hydrauliques à l'origine des tracés en baionnette du Radon dans sa zone de confluence avec l'Eure [fig. 91].

Ces premiers éléments d'analyse montrent une évolution dans la structuration du paysage et offre d'ores et déjà des perspectives de recherche élargies au contexte général de façon diachronique et à l'insertion paysagère des différentes signatures, de la période antique à nos jours. Ils permettent d'envisager une approche « structurale », par l'analyse des formes de relation d'interdépendance à la fois temporelles et spatiales entre les différents éléments qui organisent par résilience le paysage. Ils ont pu être, en ce sens, complétés par une analyse géomorphologique du secteur (cf. *infra*).



91– Superposition de la planche du Cadastre napoléonien de la commune de Garennes s/Eure en 1830, géoréférencée sur les tracés rectilignes et les paléochenaux relevés sur l'image LiDAR (position du temple d'après Archéo27)

– Prospections aéroportées par drone : levés au LiDAR –

Même si elle n'a pas donné d'avantage d'éléments concernant l'organisation du sanctuaire détecté par photographie aérienne ni son environnement direct – et notamment l'enclos repéré immédiatement au nord-ouest du péribole –, cette première acquisition sur les parcelles de Bellevue a paru prometteuse. 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 [fig. 92] :

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



92– Localisation des zones prospectées à l'aide du LiDAR aéroporté sous drone [fond : carte-IGN 2019 – © F. Dugast 2022]

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 ;

- 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...).

	Brueilpont (27530)	Garennes 1 (27780)	Garennes 2 (27780)	Guainville (28260)	Croth/Saussay (27530 / 28260)
<i>Jour capture</i>	07/04/2021	26/02/2021	07/04/2021	03/03/2021	19/02/2021
<i>Météo jour capture</i>	temps clair	cumulus	clair	cumulus, vent+	clair, vent
<i>Heure capture</i>	PM	AM	AM	AM	AM
<i>Surface cartographiée</i>	22 ha	27 ha	21 ha	103 ha	107 ha
<i>Logiciel program. vol</i>	UgCS (suivi terrain)	UgCS (suivi terrain)	UgCS (suivi terrain)	UgCS (suivi terrain)	UgCS (suivi terrain)
<i>Nombre de vols</i>	1	1	1	4	4
<i>Hauteur AGL</i>	50 m	50 m	50 m	50 m	50 m
<i>Espacement lignes vol</i>	50 m	50 m	50 m	50 m	50 m
<i>Orientation lignes vol</i>	70°	60°	152°	65° - 75°	130° - 110°
<i>Vitesse vol</i>	10 m/s	10 m/s	10 m/s	10 m/s	10 m/s
<i>Capteur LiDAR</i>	YS MAPPER	YS MAPPER	YS MAPPER	YS MAPPER	YS MAPPER
<i>Antenne RTK</i>	Spectra 60	Spectra 60	Spectra 60	Spectra 60	Spectra 60
<i>Coord. Centre Phase (géo)</i>	1.43363719 48.95824799	1.452549858333 48.912793475833	1.44531547 48.91888679	1.4739602 48.938792141667	1.43363719 48.958247799
<i>Z centre phase (ellipsoïdal)</i>	121.0757 m	100.936	99.7607 (1,52 m)	173.7293	121.0757
<i>EPSG livrables</i>	2154	2154	2154	2154	2154
<i>Nombre points total</i>	227,537,155	89,382,478	123,747,629	341,198,123	331,161,507
<i>Nombre points après filtrage sol</i>	67,152,380	87,213,866	115,783,436	338,269,374	75,323,449
<i>Densité nuage points sol</i>	332 pt/m2	411 pt/m2	623 pt/m2	387 pt/m2	405 pt/m2

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.

1 – Breuilpont, Motte féodale (27530)

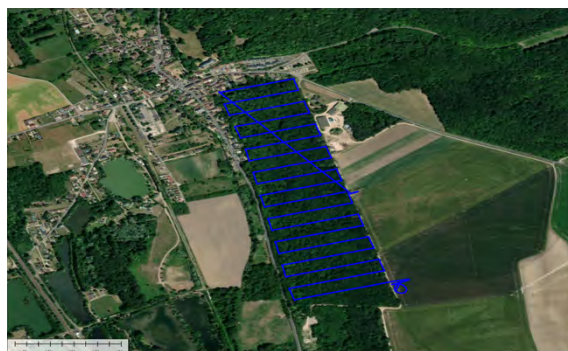
Dressée sur le plateau, en rive gauche de la vallée Robinson et entamée dans sa portion nord-ouest par le village actuel, la motte féodale de Breuilpont, actuellement sous couvert forestier, est particulièrement lisible sur le terrain comme sur le RGE Alti 1 m de l'IGN, seule couverture précise disponible sur la zone d'étude [fig. 93]. 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 en avril. 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. 94].

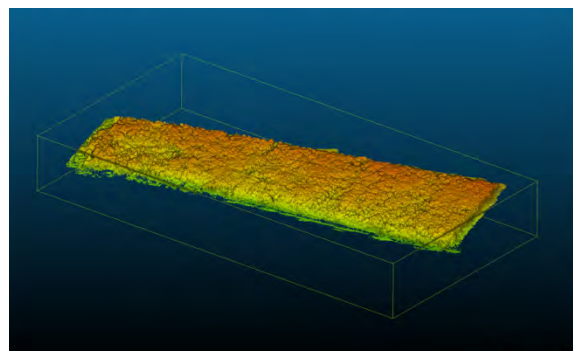
Le vol a enregistré un total de 227 537 155 points et est représenté en vue oblique pour se rendre compte du couvert boisé [fig. 95] et en plan [fig. 96], soit une densité moyenne de 332 points/m² au sol. Un MNT en a été extrait par classification de l'ensemble des points, traité ensuite – en colorimétrie suivant l'altitude (Z) [fig. 97] avec un angle d'éclairage NW. Une plus grande précision du rendu est testée par une exagération des altitudes x 20, qui donne également une coupe dans la longueur du terrain [fig. 98].



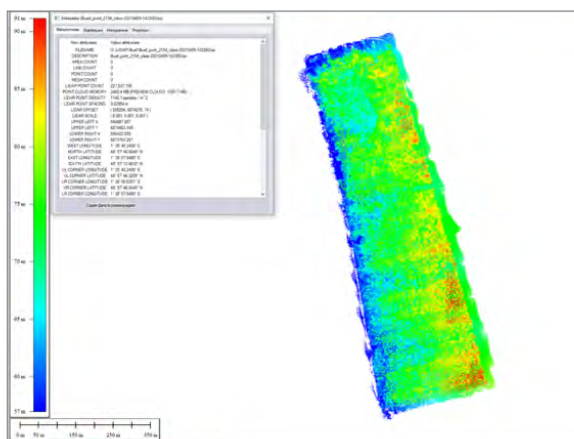
93– La Motte féodale de Breuilpont, vue du sud-ouest en contrebas du fossé périmétral [© F. Dugast 2020] et éléments planimétriques restitués à l'aide du RGE Alti 1 m de l'IGN (à droite) [réalisation T. Piau 2021]



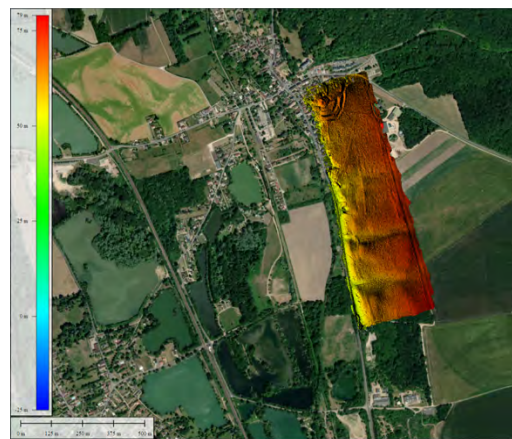
94– Breuilpont, levé LiDAR : trajectoires de vol [© I. Le Tellier 2021]



95– Breuilpont, levé LiDAR : nuage de points colorisé en Z, vue oblique [© I. Le Tellier 2021]



96– Breuilpont, levé LiDAR : nuage de points colorisé
[© I. Le Tellier 2021]



97– Breuilpont, levé LiDAR : MNT colorisé selon z,
Fz=1 [© I. Le Tellier 2021]



98– Breuilpont, levé LiDAR : MNT ombré NW,
Fz=20, et coupe NS [© I. Le Tellie 2021r]



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.

2 – Garennes-sur-Eure « Bellevue » (27780)

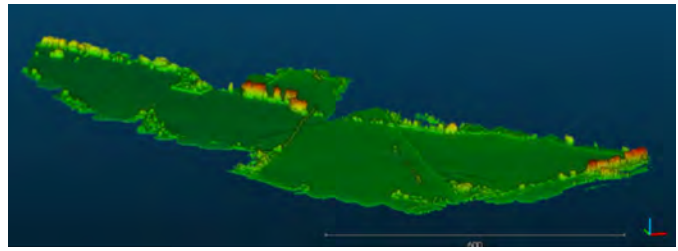
La prospection menée sur le site de Bellevue, commune de Garennes-sur-Eure, avait pour objectif de compléter le levé réalisé en 2019 sur la parcelle où se situe le sanctuaire gallo-romain détecté en prospection aérienne (Archéo27) en étendant la zone pour tenter d'en saisir le contexte environnemental. Elle a été effectuée en deux temps : fin février et début 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. 99].

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. 100]), traité ensuite – en colorimétrie suivant l'altitude (Z) [fig. 101] puis ombré avec un angle d'éclairage NW [fig. 102]. Compte tenu du faible rendu en termes de microtopographie, les altitudes ont été multipliées par 30 pour faire ressortir les éventuels microreliefs [fig. 103-104].

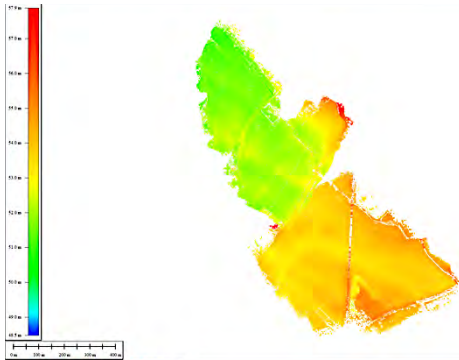
L'amplification des altitudes met parfaitement bien en évidence les paléochenaux ainsi que les formes agraires – rapportées au parcellaire du cadastre napoléonien –, lisibles sur le RGE Alti 1 m de l'IGN et le nuage de points sol du levé LiDAR [Rapport 2019 : 74-80]. Peu d'anomalies microtopographiques ressortent en revanche, brouillées très certainement par le dessin très marqué des sillons agraires relatifs au travail actuel des parcelles.



99– Garennes-sur-Eure, « Bellevue », levé LiDAR : trajectoire des vols [© I. Le Tellier 2021]



100– Garennes-sur-Eure, « Bellevue », levé LiDAR : nuage de points complet, vue inclinée [© I. Le Tellier 2021]



101– Garennes-sur-Eure, « Bellevue », levé LiDAR : nuage de points sol [© I. Le Tellier 2021]

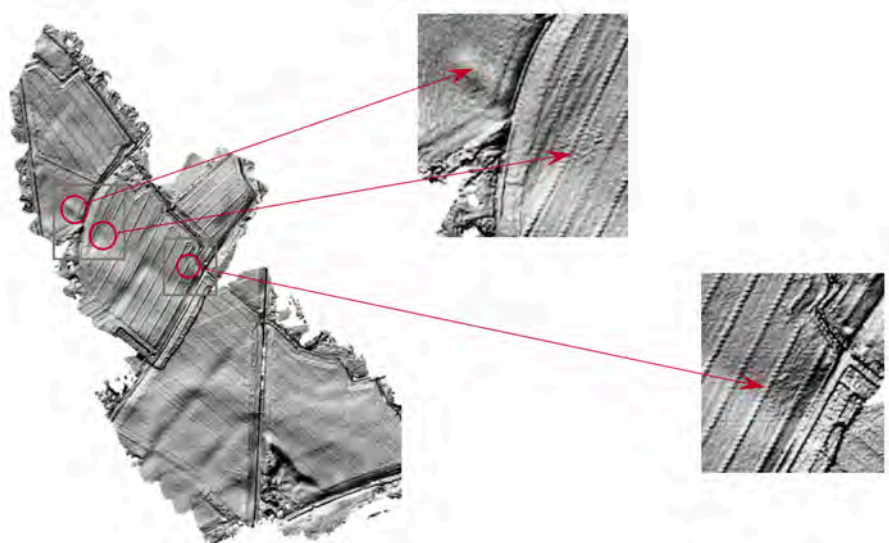


102– Garennes-sur-Eure, « Bellevue », levé LiDAR : MNT sur fond Bing Aerial, Fz=1 [© I. Le Tellier 2021]

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. 32]. La question reste de la fiabilité autant que de l'interprétation de ces potentielles anomalies. D'autres post-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. La priorité a par conséquent été donnée au sanctuaire des Fosses du Breuil, plus facilement accessible.



103– Garennes-sur-Eure, « Bellevue », levé LiDAR : MNT ombré NW, Fz=30 [© I. Le Tellier 2021]



104– Anomalies microtopographiques lisibles sur le MNT ombré NW (Fz=30) mais non identifiables

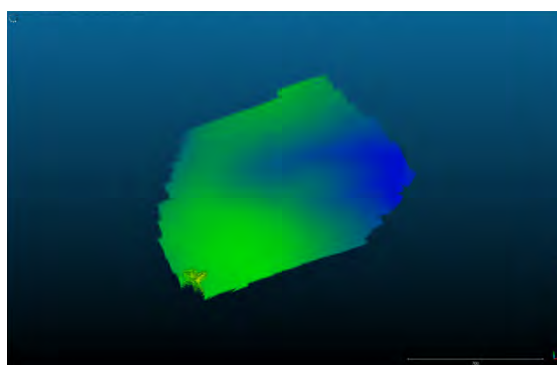
3 – Guainville « Les Fosses du Breuil » (28260)

La prospection menée aux Fosses du Breuil a été effectuée au mois de 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. 105].

Les vols ont enregistré un total de 331 161 507 points [fig. 106] et un MNT en a été extrait par classification de l'ensemble des points, traité ensuite en colorimétrie suivant l'altitude (Z) [fig. 107], puis en niveaux de gris [fig. 108].



105– Guainville, levé LiDAR : trajectoires de vol
[© I. Le Tellier 2021]



106– Guainville, levé LiDAR : nuage de points colorisé [© I. Le Tellier 2021]



107– Guainville, levé LiDAR : MNT, Fz=1 [© I. Le Tellier 2021]

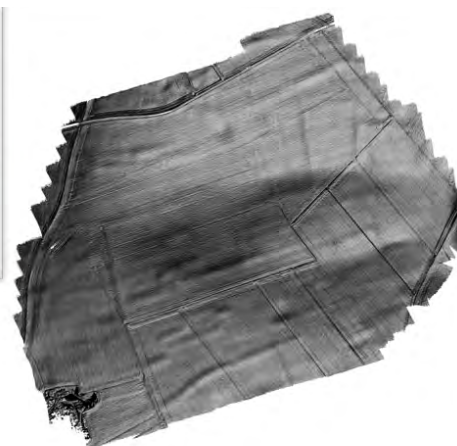


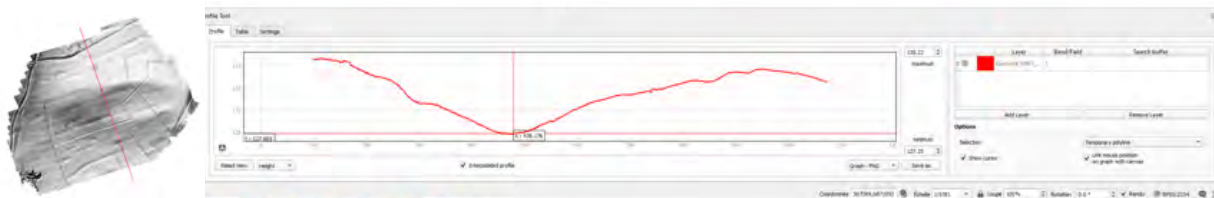
108– Guainville, levé LiDAR : MNT ombré sur fond Google (QGIS) Fz=1 [© I. Le Tellier 2021]

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. 109]. Une coupe de ce dernier MNT rend compte de la polarité de la topographie [fig. 110].



109– Guainville, levé LiDAR : MNT ombre NW, fz=20 [© I. Le Tellier 2021]





110– Guainville, levé LiDAR : profil NNW-SSE dans le MNT ombré [© I. Le Tellier 2021]

La microtopographie met en évidence essentiellement les crêtes de labour correspondant au parcellaire du XIX^e siècle et de l'actuel [fig. 108]. 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 sanctuaire dans la portion sud-ouest (sans pouvoir reconnaître sa forme en revanche) et qui semble se dupliquer un peu plus au sud, dans une même orientation générale. Au nord-est, la trace de buttes légèrement déviées par rapport aux autres peut interroger quant à leur rapprochement avec les indices d'un enclos particulier repéré en télédétection [fig. 111]. Différentes anomalies circulaires se dessinent également, certaines répondant manifestement à celles repérées en photographie aérienne. Enfin, se lit très nettement une forme oblongue en relief d'orientation EW sur laquelle le sanctuaire semble se loger [fig. 112].



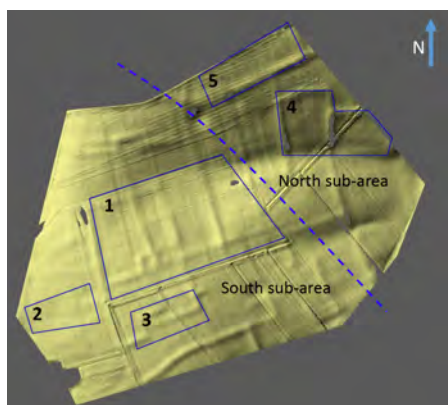
111– Guainville, « Fosses du Breuil » : éléments repérés en télédétection à partir de Google Earth et des prospections aériennes menées par Archéo27. En surimpression, zone survolée au LiDAR [fond : carte IGN 2019]



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

Pour affiner la lisibilité, plusieurs post-traitements ont été tentés – sous QGIS – et sont en cours – notamment sous Cloud Compare, en jouant sur les filtres et la résolution de l'apparence (CSF), le calcul des Normales et l'orientation. La lourdeur des fichiers (> 5 Go) ne permet pas d'aller plus avant pour l'instant. Une opportunité a été donnée toutefois de tester un algorithme récemment développé par Mario Profetta, géophysicien argentin, qui l'a proposé à titre expérimental, en France, dans le but d'aider à mieux détecter des signatures microtopographiques sur les images LiDAR [Profetta *et al.* 2022].

L'algorithme LIHA – Lidar Image Highlighting Algorithm – est issu des chaînes de calcul de géophysique sismique. Une grille est appliquée au MNT : les nœuds correspondent aux altitudes et la taille de la maille est choisie en fonction de la densité de points au sol. Chaque colonne et ligne est alors assimilée à une onde sismique et filtrée en conséquence.

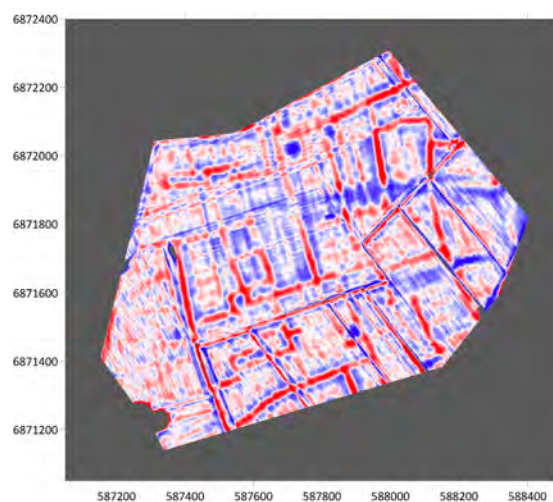
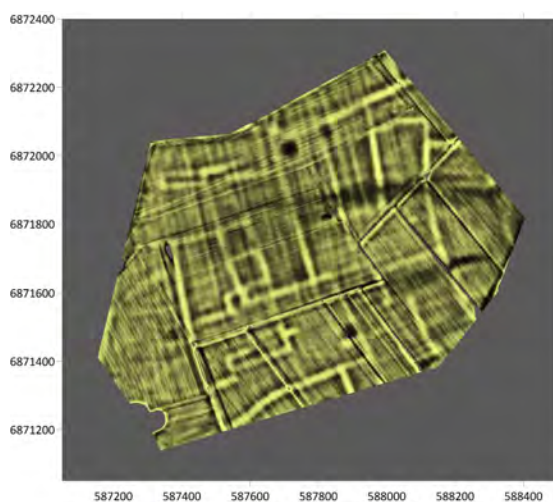


Grid name	Vertical variation of the terrain for a horizontal distance of one meter; this value is expressed in centimeters per meter (cm/m) and corresponds to the median value of the area covered by each grid.	LIHA map grid size (meters)
Guainville, Polygone 04 (Fr.)	2.9	0.20 x 0.20
Guainville, North subarea (Fr.)	2.5	0.25 x 0.25
Guainville, Polygone 01 (Fr.)	2.5	0.20 x 0.20
Guainville, whole area (Fr.)	2.2	0.25 x 0.25
Guainville, South subarea (Fr.)	2.2	0.20 x 0.20

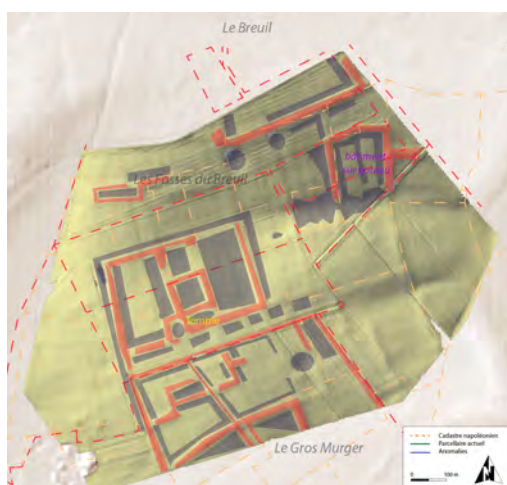
113– Zonage préalable réalisé sur l’image LiDAR et choix de la maille de la grille selon le zonage [© M. Profetta 2022]

Sur l’image LiDAR de Guainville, la maille a été définie globalement à 25 cm. Elle a été ramenée à 20 cm sur cinq zones spécifiques : le sanctuaire [1] et les parcelles adjacentes à l’ouest [2] et au sud [3] où apparaissent des anomalies rectilignes ombrées, l’enclos avec l’alignement d’hypothétiques fosses au nord [4] [fig. 113].

L’image LIHA a subi deux types de traitement : l’un en niveaux de gris, l’autre en colorimétrie altimétrique croissante, du bleu au rouge [fig. 114]. Dans les deux cas, les variations microtopographiques ressortent de manière plus forte. Le second traitement offre davantage de lisibilité et pourrait permettre de reconnaître trois grandes zones d’aménagement – voire une quatrième à l’extrémité nord de la zone – qui se définissent à l’intérieur de longues bandes saillantes (en rouge) plus marquées qu’ailleurs et en connexion [fig. 115]. Elles ne



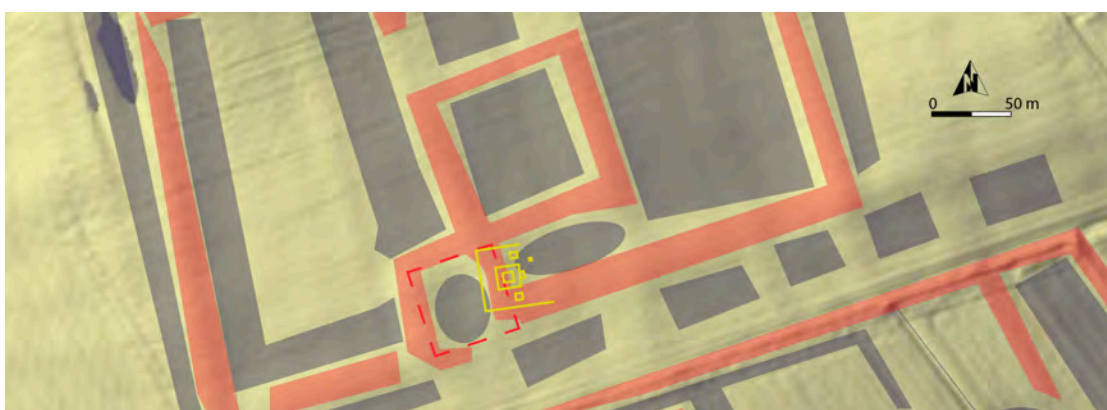
114– Traitement LIHA global (à gauche) et en colorimétrie altimétrique croissante du bleu au rouge (à droite) [© M. Profetta 2022]



115– Interprétation de l’image LIHA et mise en évidence de signatures particulières (d’abandon ?) [© F. Dugast 2022]

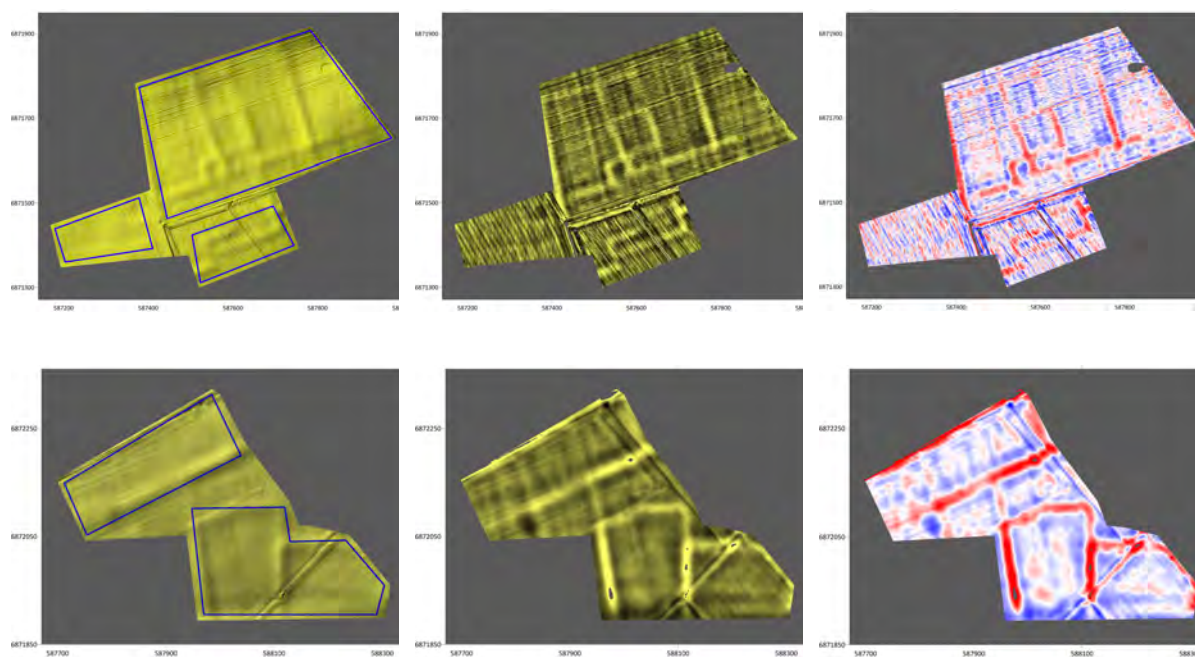
répondent pas particulièrement au parcellaire mais semblent circonscrire un espace enfermant chacune des signatures phytologiques repérées en photographie aérienne : le sanctuaire [1], l'enclos avec l'alignement d'hypothétiques fosses [4], l'enclos du nord [5]. L'espace marqué plus au sud répondrait quant à lui au nombre important de *tegulae* observées sur le terrain [cf. *supra*].

On notera que les variations microtopographiques ne correspondent manifestement pas au tracé d'un bâti en place : la forme quadrangulaire d'environ 40 m de côté qui se dessine sur la zone du sanctuaire ne marque pas *a priori* les limites ouest du péribole ni le temple qui se placeraient sur la platebande orientale de l'espace ainsi circonscrit, dans une orientation légèrement différente [fig. 116]. Les bandeaux saillants reflèteraient par conséquent plus probablement des phases d'abandon, de démolition, voire leurs conséquences dans le réaménagement du lieu et du parcellaire plus tardif.

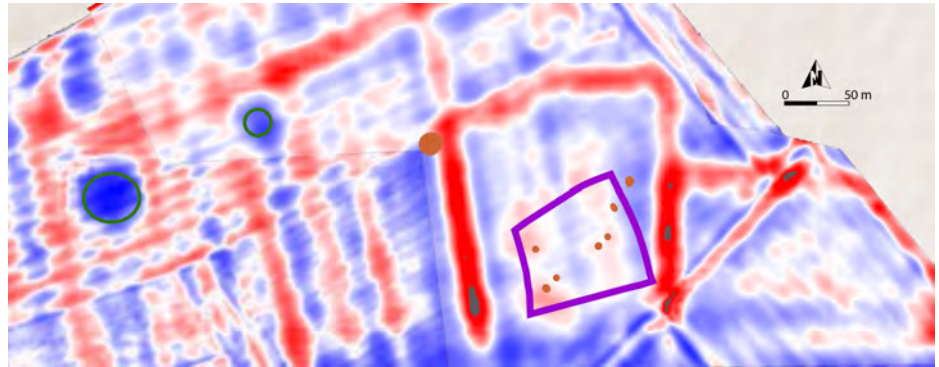


116– Positionnement du sanctuaire par rapport aux variations microtopographiques lisibles sur l'image LIHA [© F. Dugast 2022]

Un second traitement, à maille plus fine, a été réalisé sur les zones définies en amont : le sanctuaire [1] et les parcelles adjacentes à l'ouest [2] et au sud [3], ainsi que l'enclos avec l'alignement d'hypothétiques fosses au nord [4] [fig. 117]. L'interprétation de ces images plus précises est à l'étude : on notera d'ores et d'éjà, sur la zone 4 (nord-est), une coïncidence entre la forme quadrangulaire en léger ressaut de l'image LIHA et le tracé de l'enclos repéré par photographie aérienne [fig. 118].



117– Traitements LIHA à maille plus fine sur les zones sensibles [© M. Profetta 2022]

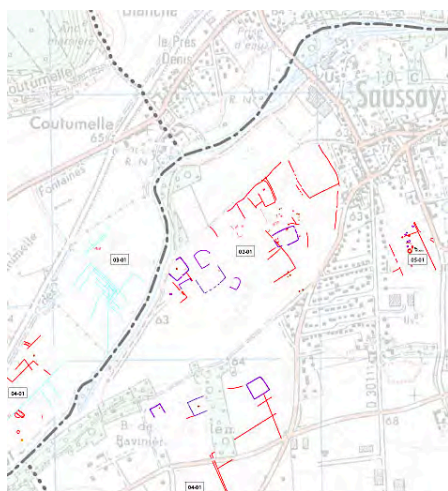


118– Superposition de l’image LIHA à maille plus fine sur la zone 4 [© F. Dugast 2022]

Ce traitement appliqué aux images LiDAR permet de synthétiser en un seul document les observations microtopographiques décelables grâce aux divers ombrages classiquement utilisés. Il permet aussi une meilleure définition spatiale des anomalies microtopographiques. Testé sur différents sites à morphologie « plate » (terrains agricoles, jardins et pâtures) comme l’est le secteur des Fosses du Breuil, ce traitement a permis de déceler de nouveaux artéfacts qui avaient échappé à l’examen classique du MNT [Le Tellier *et al.* à venir]. Dans le cas précis des Fosses du Breuil, il donne une image plus précise des variations microtopographiques dont il reste à préciser l’origine à l’aide d’opérations complémentaires.

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

Dans le cadre de l’étude géomorphologique et de la modélisation des paléoreliefs de la portion médiane de la vallée, deux zones-atelier ont été sélectionnées dans la plaine alluviale de l’Eure, indépendamment du premier zonage des potentialités archéologiques (cf. *infra*) : l’une autour du sanctuaire antique de Garennes-sur-Eure (lieu-dit Bellevue), reconnu par l’association Archéo27 en prospection aérienne (cf. *supra*), 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 également des formes géométriques, qu’il paraît aisé d’attribuer à une origine anthropique mais qui restent difficilement caractérisables du point de vue fonctionnel [fig. 119]. En vue d’une première évaluation du potentiel archéologique, une prospection au sol à vue a été menée au sein de la zone-atelier 2, au lieu-dit « Les Terres Noires » (commune de Saussay) et de « La Grosse Épine » (commune de Croth). Malgré les conditions climatiques peu propices (terrains en culture et gorgés d’eau), la présence de nombreux fragments de tuiles et d’un mobilier très varié répondant à différentes périodes (une trentaine de tessons, à l’étude) a pu confirmer la présence d’une occupation sinon antique, du moins médiévale [fig. 120].



119– Éléments repérés en prospection aérienne au sein des plaines de Saussay et Croth [© Archéo27]



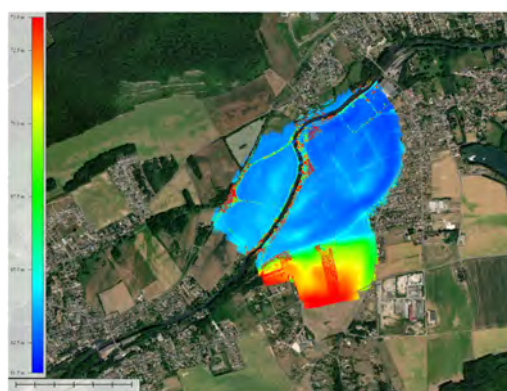
120– Échantillon-du mobilier archéologique ramassé sur les parcelles de la Grosse Épine (Croth) et des Terres Noires (Saussay) [© F. Dugast 2021]

Pour compléter l'ensemble des informations recueillies et assurer une couverture microtopographique de la zone, un levé LiDAR a été effectué au mois de 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. 121]

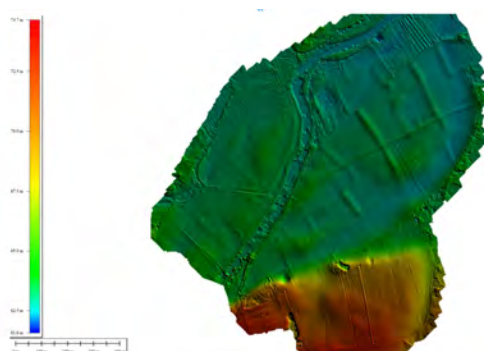
Les vols ont enregistré un total de 331 161 507 points [fig. 122], soit une densité moyenne de points de 380 points/m². Un MNT en a été extrait par classification de l'ensemble des points, traité ensuite en colorimétrie [fig. 123] suivant l'altitude (Z). Une carte des courbes de niveau à équidistance de 40 cm a également été tirée pour mesurer les différences d'altitude [fig. 124]. Le MNT est présenté en ombrage WS [fig. 125]



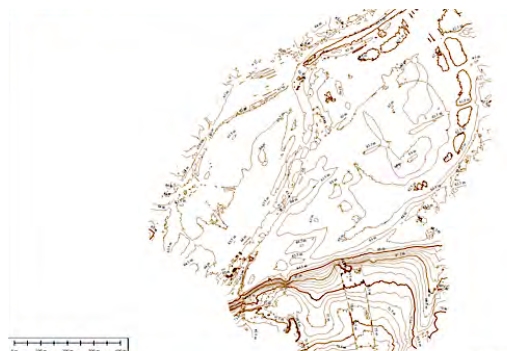
121– Plaines de Saussay « Les Terre noires » et Croth « La grande Épine », levé LiDAR : trajectoires de vol [© I. Le Tellier 2021]



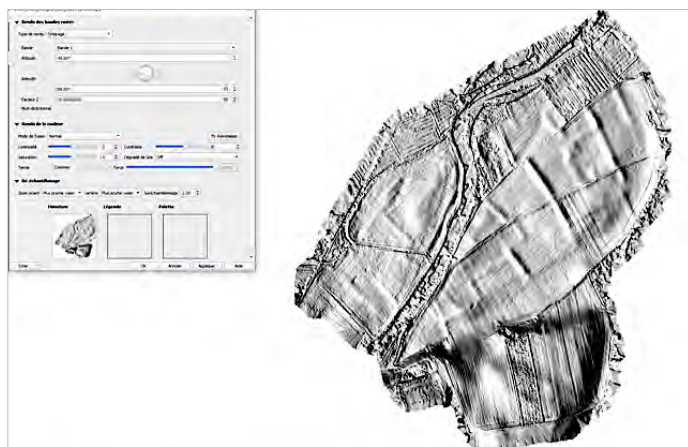
122– Plaines de Saussay « Les Terre noires » et Croth « La grande Épine », levé LiDAR : nuage de points sur fond Bing Aerial [© I. Le Tellier 2021]



123– Plaines de Saussay « Les Terre noires » et Croth « La grande Épine », levé LiDAR : MNT colorisé, Fz=1 [© I. Le Tellier 2021]

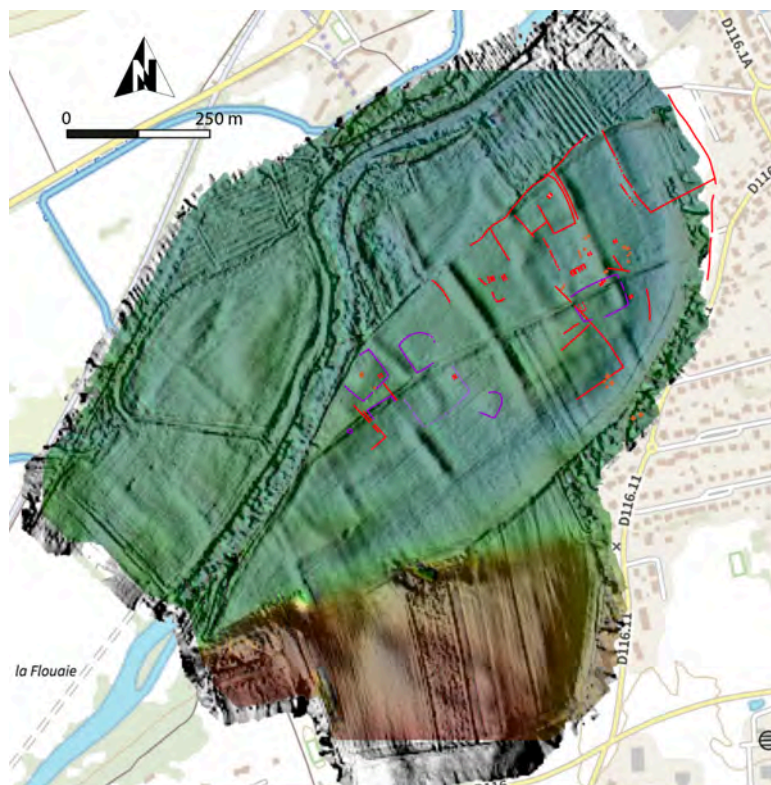


124– Plaines de Saussay « Les Terre noires » et Croth « La grande Épine », levé LiDAR : courbes de niveau écart de 40 cm [© I. Le Tellier 2021]



125– Plaines de Saussay « Les Terre noires » et Croth « La grande Épine », levé LiDAR : MNT ombré WS, Fz=20 [© I. Le Tellier 2021]

Les variations microtopographiques correspondent majoritairement au parcellaire napoléonien, comme à Garennes. Les tracés repérés par photographie aérienne – et notamment les enclos (en violet selon la nomenclature d'Archéo27) sont fugaces. En revanche apparaissent clairement les paléochenaux qui contournent la plaine au sud-est, créant un replat de faible altitude au centre (cf. *infra*).



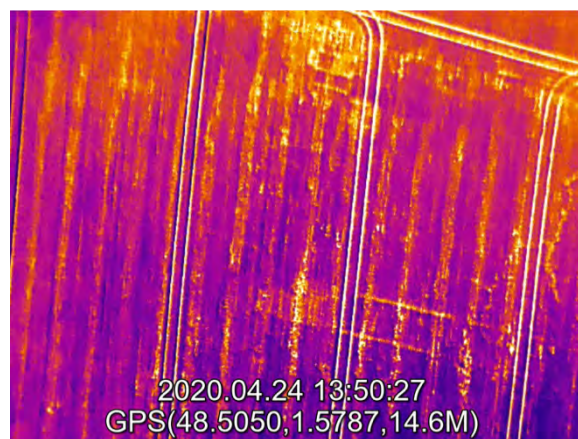
126– Superposition de la carte d'interprétation d'Archéo27 sur l'image LiDAR [© F. Dugast 2021]

– Prospections aéroportées par drone : essais en thermographie –

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. 127].



127– Exemples d'artéfacts thermiques liés à des structures archéologiques [© I. Le Tellier]

• 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.128].



Caméra FLIR simple sous un Phantom 4 V2



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



Mavic Enterprise avec caméra IR et RGB en simultanée

128– Ensembles drone+capteur testés [2021]

Le Mavic Enterprise et ses capteurs ont été retenus pour la suite des mesures en raison de sa simplicité de mise en œuvre et de 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 • Equivalent 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 : 84° • 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
---	--

1 – Mise en œuvre 1 : Les Terres Noires (Saussay)

Une première ortho-image a été produite en infrarouge (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 ni sur l'image LiDAR [fig. 129].

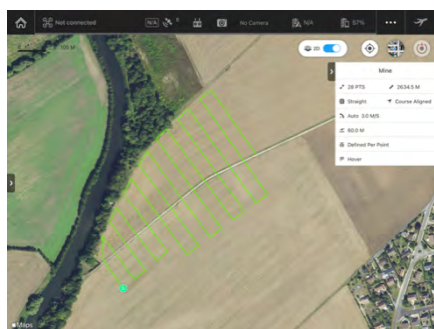
129– Localisation de la parcelle test pour la thermographie aux Terres Noires (Saussay). La zone couverte par le test correspond à la parcelle de forme triangulaire au bord de l'Eure (surlignée en brun) [© F. Dugast 2021]



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 au-dessus du 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. 130]. 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. 131].



130– Trajectoire du vol thermique [© I. Le Tellier 2021]

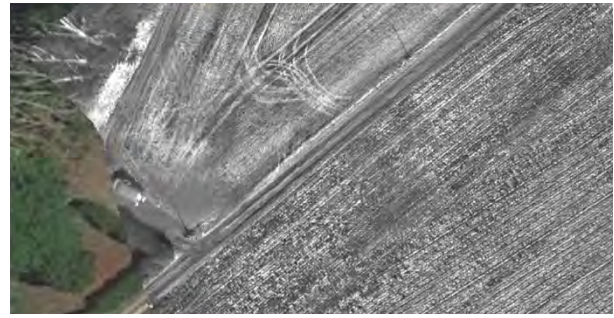
131– Conditions au sol : blé d'hiver au nord (à gauche) et chaumes au sud (à droite) [© I. Le Tellier 2021]



Deux ortho-images ont été assemblées avec le logiciel PIX4D. Leur comparaison montre une meilleure définition à 30 m au-dessus du sol [fig. 131-132] par rapport à la prise de mesure à 60 m [fig. 133-134], mais la différence a été jugée minime 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. 135].



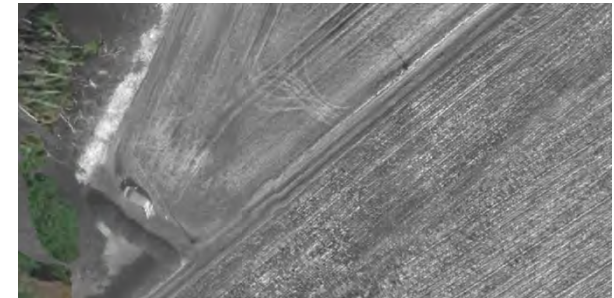
132– Ortho-image N&B 30 m/sol [© I. Le Tellier 2021]



133– Ortho-image N&B 30 m/sol – détail [© I. Le Tellier 2021]

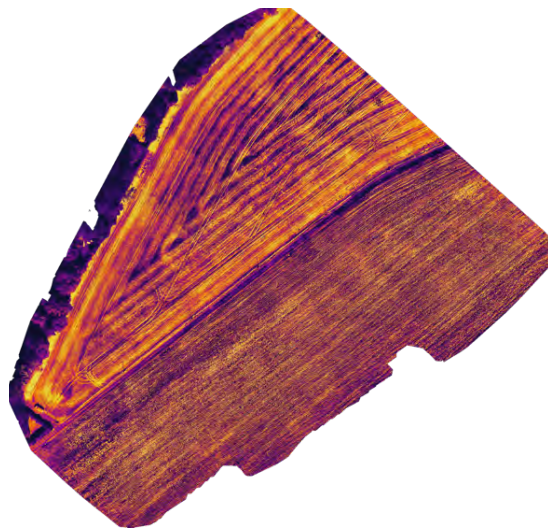


134– Ortho-image N&B 60 m/sol [© I. Le Tellier 2021]



135– Ortho-image N&B 60 m/sol- détail [© I. Le Tellier 2021]

À 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.



136– Ortho-image thermique à 60 m [© I. Le Tellier 2021]

Summary	
Project	CRDTH NEW MWAC
Processed	2021-09-27 19:58:15
Camera Model Name(s)	MWAC2-ENTERPRISE-ADVANCED_0.0_640x512 (R3B)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	8.39 cm / 3.30 in
Area Covered	0.065 km ² / 5.4896 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

137– Résumé des métadonnées de l'ortho-image

2 – Mise en œuvre 2 : les sanctuaires de Bellevue (Garenes-sur-Eure) et les Fosses du Breuil (Guainville)

L’année 2021 a eu pour objectif premier de tester le matériel disponible en termes de capteur thermique et de choisir un équipement approprié. 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 ont été 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.

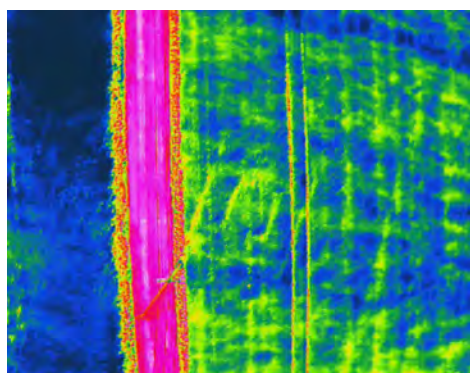
Une autre difficulté inhérente au capteur est la fauchée de prise de vue qui oblige à resserrer les lignes de vol qui, combinée à la faible vitesse de vol, freine la couverture de larges zones dans les mêmes conditions.

Pour confirmer la validité des paramètres de prise de vue, les tests ont privilégié deux sites de topographie et de géologie différentes : celui de Bellevue en plaine alluviale (Garennes-sur-Eure) et celui des Fosses du Breuil sur le plateau (Guainville), qui présentent tous deux des anomalies phytologiques liées à la présence de traces de bâti répondant *a priori* plus fortement aux différences de température sol/air.

• Bellevue		Type de prise	Heure	Ensoleillement	Vent km/h	T°	Cultures	Hauteur de vol
V0	02/03/2022	vidéo IR seul	15h	ciel voilé	5	8° C	blé d’hiver 20 cm	20 m
		photos RGB & IR					colza 30 cm	70 m
V1	06/07/2022	photos RGB & IR	16h30	++	5-10	16° C	orge haute	20 m

Un premier essai (V0) a été réalisé en mars sur le site de Bellevue, de part et d’autre de la route communale, sous la forme d’une vidéo (infrarouge seul), à 20 m du sol, 3 m/s, et de photos (RGB et IR) à 70 m du sol côté blé en deux aller-et-retour parallèles à la route. Le vol n’a montré aucune anomalie à caractère archéologique.

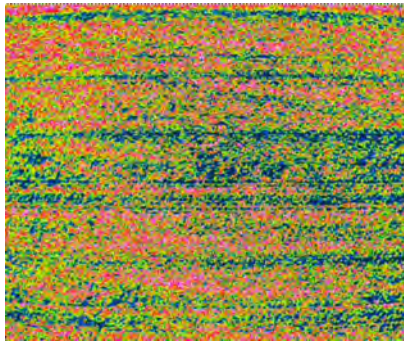
Un second essai (V1), effectué en juillet dans de toutes autres conditions, a nettement montré la zone du temple en RGB et en IR [fig. 138].



138– Mesures thermiques sur Bellevue (Garennes-sur-Eure), 06/07/2022, 16h30 [© I. Le Tellier 2022]

• Fosses du Breuil		Type de prise	Heure	Ensoleillement	Vent km/h	T°	Cultures	Hauteur de vol
V2	02/03/2022	–		ciel voilé	fort	8° C		–
V3	06/07/2022	photos RGB & IR	15h00	+++	15-20	16° C	chaume/orge	20 m
V4			16h00	++	15-20	16° C	fenouil	20 m
V5	07/07/2022		6h00	avant levé du soleil	0	14°	chaume/orge	10 à 50 m

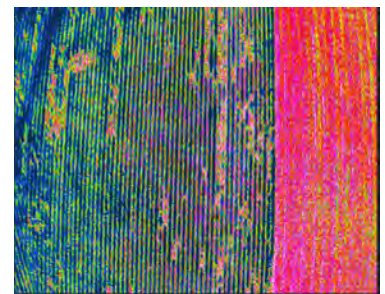
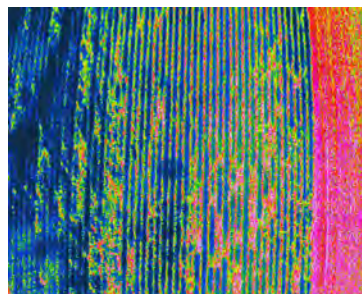
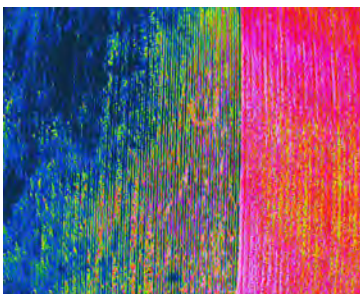
Les essais sur le site des Fosses du Breuil ont été réalisés les mêmes jours que ceux de Guainville. Ils ont été fortement conditionnés par la situation en plateau où le vent se ressent de manière plus forte qu’en plaine. Celui de mars (V2) a été annulé. Celui de juillet a été doublé : le premier au-dessus du sanctuaire (V3, lignes de vol orientées NS), le second au-dessus de la zone nord-est, en limite sud de parcelle (V4, lignes de vol orientées EW), où les photographies aériennes ont détecté un enclos et d’hypothétiques fosses (?). Aucune anomalie thermique n’a été distinguée au droit du temple alors que celui-ci était parfaitement visible dans l’orge avant



139– Mesures thermiques sur le sanctuaire des Fosses du Breuil au droit du temple, 06/07/2022, 15h00 – chaume d’orge [© I. Le Tellier 2022]



140– Vue satellitaire sur le sanctuaire des Fosses du Breuil, février 2022 [© Google Map 2022]



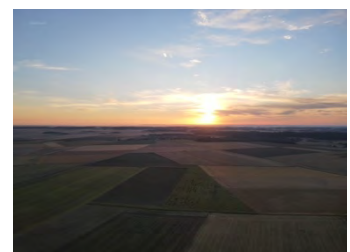
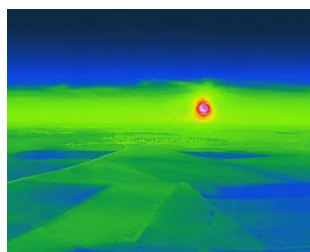
141– Mesures thermiques sur les Fosses du Breuil au-dessus de l’enclos nord-est, vue de l’est, 06/07/2022, 15h30 – fenouil [© I. Le Tellier 2022]



142– Anomalies phytologiques détectées aux Fosses du Breuil au-dessus de l’enclos nord-est, vue du sud [© Archéo27 2008]

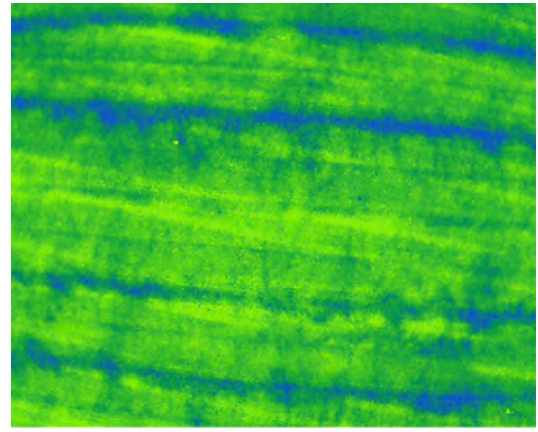
moisson, quelques jours auparavant, comme il l’avait été durant l’hiver [fig. 139-140]. En revanche, au-dessus de l’enclos ont pu être détectées de façon assez nette, sur le fenouil, des formes circulaires en creux (couleur Bleu foncé) [fig. 141], répondant aux deux petites fosses détectées en photographie aérienne [fig. 142 & supra fig. 111]. Le vol V3 a été renouvelé le lendemain (V4), très tôt le matin pour s’affranchir du vent et de l’ensoleillement [fig. 143] : le temple est à peine visible en RGB [fig. 144] et invisible en IR [fig. 145].

143– Conditions de mesure du vol V5 au matin du 07/07/2022 : lever du soleil [I. Le Tellier 2022]





144– Photographie RGB sur le sanctuaire des Fosses du Breuil au droit du temple, 07/07/2022, 6h00 – chaume d’orge [© I. Le Tellier 2022]



145– Mesures thermiques sur le sanctuaire des Fosses du Breuil au droit du temple, 07/07/2022, 6h00 – chaume d’orge [© I. Le Tellier 2022]

Peu concluants, les tests de mesures thermiques se sont avérés surtout très contraignants. De nombreux paramètres extérieurs sont en effet à prendre en compte pour optimiser la programmation d’un vol, qu’il s’agisse des conditions climatiques, de la présence/absence et du type de végétation au sol, de la nature des vestiges, voire de la nature du sol même. Les résultats diamétralement opposés obtenus lors des deux tests effectués dans les mêmes conditions aux Fosses du Breuil et à Bellevue montrent que les mesures sont moins sensibles à l’inertie thermique des vestiges par rapport à l’encaissant [fig. 139] qu’au stress hydrique des plans provoqué soit par la présence de maçonnerie qui entrave leur système racinaire [fig. 138] soit au contraire favorisé par la rétention de l’humidité que permet la présence de structures en creux [fig. 141].

– Prospections aéroportées par drone : essais de mesures magnétiques –

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 qui ont été discutées 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 et a été testé en 2022 sur des sites à géologie contrastée (sol limoneux / riche en silex). Un essai a été réalisé aux Fosses du Breuil au mois de mars. La précision de la hauteur de mesure reste la principale difficulté : bruit mesuré à 2 nT pour une anomalie recherchée de 10-15 nT (muret). Pour assurer le maintien du capteur à une même hauteur réduite – inférieure à 5 m – par rapport au sol, le matériel a été doté d’un télémètre permettant d’augmenter la précision du contrôleur de vol. Ont également été testés différents post-traitements pour déterminer les plus adaptés à la recherche d’artéfacts archéologiques.

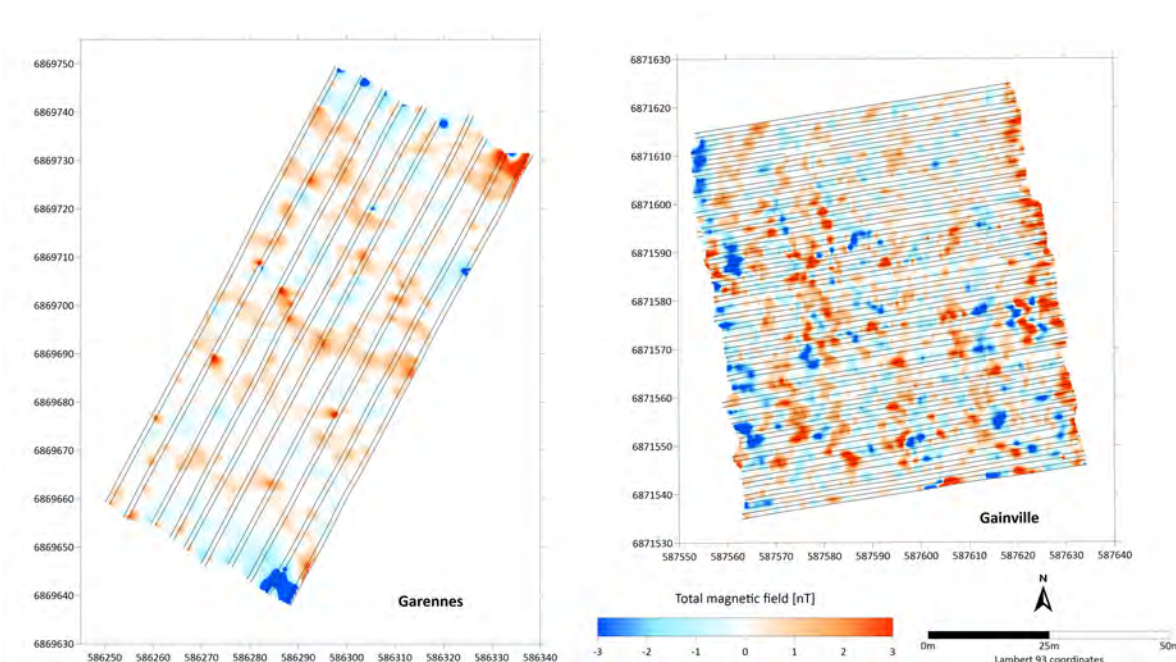
Comme pour les mesures thermiques, les tests ont privilégié les deux mêmes sites de topographie et de géologie différentes : celui de Bellevue en plaine alluviale (Garennes-sur-Eure) et celui des Fosses du Breuil sur le plateau (Guainville), en focalisant sur la zone de chacun des sanctuaires dont les maçonneries de chaux sont susceptibles d’avoir conservé leurs propriétés magnétiques et par conséquent de répondre à un phénomène d’aimantation rémanente différent de celui de l’encaissant.

Les vols ont été réalisés le même jour, en mars. Aux Fosses du Breuil, deux vols ont été effectués à deux hauteurs différentes : l’un (V1) à 50 cm/sol, l’autre (V2) à 1 m/sol. À Bellevue, le premier vol a montré de fortes

interférences magnétiques, rendant quasi impossible les mesures, voire le pilotage du drone. Un deuxième vol (V4) a été réalisé en s'éloignant de la route au sud de la rivière, qui a permis de s'assurer qu'il ne s'agissait pas d'un problème matériel. Le troisième vol (V5) a reconduit une partie du premier en commençant au nord.

	Localisation	Hauteur / sol (m)	Vitesse acquisition (m/s)	Entreligne (m)
• Guainville	V1	temple	0,5 – 0,6	3
	V2		1	3
• Garennes	V3	est route	0,5 – 0,6	3
	V4	test champs	0,5 – 0,6	3
	V5	est route	0,5 – 0,6	3

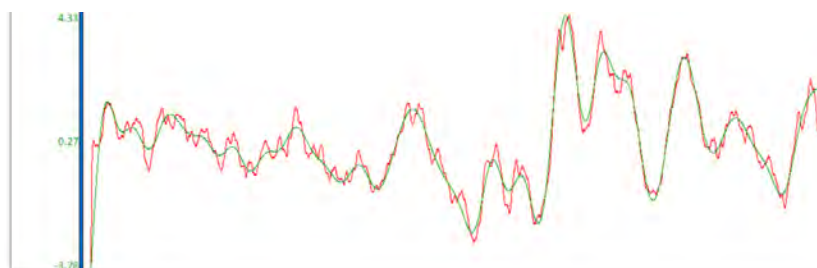
Une première lecture des cartes a été effectuée en champ total [fig. 146]. Aucune signature particulière n'est ressortie sur le site de Bellevue en-dehors de quelques réponses linéaires mais très bruitées, d'orientation SE/NW, perpendiculaires aux lignes de vol.

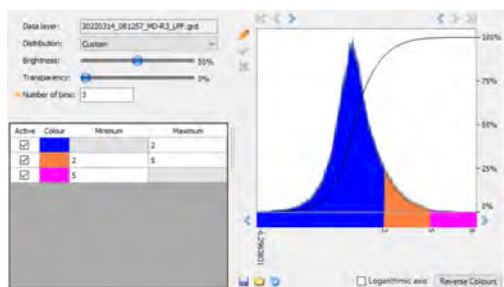


146– Cartes des anomalies magnétiques en champ total issues des prospections magnétiques au-dessus des temples de Bellevue (à gauche) et des Fosses du Breuil (à droite) [C. Camerlinck 2022]

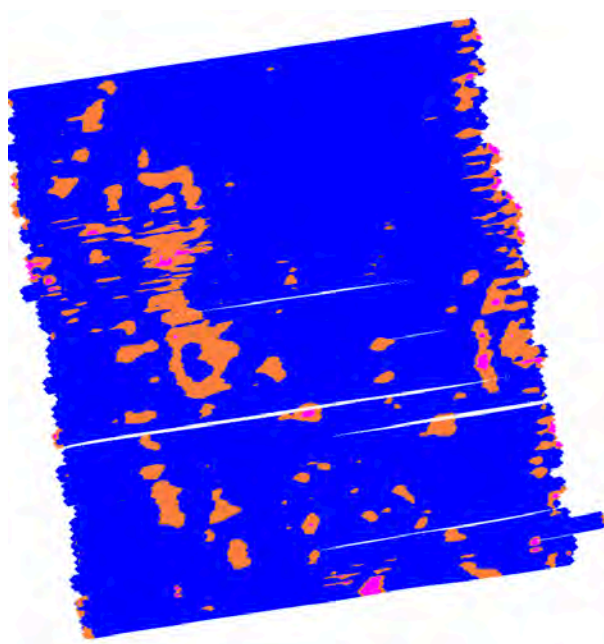
Un premier filtre a été appliqué sur la carte des Fosses du Breuil, traitée sous MagDrone DataTool®. Il permet un lissage avec une fréquence de coupure du signal paramétrée à 5 Hz et une compensation médiane réglée sur une maille de 50 m correspondant à l'espace occupé par la portion ouest du sanctuaire. Un filtre « low-pass » complémentaire, laissant passer les basses fréquences (passe-bas), a ensuite été passé sous Montaj® [fig. 147].

147– Diagramme de lissage du champ total : la ligne rouge correspond au champ total et la ligne verte au lissage [A Dobrovolskiy, UgCS 2022]





147– Palette de couleur utilisée pour renforcer la signature des signaux magnétiques

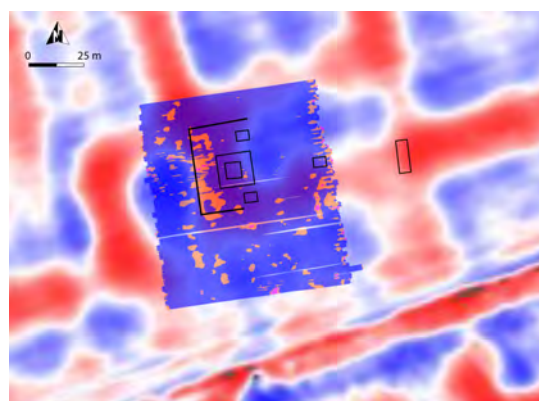


148– Carte des anomalies magnétiques après application des filtres [A Dobrovolskiy, UgCS 2022]

Enfin, pour renforcer le contraste des anomalies, une palette de trois couleurs a été utilisée, du rouge (le plus intense) au bleu (absence de signal) [fig. 147]. L'utilisation de ce double filtre permet de discrétiser les réponses isolées et de dégager les tendances linéaires [fig. 148]. L'enregistrement au format kml et le repositionnement sur Google Earth montre une concordance du signal médian avec le mur ouest du péribole et/ou sa démolition [fig. 149]. La superposition sur l'image LIHA le relie à une platebande saillante [fig. 150].



149– Superposition de la carte magnétique sur Google Earth



150– Superposition de la carte magnétique sur l'image LIHA

Dans l'optique de valider la pertinence d'une prospection géomagnétique aéroportée sous drone, la méthode et sa mise en œuvre, une campagne de prospection géophysique au sol a été programmée à l'automne 2022 aux Fosses du Breuil.

V – Prospections géophysiques au sol sur le site des Fosses du Breuil (Guainville)

[Fabienne Dugast – avec la collaboration de Christian Camerlynck]

Du matériel classique de prospection géophysique – mesures de conductivité, résistivité électrique, magnétomètre et radar-sol – a été déployé sur des parcelles rendues disponibles (après récolte) situées aux Fosses du Breuil, autour du sanctuaire antique et, au nord-est, de l'enclos et l'alignement d'hypothétiques fosses sur une ligne diagonale.

La campagne s'est tenue dans le cadre d'un stage de formation de masteurants de Sorbonne Université – Sciences et ingénierie (master SDUEE de l'UFR 918 Terre, Environnement, Biodiversité), organisé sous la direction de Christian Camerlynck (Métis, stage M2G2). Trois stagiaires ont été accueillis (Daniel, Mohamed et Zaccharian) avec deux objectifs :

1. tester les différentes technologies utilisées en géophysique – électrique, magnétique, radar-sol – pour mieux saisir les interactions entre technologies et nature du sol/sous-sol et sa conductivité en fonction de l'épaisseur des dépôts éoliens et de la nature et de l'état de conservation des structures enfouies ;
2. cartographier la zone du sanctuaire avec le maximum de détails, au-delà des indices perceptibles par photographie aérienne, et subsidiairement cartographier la zone de l'enclos.

Un carroyage manuel de 100 x 100 m a été implanté au-dessus du sanctuaire sur une maille de 50 m orienté parallèlement au chemin (et aux sillons) situé au sud, soit approximativement NEE/SWW, et centré sur l'angle SW de la *cella* (point pris à partir du kml reporté sur le terrain par GPS). Pour assurer le bon déroulement des opérations, ce carroyage a été doublé à l'intérieur sur une maille de 25 x 25 m, puis reporté vers l'est [fig. 151]. Au-dessus de l'enclos, dans sa portion sud-ouest, un carroyage de 50 x 50 m a été défini sur une maille de 25 m, parallèle au chemin situé à l'est, soit suivant une orientation NE/SW de manière à recouvrir deux des petites fosses ainsi qu'une portion de l'enceinte sud du bâtiment [fig. 152]. Neuf points ont été pris sur le terrain à l'issue de la campagne, avec un GPS différentiel RTK calé sur une borne géodésique retrouvée sur la route de Bueil à Guainville, 750 m à l'ouest (X 1.462279 | Y 48.929298 | Z 137 m).

Quatre types d'opérations ont été menées avec cinq appareils différents : mesures de conductivité (électromagnétique), susceptibilité magnétique, résistivité électrique, impulsions radar [fig. 153].



151– Carroyage implanté sur le sanctuaire des Fosses du Bueil (point de référence X 1.465570 | Y 48.934430)



152– Carroyage implanté sur la portion sud-ouest de l'enclos aux Fosses du Bueil (point de référence X 1.471415 | Y 48.938232)



153– Les différents appareils de mesure géophysique utilisés : de gauche à droite magnétomètre, détecteur de métaux, résistivimètre, radar-sol [© F. Dugast 2022]

Pour chaque opération, les mesures sont faites en un point donné. L'opérateur sur le terrain les enchaîne tous les mètres dans les deux directions (*forward/backward*) en lignes successives avec un écartement de 0,40 à 0,50 m entre chaque profil selon la technique utilisée, jusqu'à couvrir l'ensemble de la zone à investiguer. Le cheminement s'est fait perpendiculairement aux sillons pour éviter les faux signaux que peuvent transférer ces derniers. Les mesures et les cartes sont exploitées sous Surfer®.

– Mesures de conductivité [électro-magnétique] –

Les mesures de conductivité ont eu pour objectif principal de mesurer la qualité du sol et du sous-sol en termes de résistivité et de réponse et de préciser les stratégies de mesures à développer.

À l'inverse de la résistivité électrique, la conductivité électrique traduit la facilité avec laquelle un courant électrique traverse un volume de sol. Un sol très sec ou très pierreux présentera une résistivité haute ; inversement, un sol humide, salé ou argileux aura une résistivité basse. Aux deux extrêmes, le vide correspond à une résistivité infinie et la présence d'un métal à une résistivité proche de zéro. La résistivité électrique d'un sol est par conséquent fonction d'un ensemble de paramètres tels que sa teneur en eau, sa porosité (rapport du volume de vide sur le volume total), la conductivité ionique des liquides présents, etc. En prospection archéologique, vont être enregistrées et mesurées les variations de la valeur absolue de la résistivité [Simon *et al.* 2020].

L'opération a duré 4 h pour couvrir 10 000 m².

En premier examen, la conductivité s'est avérée moyenne, avec une forte résistivité du sol plus ou moins argileux et très sec. Les résultats ont été peu encourageants en-dehors de quelques anomalies à vérifier.

– Susceptibilité magnétique [magnétomètre / détecteur de métaux] –

La mesure magnétique traduit la capacité d'un corps à s'aimanter. En prospection archéologique, elle permet de mesurer une modification de cette capacité due à une action humaine passée. Si, globalement, les porteurs de la susceptibilité sont des particules d'oxydes de fer présents dans tous les sols (oxydes, hydroxydes et sulfures de fer) et/ou proviennent de l'altération de la roche-mère pour partie, ils sont non seulement un indicateur de l'évolution du sol, mais aussi de l'action humaine, qui peut favoriser ou non la création de ces oxydes. Le mécanisme le plus connu est l'action du feu, qui favorise la transformation de certains oxydes de fer qui sont aisément détectable du fait de leur magnétisme plus fort (sol chauffé, argiles cuites, ou encore objets métalliques comme des scories). On a remarqué aussi que les structures fossoyées (fosses, fossés, trous de poteaux) possèdent très souvent un magnétisme faible qui les rend, par procédé opposé, tout aussi détectables.

L'objectif était de tester deux matériels : un ancien magnétomètre, comportant deux capteurs verticaux distants de ± 0,40 m, et un détecteur de métaux [Sensys SBL10] composé de deux capteurs verticaux distants de 0,37 m, paramétré en version magnétomètre et réglé sur les gradients. Chacun a été utilisé sur les deux types de terrain : le sanctuaire au sommet du plateau, où les dépôts éoliens restent faibles sur substrat calcaire, et l'enclos, en léger contrebas, où les dépôts éoliens sont plus forts sur un substrat plus argileux.

Les premiers levés ont été ramenés sur le temple, sur une maille de 30 x 30 m (carré NE 25 x 25 + 5 m W + 5 m S). Les aller-et-retour ont été effectués tous les mètres : l'opération a duré 3h pour couvrir moins de 1 000 m².

Les seconds levés ont été effectués sur la portion sud-ouest de l'enclos dans les mêmes conditions. L'opération a duré 1h30 pour couvrir le quart NW de la surface carroyée, soit près de 700 m².

Les résultats acquis à l'aide de magnétomètre se sont avérés peu satisfaisants sur le temple – similaires aux levés magnétiques aéroportés sous drone : on devine plus qu'on ne détecte les structures au milieu de beaucoup de bruit [fig. 154]. En revanche, ceux obtenus à l'aide du détecteur de métaux ont offert une image relativement précise du monument [fig. 155].

Les résultats ont été en revanche négatifs sur l'enclos : aucune anomalie n'a été enregistrée.

– Résistivité électrique [résistivimètre] –

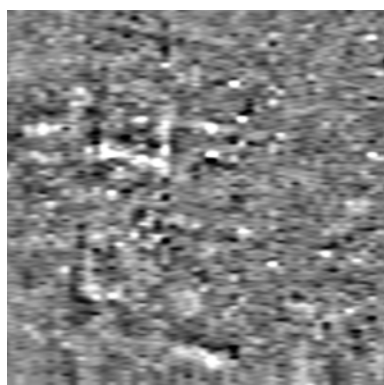
Les mesures de résistivité électrique apparente du sol traduisent la difficulté avec laquelle un courant électrique peut traverser un volume de sol donné.

En prospection archéologique, il s'agit de mesurer les variations de résistivité électrique entre le sol et les différentes structures enfouies, sachant que la grande majorité des structures archéologiques possèdent toujours un contraste électrique. Les murs seront en particulier le type de structure le plus facilement détectable par cette méthode : leur résistivité électrique est en général plus importante que celle du sol environnant. Les structures en creux (anciens fossés) peuvent être également résistant électriquement s'ils ont été comblés avec des pierres, ou bien à l'inverse conducteurs (cas le plus fréquent) si de l'humidité y est présente.

Un courant faible, de l'ordre de quelques milliampères, est injecté dans le sol à l'aide d'électrodes plantées de quelques centimètres. Ce courant crée dans le sol un potentiel électrique qui se mesure avec et par rapport à d'autres électrodes. Le rapport d'une différence de potentiel à l'intensité donne par définition une résistance électrique (loi d'Ohm). La distance entre les électrodes contrôle la profondeur d'investigation (la profondeur maximale pour laquelle une structure est détectable). Il est donc possible, contrairement aux autres méthodes géophysiques, radar excepté, de contrôler la profondeur d'investigation. L'utilisation d'une géométrie d'électrode permet d'obtenir une cartographie horizontale du sol (soit une image de toutes les structures présentes dans le sol jusqu'à la profondeur d'investigation). Le passage à plusieurs profondeurs d'investigation nécessite par contre beaucoup plus de temps [Dabas 2018].

Les aller-et-retour ont été effectués tous les mètres avec une barre de 1 m munie de trois électrodes espacées de 0,50 m : l'opération a duré 8h pour parcourir 2 500 m².

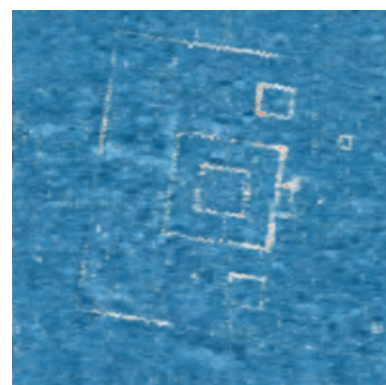
Les résultats se sont avérés très positifs [fig. 156], mais l'acquisition des données particulièrement lourde. L'opération n'a pas été tentée sur l'enclos.



154– Carte des anomalies magnétiques
obtenues à l'aide du magnétomètre
[© C. Camerlynck 2022]



155– Carte des anomalies
magnétiques obtenues à l'aide
du détecteur de métaux
[© C. Camerlynck 2022]



156– Carte de résistivité électrique
[© C. Camerlynck 2022]

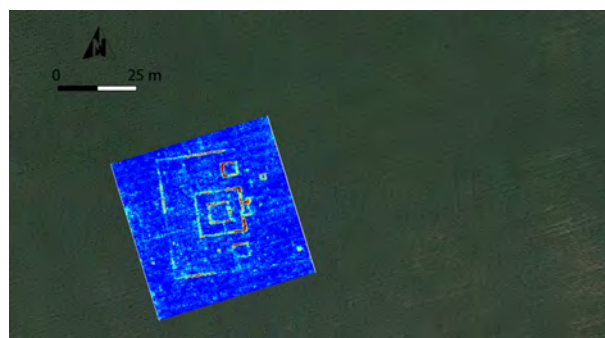
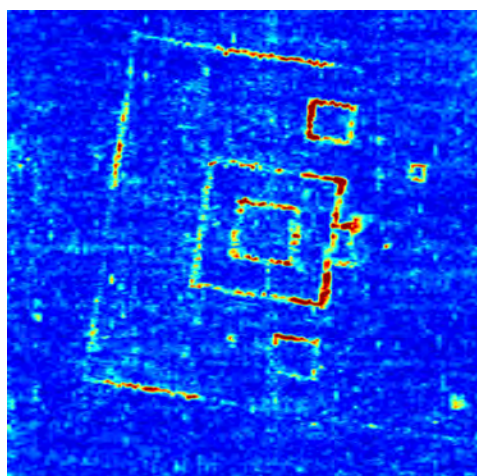
– Radar-sol une voie [Radio Detection and Ranging] –

Principe ancien (1930), le radar à pénétration de sol n'a eu d'application systématique à l'archéologie que très récemment, à partir des années 2000. Il s'appuie principalement sur la constante diélectrique, qui représente la capacité d'un matériau à se polariser sous l'effet d'un champ électrique et qui est de ce fait considérée comme très liée à la présence de l'eau dans le sol, tout comme la méthode électrique.

Le capteur émet à l'aide d'une antenne une onde électromagnétique haute fréquence, entre 25 et 1 000 MHz (correspondant aux fréquences radio utilisées par les téléphones cellulaires), et reçoit sur une antenne réceptrice les échos correspondant aux différents matériaux rencontrés. La réponse (un écho) est fonction des variations de la constante diélectrique. La distance ou la profondeur de la cible est déduite de la vitesse de propagation dans le substrat. La complexité de l'application du radar en archéologie tient au fait que l'onde se propage dans le sol et non dans l'air. Dans un sol, l'énergie de l'onde radar peut être absorbée très rapidement (moins d'un mètre, voire quelques centimètres dans l'argile) et se voit « dispersée » par la présence des nombreuses hétérogénéités dans le sol [Dabas 2018]. Le radar utilisé en archéologie (ou radar-sol – GPR) est paramétré selon une fréquence particulière.

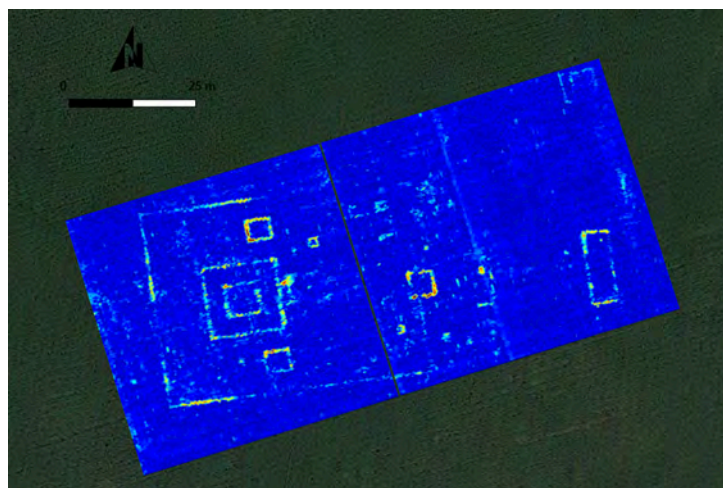
S'agissant d'un test, les levés ont été effectués sur le temple, autour du point de référence centré sur l'angle SW de la *cella*, sur une maille de 50 x 50 m. Les aller-et-retour ont été effectués tous les 0,40 m. L'opération a duré 5 h pour parcourir les 2 500 m².

Malgré les caractéristiques du sol (limons de surface sur des argiles à silex, sol sec et travaillé, *a priori* contre-indiqué pour ce type d'opération), les résultats se sont avérés très positifs, dessinant le plan d'ensemble avec précision à partir de 0,50 m de profondeur [fig. 157].



157– Carte du radar précisant la position, les contours et les dimensions du temple ainsi que de ses annexes (prof. 0,50 m) [© C. Camerlynck 2022]

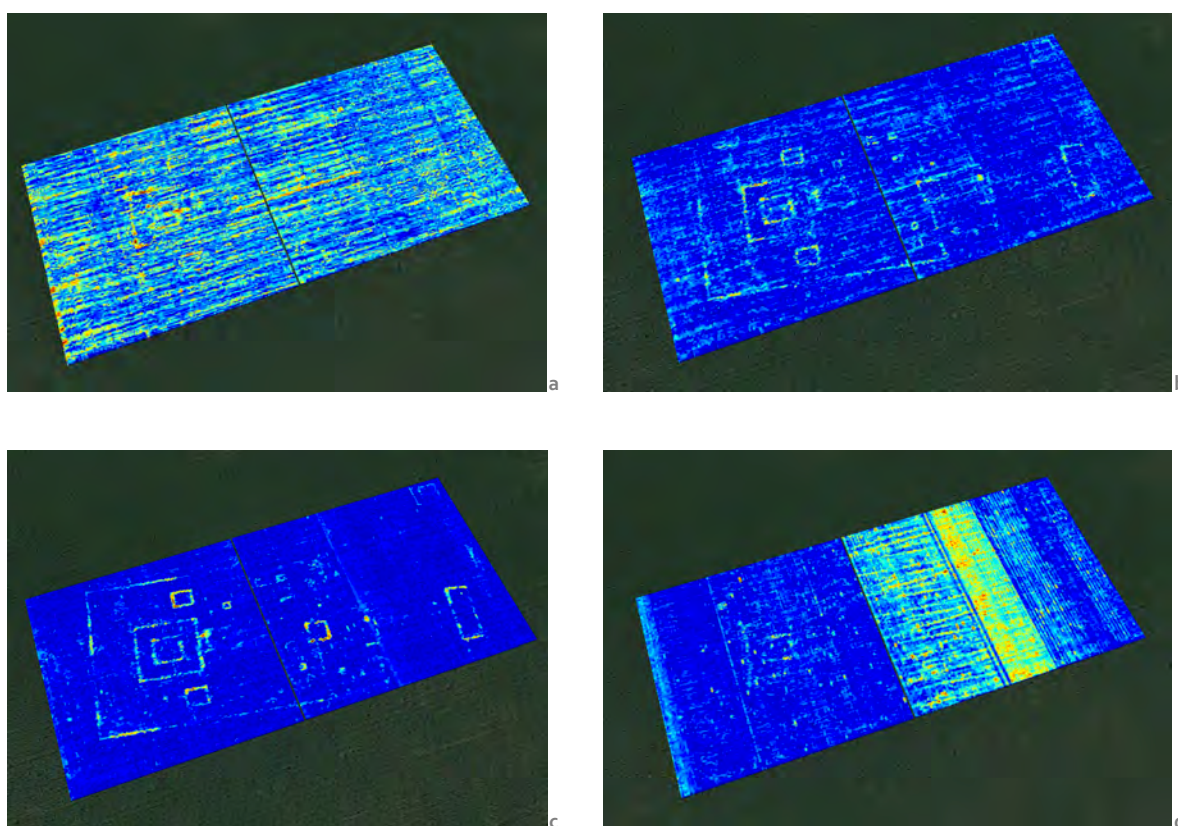
Au vu des résultats positifs et de la durée d'acquisition relativement courte, le levé a été continué dans le prolongement oriental du premier carré prospecté, sur 100 m : l'opération a duré 5 h et confirmé la lecture des structures à 0,50 m de profondeur [fig. 158]. En revanche, il n'a pas pu être testé sur la parcelle concernée par l'enclos en raison de la présence des tiges rigides de fenouil.



158– Carte du radar précisant la position des structures à l'est du temple (prof. 0,50 m) [© C. Camerlynck 2022]

Le radar-sol a permis non seulement d'ajuster les contours et les dimensions du temple, mais également de compléter en partie l'organisation du sanctuaire proprement dit. La *cella* représente un carré de 6 x 6 m entouré d'une galerie de 2 m de large, légèrement plus étendue côté est où elle est précédée d'un porche de 2 m de profondeur pour une largeur de 5 m, portant les dimensions totales du temple à 13 x 16 m. Le péribole se développe sur 37 m du nord au sud et manifestement sur plus de 100 m d'est en ouest. Deux petites annexes quadrangulaires de 4 x 5 m se placent de part et d'autre du temple, alignés sur sa galerie est, et trouvent un écho 25 m plus à l'est, dans l'axe du porche. Un petit édicule d'à peine plus de 1 m² apparaît clairement à 7 m à l'est de l'angle NE du temple. Enfin peut être replacée également, 60 m à l'est, une annexe oblongue de 14 x 5 m.

Les mesures du radar-sol permettent en outre de bien estimer la profondeur des arases [fig. 159] : ici, entre 0,20 à 1 m pour le temple, entre 0,20 à 0,60 m pour le péribole, profondeurs qui correspondent probablement aux fondations faites essentiellement de chaux sur ± 0,70 m de large. Les annexes orientales apparaissent à partir de 0,70 m de profondeur. On notera qu'à 0,40 m, un certain nombre de traces peuvent être relevées, qui restent à définir – structures plus légères, peut-être antérieures ou au contraire postérieures [fig. 159 b].



159– Mesures radar des profondeurs des maçonneries : a. 0,25 m ; b. 0,40 m ; c. 0,50 m ; d. 1 m [C. Camerlynck 2022]

VI – Bilan et perspectives

Destinées à pallier le contexte particulier de faible intervention archéologique sur le secteur d'étude, les opérations de prospection pédestre se sont avérées en définitive moins efficaces qu'attendu. Contraintes par les conditions climatiques au moment des labours – froid et neige (2019), pluies abondantes (2020-2021) ou sécheresse (2022) – et/ou par la disponibilité des parcelles cultivées, les propriétaires ou exploitants agricoles marquant une large préférence pour des opérations non invasives, elles se sont heurtées le plus souvent à une faible lisibilité au sol, amenant à privilégier le déploiement de techniques de prospection géophysique

aéroportées par drone – LiDAR, thermique, géomagnétique. En première analyse, aucun indice de structure archéologique n’a pu véritablement être détectée à l’aide des capteurs utilisés alors que la photo-interprétation résultant des prospections aériennes d’Archéo27 et de l’analyse d’orthophotographies de l’IGN laissent voir, par contrastes phytologiques, des formes géométriques interprétables comme étant d’origine anthropique – et notamment les deux temples gallo-romains de Bellevue (Garennes-sur-Eure) et des Fosses du Breuil (Guainville). En-dehors des paléochenaux de l’Eure, les seules variations micro-topographiques identifiables grâce au LiDAR notamment restent 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 (1830) de chacune des deux zones-atelier. L’assolement des terres comme leur nivellement résultant de la mécanisation des pratiques agricoles rendent sans doute ces levés difficiles d’interprétation. La technique LiDAR étant éprouvée [LeTellier-Heitz 2020], les efforts se sont concentrés sur l’interprétation visuelle des MNT [Rapport 2021] et sur d’autres techniques de post-traitement connues mais moins classiquement utilisées (sky-factor, ombrages multiples [MDOW], relief local [LRM], intensités...), ou encore l’utilisation d’applications ou logiciels spécifiques (LiHA, CloudCompare), pour tenter de mettre en évidence, de préciser et de localiser les anomalies détectées par ailleurs et ainsi obtenir des cartes microtopographiques plus détaillées.

L’utilisation d’autres types de capteurs (thermique, magnétique) reste à l’étude, dans un double objectif : de complémentarité en termes de capacité de détection et de prospection extensive sur des surfaces supérieures à 10 ha [Rapport 2021 & 2022]. L’avantage de ce type de technique aéroportée est sans conteste son mode non invasif mais également sa souplesse de mise en œuvre qui permet d’effectuer les tests à différents niveaux – selon le type de sol, de végétation, d’albédo, de microclimat – et affiner ainsi l’utilisation des types de capteurs. Dans cette optique, les protocoles d’investigation et de prospection ont été mis en perspective avec les techniques plus traditionnelles de la géophysique – conductivité, magnétique, électrique, radar-sol – sur l’un des deux sanctuaires de la zone-atelier 1 (les Fosses du Breuil) pour évaluer la pertinence des types de capteurs selon les conditions des sols, de la végétation, de l’albédo, du microclimat. Fréquemment pris en exemple, le Vieil-Évreux représente à ce titre les conditions optimales où tous les types de mesure apportent un résultat positif et complémentaire [Aubry 2003 ; Tabbagh *et al.* 2022]. Aucun référentiel ne permet à ce jour de cibler le type de mesure et de capteur susceptible de fonctionner le mieux selon le type de sol (géologique et géomorphologique) associé au type de structure archéologique (maçonnée, en creux...).

En l’occurrence, il s’est avéré que :

- l’électrique fonctionnerait [fig. 156] quelle que soit la nature du sol, mais n’est pas efficace en termes de « durée d’opération » et par conséquent dans un contexte de prospection extensive ; la méthode tractée n’a pas été testée mais est reconnue pour être moins efficace en toute condition en raison de l’implantation moins profonde des électrodes ;
- le magnétique a donné des résultats très mitigés [fig. 154-155], dépendant de l’appareil utilisé et, quoiqu’il en soit, moins précis ; le détecteur de métaux semble difficile d’utilisation sous drone en raison de sa configuration même et de la nécessaire distance des capteurs au sol ;
- le radar-sol reste la seule méthode efficace en termes de précision et de lisibilité [fig. 157-158], qui permette en outre de bien estimer la profondeur [fig. 159] ; il n’a pas pu être testé sur les structures en creux de l’enclos ni dans les limons de la plaine alluviale (sanctuaire de Bellevue notamment) faute d’accès aux parcelles : l’adaptabilité à l’archéologie d’un capteur radar aéroporté par drone pourra peut-être être testée.

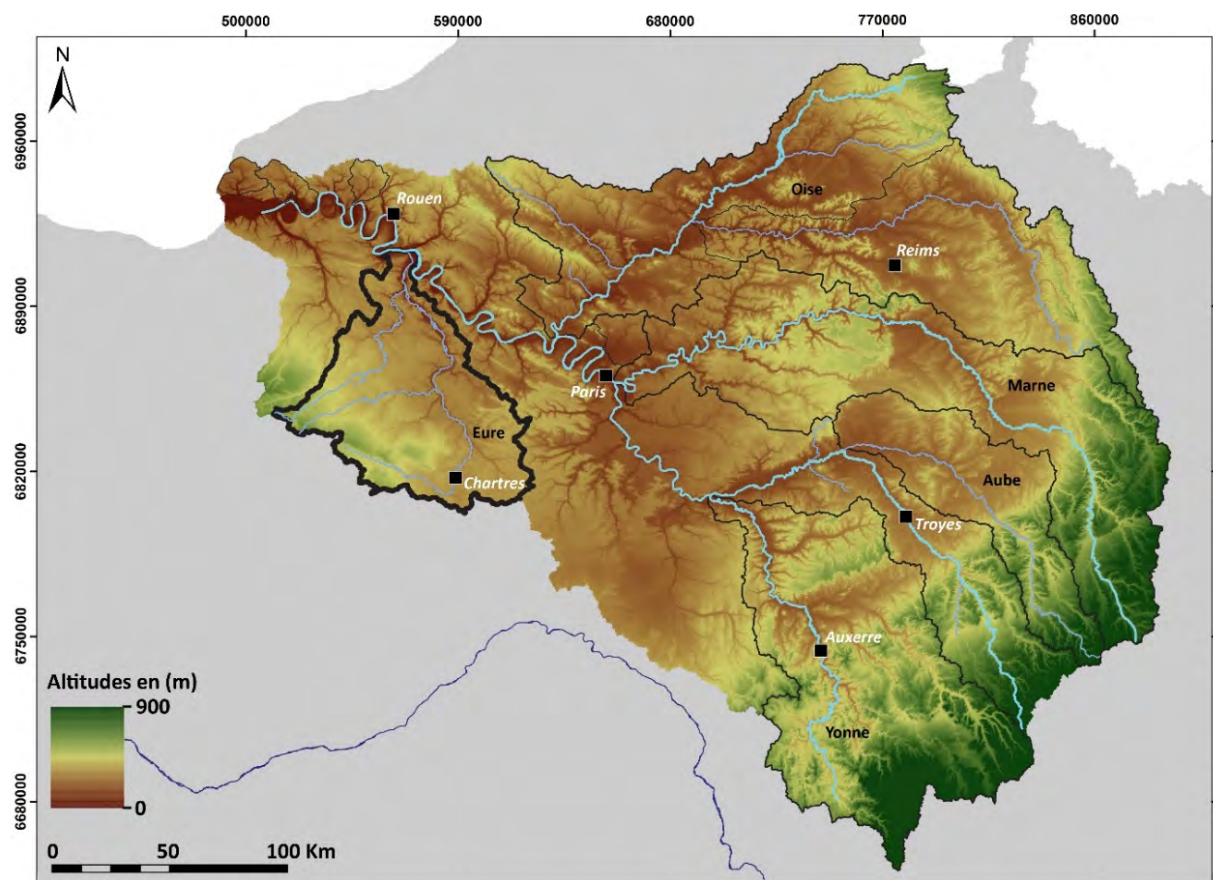
En termes de prospection extensive, la prospection aérienne reste à l’heure actuelle la technique la plus probante, qu’il est aisé de coupler au LiDAR aéroporté sous drone comme solution à la fois intermédiaire et complémentaire des prospections au sol. Dans le cadre de surfaces extrêmement planes, ce dernier doit cependant faire l’objet de post-traitements très poussés qui ne sont pas sans incidence sur le temps opératoire.

Partie III

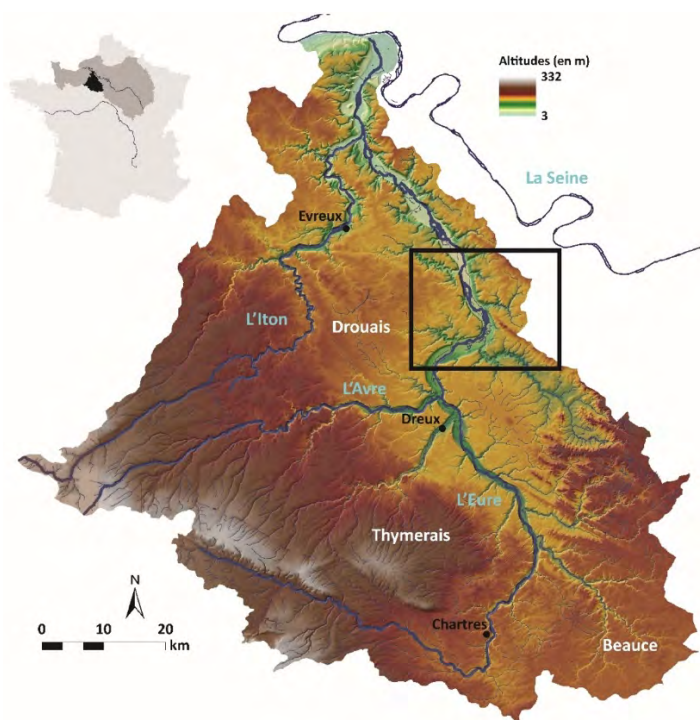
Approche géoarchéologique multiscalaire de la vallée de l'Eure moyenne

[coord. François Bétard & Théophile Piau]

Située aux portes de l'Île-de-France, à l'interface entre trois départements (Eure – 27, Eure-et-Loir – 28, Yvelines – 78), la vallée de l'Eure est un espace aujourd'hui moyennement peuplé qui appartient à l'aire d'influence parisienne. Les paysages de cette vallée secondaire ont été modelés dès la Préhistoire par des communautés humaines aux influences culturelles multiples. Sur le plan géo(morpho)logique, la vallée de l'Eure se singularise par un cadre morpho-structural contrasté entre les deux rives. En rive gauche, la surface des plateaux est sous-tendue par les couches sédimentaires crayeuses du Crétacé tandis qu'en rive droite, ils sont principalement soulignés par les dépôts variés du Tertiaire. Cette configuration géologique est à l'origine d'une grande diversité de formes et formations superficielles quaternaires favorables à la conservation d'archives paléoenvironnementales. En dehors de rares investigations dans les années 1970 [Dewolf 1977], la vallée de l'Eure est restée en marge des développements récents de la recherche scientifique en dépit d'un riche potentiel géoarchéologique. Son statut majoritairement agricole ne donne lieu qu'à peu de projets d'aménagement, et par conséquent d'opérations d'archéologie préventive, en-dehors des principaux pôles urbains que sont Chartres, Dreux, Évreux et la confluence avec la Seine [fig. 160-161].

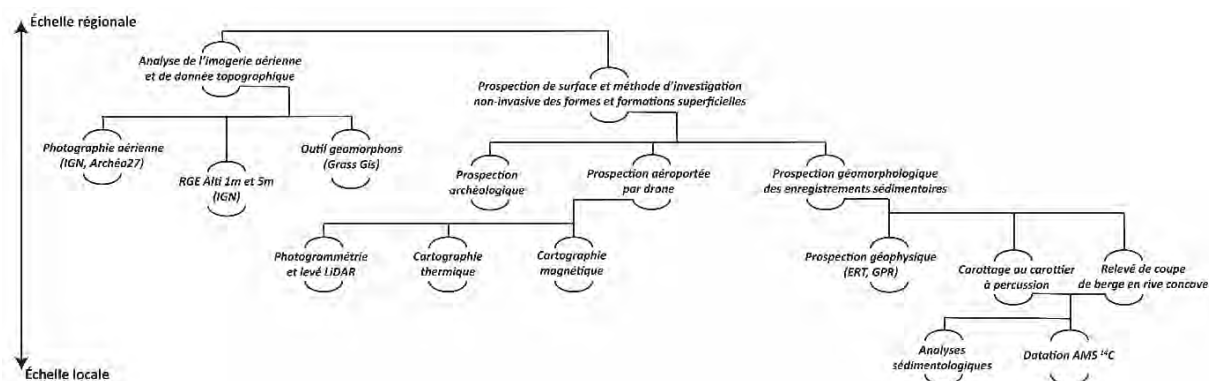


160– Carte de localisation du bassin-versant de l'Eure à l'échelle du système Seine [fond orographique : BD Alti 25 m de l'IGN ; fond hydrographique : BD Carthage de l'IGN ; système de coordonnées : Lambert 93 Conformal Conic – © T. Piau 2020]



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

Les connaissances acquises sur les formations superficielles pléistocènes sont lacunaires et l'ancienneté des observations invite à rester prudent sur la validité de leur attribution chronologique. L'absence d'un cadre chronostratigraphique robuste, tant pour les formations éo-colluviales qu'alluviales, ne permet guère de proposer des corrélations régionales, notamment avec la Seine et ses principaux affluents (Yonne, Marne). Les modèles préliminaires proposés pour la vallée de l'Eure ne semblent toutefois pas s'éloigner de ceux de l'Yonne et de la Somme [Antoine *et al.* 2007]. Pour les formes et formations superficielles d'âge holocène, les données disponibles sont plus récentes et issues d'opérations archéologiques préventives. Elles concernent essentiellement la portion aval de la vallée de l'Eure et n'ont jamais fait l'objet d'une mise en perspective comparative à l'échelle du *continuum* fluvial. La documentation acquise suggère néanmoins un potentiel paléoenvironnemental et géoarchéologique élevé, tant en fond de vallée de l'Eure que dans les sous-bassins de rive droite, largement ouverts dans les séries tertiaires. Entre 2019 et 2022, l'approche géoarchéologique multi-scalaire de la vallée moyenne de l'Eure s'est attaché à **améliorer la connaissance sur les interactions sociétés-environnement et les dynamiques paysagères quaternaires dans cette région peu investie du point de vue archéologique, géomorphologique et paléoenvironnemental**. À cette fin, différentes méthodes et outils ont été testés et combinés à des échelles spatiales complémentaires, dans une perspective interdisciplinaire, multi-scalaire et diachronique [fig. 162].



162– Synthèse des méthodes et des outils mobilisés dans le cadre de l'approche géoarchéologique du PCR ValEuRT [© T. Piau 2023]

I – Positionnement scientifique

[Théophile Piau]

Depuis le début des années 2000, un important renouvellement conceptuel, thématique et méthodologique a eu lieu dans le champ des sciences de la Terre, de l'Environnement et de la Société avec l'émergence du concept d'« anthroposystème » [Levêque *et al.* 2003]. La volonté d'étudier un milieu géographique dans une perspective systémique et inter-, voire pluri-disciplinaire invite le géographe physicien / géomorphologue à questionner non seulement les processus biophysiques qui sont à l'origine de sa morphogenèse, mais aussi et surtout à y intégrer la dimension sociale. La réflexion collective engagée dans le cadre du PCR ValEuRT tente alors d'établir une cohérence et des liens scientifiques solides entre les différentes disciplines et/ou approches qu'il mobilise – géomorphologie fluviale, approche géoarchéologique et archéologie – dans la compréhension d'un objet commun : les paysages fluviaux. Les fondements théorique, conceptuel et méthodologique de la géomorphologie fluviale et de l'approche géoarchéologique structurent ce travail, à l'interface entre recherche fondamentale et applications sociétales, autour d'une thématique centrale : les interactions sociétés / environnement, et plus spécifiquement sociétés / cours d'eau.

Le PCR ValEuRT s'intéresse à la dynamique d'un hydrosystème fluvial à faible énergie (*i.e.*, puissance spécifique inférieure à 15 W/m²) : l'Eure. Il s'insère dans le champ de la recherche en géomorphologie fluviale et de ses fondements théorique et conceptuel. Cette recherche mobilise les concepts structurants et systématiques de « système fluvial » et d'« hydrosystème fluvial », mais également de « géosystème » et d'« anthroposystème ». Il s'attache aussi à définir *via* la mise en œuvre d'une **approche géoarchéologique** – entendue comme « l'application des méthodes issues de la géographie et des géosciences à la reconstitution, dans une perspective archéologique, des paléoenvironnements et des dynamiques paysagères » [Fouache 2010] –, **les conditions de la dynamique fluviale d'une rivière anthropisée**. Il tente de discriminer la part respective des variables naturelles (*e.g.*, lithologie, climat) et/ou anthropiques (*e.g.*, occupation du sol, aménagements hydrauliques) qui sous-tendent sa trajectoire hydro-géomorphologique à l'Holocène [10 000 – actuel]. Enfin, ce travail **s'intéresse à l'existence de « métamorphoses » au sein du système fluvial** – entendu ici comme une modification durable du fonctionnement du système [Starkel 1983 ; Bravard 1998 ; Bravard, Salvador 1999] – et **des effets qu'elles peuvent induire et/ou entretenir avec l'occupation du sol environnante par les sociétés humaines** (*i.e.*, exploitation et gestion du milieu, des ressources, risques passés).

– Démarche méthodologique et échelles spatiales d'investigation –

L'approche géoarchéologique multi-scalaire de la vallée moyenne de l'Eure tend à considérer les arguments pertinents que peuvent apporter conjointement l'étude de la morphologie du territoire et l'archéologie dans une stratégie commune d'acquisition et de traitement des données. Cet axe de recherche s'est focalisé sur **deux échelles spatiales d'investigation** : (1) **l'échelle régionale**, celle de la vallée moyenne de l'Eure – et, (2) **l'échelle locale**, celle d'un tronçon de plaine alluviale de l'Eure et de deux de ses sous-bassins versant.

1– À l'échelle de la moyenne vallée de l'Eure : cartographie géomorphologique et zonage des potentialités paléoenvironnementales et géoarchéologiques –

L'absence d'un véritable corpus de sites archéologiques identifiés et le peu de données matérielles ont amené à s'interroger sur leur visibilité dans le paysage, leur état de conservation et/ou sur notre capacité à les repérer sur le terrain. La question des processus géomorphologiques à l'origine de leur fossilisation (*i.e.*, alluvionnement, colluvionnement) et/ou de leur démantèlement (*i.e.*, érosion) s'est avérée primordiale. Une première étape a consisté à effectuer une analyse du contexte géo(morpho)logique de la moyenne vallée de l'Eure en 2019. Ce travail préparatoire devait permettre (1) de réaliser une **analyse de l'impact des processus géomor-**

phologiques quaternaires dans la distribution actuelle des gisements archéologiques [cf. *supra*] et, (2) d'établir un **zonage des potentialités paléoenvironnementales et géoarchéologiques** du territoire nouvellement investi. Dans le détail, l'analyse cartographique a contribué à :

- 1/ 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/ évaluer la représentativité spatiale des séquences sédimentaires préservées dans le système géomorphologique ;
- 3/ proposer une comparaison entre la distribution actuelle des gisements archéologiques et les formations superficielles quaternaires (argile à silex, loess, colluvions, alluvions) ;
- 4/ guider les prospections thématiques, en particulier géo(morpho)logiques et archéologiques.

Un état des lieux de la documentation disponible sur le système d'étagement des terrasses alluviales de la vallée de l'Eure a également été mené en 2020. Il s'agissait d'estimer le potentiel de ces terrasses en termes de datation absolue (OSL sur sables quartzeux, U/Th sur tuf carbonaté) et de reconstitution paléoenvironnementale, afin de pouvoir replacer à terme les gisements préhistoriques dans un cadre chronostratigraphique cohérent [Rapport 2020 : 21-24].

À l'issue de cette première phase (2019 et 2020), des pistes exploratoires ont pu se dessiner, ouvrant le champ à des questionnements interconnectés à la charnière entre archéologie, géomorphologie et géosciences, dans une perspective première de recherche fondamentale. Quatre zones ateliers à fort potentiel archéologique, géomorphologique et paléoenvironnemental ont été sélectionnées en vallée moyenne de l'Eure. Deux d'entre elles sont localisées dans la plaine d'inondation de l'Eure : l'une sur la commune de Garennes-sur-Eure au lieu-dit « Bellevue », l'autre sur la commune de Saussay au lieu-dit « Les Terres Noires » ; deux autres s'inscrivent au sein de sous-bassins de rive droite de l'Eure : le Radon et la Vesgre.

2– À l'échelle d'un tronçon de plaine alluviale de l'Eure : reconnaissance et analyse paléohydrographique et paléohydrologique de paléochenaux holocènes plus ou moins articulés avec des vestiges d'occupation humaine –

Afin de reconstituer la trajectoire socio-environnementale de la vallée moyenne de l'Eure au cours de l'Holocène [10 000 ans – actuel], il est apparu nécessaire d'acquérir de nouvelles archives sédimentaires. Le choix a été fait d'analyser en premier lieu les remblaiements sédimentaires des anciens chenaux de l'Eure préservés dans son fond de vallée. La littérature scientifique a largement démontré l'intérêt d'étudier ces formes fluviales héritées dans une perspective paléohydrographique et paléohydrologique. Ces unités morphologiques sont particulièrement utiles pour caractériser et reconstituer les mécanismes d'ajustements morphologiques et fonctionnels d'un cours d'eau face à des perturbations d'origine biologique, climatique et/ou anthropique. Les paléochenaux sont *a fortiori* des marqueurs pertinents des fluctuations hydrodynamiques, voire climatiques régionales passées [Erskine *et al.* 1992 ; Bishop, Godley 1994 ; Toonen *et al.* 2012 ; Salvador 2016]. Les données hydro-morpho-sédimentaires et paléoécologiques acquises peuvent ensuite être mises en perspective, à plus large échelle, avec celles déjà obtenues dans d'autres compartiments du système fluvial. Dans cette optique, les deux « zones-atelier » sélectionnées dans la plaine d'inondation de l'Eure se caractérisent par la présence d'un ensemble de paléoflumes (paléochenaux, montille sablo-graveleuse) à proximité immédiate de l'emprise supposée d'indices d'occupation humaine repérés en prospections aérienne : un sanctuaire d'époque romaine et/ou des enclos fossoyés (quadrangulaire et/ou circulaire) qui se chevauchent dans l'espace et dont la chronologie reste sujette à caution en l'absence de prospections à vue plus systématiques et/ou de fouilles. Ces deux zones-atelier ont participé :

- 1/ à **caractériser les dynamiques hydrographiques et hydrologiques holocènes de l'Eure** à proximité des sites archéologiques et d'élaborer *in fine* un modèle diachronique de l'évolution géomorphologique du fond de vallée ;

- 2/ à identifier **des niveaux sédimentaires repères qui témoignent de forçages climatiques et/ou anthropiques à partir de la seconde moitié de l'Holocène** (e.g., crise érosive) ;
- 3/ à juger du **caractère synchrone (ou non) des métamorphoses fluviales** de l'Eure et **évaluer le poids des conditions locales dans le diachronisme des séquences sédimentaires** observées ;
- 4/ à appréhender **l'environnement hydro-géomorphologique des occupations humaines** (contexte topographique d'implantation) et éclairer les interrelations entre ces aménagements anthropiques, la plaine d'inondation de l'Eure et d'autres traces d'occupation proches.

Toutefois, la possibilité de répondre à ces questionnements est étroitement conditionnée par la richesse et la qualité des enregistrements sédimentaires fluviaux et archéologiques disponibles. Aussi, la volonté de dépasser les contraintes d'une approche sito-centrée – induite par le caractère ponctuel de l'acquisition de données géomorphologiques et paléoenvironnementales au voisinage d'un site archéologique – a amené à élargir les investigations aux sous-bassins versant de rive droite de l'Eure. Ce changement d'échelle a permis de sortir du seul cadre du fond de vallée de l'Eure pour englober d'autres compartiments du système fluvial. La complémentarité des échelles spatiales d'investigation – et des archives sédimentaires intra- et hors-site archéologiques – a offert la possibilité d'appréhender l'évolution des paysages et les changements d'implantations humaines en diachronie – de la Préhistoire ancienne au Moyen Âge, jusqu'à l'époque moderne et préindustrielle, voire contemporaine – des plateaux et vallons élémentaires jusque dans les fonds de vallée de l'Eure.

3– À l'échelle de deux sous-bassins de rive droite de l'Eure : reconnaissance et analyse des archives sédimentaires fluviales holocènes –

La dernière décennie a vu croître les recherches sur les organismes fluviaux secondaires du bassin-versant 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 la résolution temporelle des forçages anthropiques et/ou climatiques. 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 géoarchéologiques. La configuration géo(morpho)logique singulière de l'Eure, en rupture entre les deux rives, offrait à ce titre des perspectives de recherche intéressantes, notamment sur les effets des emboîtements d'échelle dans la propagation des signaux sédimentaires en lien avec l'organisation spatiale des points de peuplement humain. L'approche comparative entre les zones-ateliers de la plaine d'inondation de l'Eure et de deux de ses sous-bassins de rive droite a *in fine* contribué à :

- 1/ juger du caractère synchrone ou non des réponses hydro-sédimentaires des sous-bassins de rive droite de l'Eure largement ouverts dans les séries tertiaires ;
- 2/ questionner la synchronicité des épisodes érosifs et/ou 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 ;
- 3/ questionner le rôle respectif de chacun des forçages (anthropiques et climatiques) et des effets des emboîtements d'échelle sur la propagation des signaux sédimentaires le long du *continuum* fluvial.

À terme, la reconnaissance systématique des formes et formations superficielles quaternaires (limons éoliens, alluvions et colluvions) dans le sous-bassin du Radon participera à établir un « 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).

Les résultats qui sont présentés dans ce rapport de synthèse sont le fruit d'un travail d'acquisition et de traitement des données échelonné entre 2019 et 2022. Plusieurs campagnes de terrain ont été nécessaires avec pour chacune une équipe de 4 à 6 personnes. Le calendrier de l'année 2020 a été très fortement perturbé par l'épidémie de CoVID-19 [17 mars 2020 – 3 mai 2021]. Les travaux de terrain et de laboratoire nécessaires à la production de données primaires ont été sensiblement ralentis, voire annulés. Ne sont ici mentionnées que les dates des prospections géo(morpho)logiques, géophysiques et des carottages sédimentaires – soit un total de 21 jours :

- le 3 avril et le 11 septembre 2019 [prospection géophysique]
- le 8 mars et le 18 avril 2019 [carottage sédimentaire]
- le 4 mars 2020 [prospection géo(morpho)logique]
- le 3 mars 2021 [prospection géophysique]
- le 18 mars 2021 [carottage sédimentaire]
- du 19 au 26 mars 2021 [prospection géo(morpho)logique]
- du 19 au 23 avril 2022 [prospection géo(morpho)logique]
- le 8 juillet 2021 [prospection géo(morpho)logique]
- le 12 janvier et le 5 octobre 2022 [prospection géo(morpho)logique]

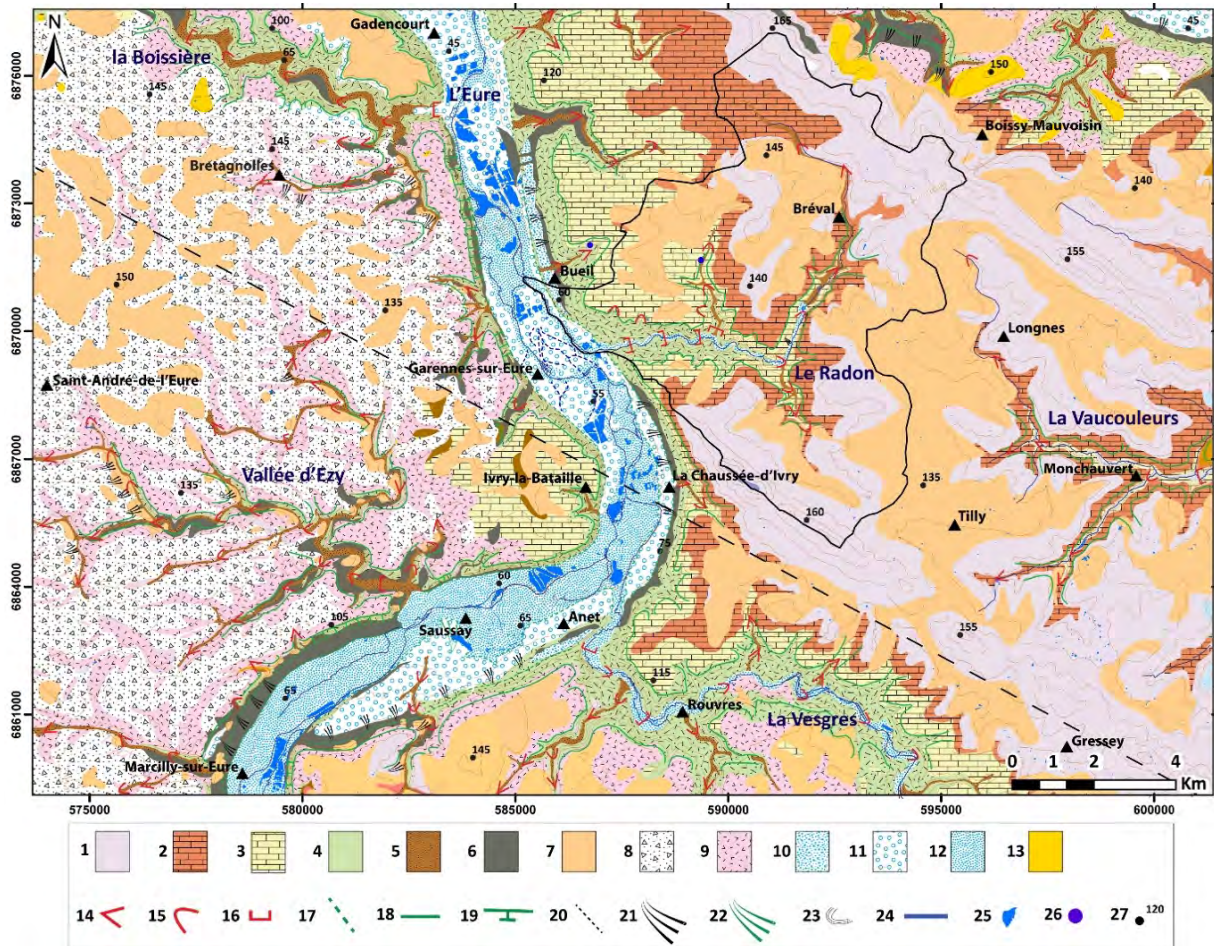
Le nombre de jours dédiés aux analyses sédimentologiques en laboratoire (en collaboration avec Max Laromanière, Umr 8586 PRODIG) n'a pas été comptabilisé. Près de 150 échantillons de sédiments ont toutefois été analysés entre mars 2019 et juillet 2022.

II – Approche géoarchéologique des terroirs alluviaux de la moyenne vallée de l'Eure : les cas de Saussay « Les Terres Noires » et Garennes-sur-Eure « Bellevue »

[Théophile Piau]

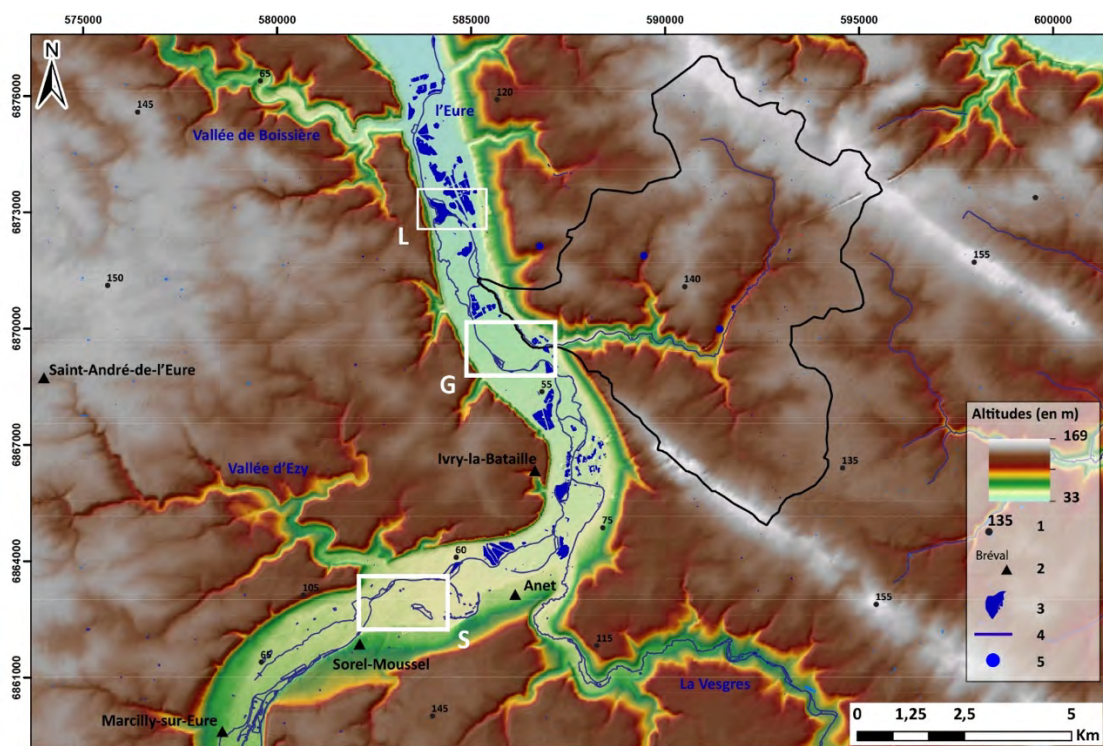
L'analyse diachronique et comparative de la documentation disponible à l'échelle du bassin-versant de l'Eure (*i.e.*, archives cartographiques et historiques, photographies aériennes, données altimétriques de l'IGN et sondages géotechniques du BRGM), ponctuellement complétée par l'observation d'affleurements, de coupes naturelles et de sondages à la tarière pédologique a contribué à la réalisation d'une cartographie géo(morpho)logique détaillée de sa moyenne vallée. Ce travail cartographique a permis de faire une reconnaissance préliminaire des formes et formations superficielles quaternaires (*i.e.*, limons éoliens, alluvions et colluvions) de la vallée de l'Eure et d'évaluer leurs potentialités paléoenvironnementales et géoarchéologiques dans sa portion médiane [fig. 163].

Deux zones-atelier ont été sélectionnées dans le fond de vallée de l'Eure : l'une dans les plaines de Saussay et Croth au sud d'Anet et de part et d'autre de la rivière où des contrastes phytologiques laissent voir des formes géométriques, anomalies probablement d'origine anthropique mais difficilement caractérisables du point de vue fonctionnel, l'autre autour du sanctuaire antique de Garennes-sur-Eure « Bellevue » reconnu par prospection aérienne. Ce choix réside dans le fait qu'en plus de leur potentiel paléoenvironnemental, les plaines alluviales sont des espaces riches en données archéologiques *a priori* bien conservées car interstratifiées dans les alluvions. Ces vestiges et/ou indices matériels des implantations humaines peuvent être employés comme des « fossiles directeurs » permettant de caler chronologiquement le déroulement d'une trajectoire socio-environnementale. Ils contribuent dans le même temps à renseigner les logiques d'aménagement et d'agencement plurimillénaire d'un *continuum* territorial par des groupes sociaux [fig. 164].



163- Carte géomorphologique de la moyenne vallée de l'Eure : 1. bancs meulièrement encadrant une épaisse couche sableuse (g2, g1), Stampien-Sannoisien ; 2. intercalations calcaires dans marnes et sables (e7, e6, e5), 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 convexe ; 19. versant régulier lié au sapement fluvial ; 20. axe synclinal ; 21. glacis colluvial et colluvio-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 mètres [sources : BD Carthage, RGE Alti 5 m, BD Charm 50 – levé et réalisation : T. Piau 2019]

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 des traitements statistiques des MNT RGE Alti 1 m [cf. *infra*] et à de la télédétection sur photographies aériennes et satellitaires. Des « retours terrain » pour vérification aussi bien des types de formes et formations superficielles que des « indices de site » ont été effectués en corollaire. Dans un second temps, une reconnaissance de l'environnement géomorphologique des gisements archéologiques a été menée en combinant (1) prospections géophysiques (Tomographie de Résistivité Électrique, radar géologique), (2) carottages sédimentaires dans l'axe d'écoulement des paléochenaux, (3) analyses sédimentologiques en laboratoire (granulométrie, paramètre texturaux et image CM) et datations radiocarbone (^{14}C Accelerated Mass Spectrometry). Le croisement des méthodes et des outils de l'approche géoarchéologique a permis de documenter et de dater, à l'échelle locale, les jalons de l'histoire géomorphologique et paléoenvironnementale holocène de la vallée moyenne de l'Eure en lien avec les grandes phases de l'occupation humaine. Les données nouvellement acquises ont par la suite été mises en perspective avec celles obtenues dans la littérature scientifique (dans le cadre d'opérations d'archéologie préventive), en particulier dans les compartiments amont et aval de l'Eure. La chronologie et les modalités de recoupement des paléochenaux de l'Eure ont ainsi pu être précisées.



164– Localisation des deux zones ateliers retenues en fond de vallée de l'Eure dans le cadre du PCR ValEuRT. Légende : 1. point coté, 2. commune, 3. ballastière, 4. cours d'eau, 5. exsurgence karstique, G. zone atelier de Garennnes-sur-Eure au lieu-dit « Bellevue », S. zone atelier de Saussay au lieu-dit « Les Terres Noires ». L. La zone atelier de Lorey « Ile Mademoiselle » a été sélectionnée en 2022 [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]

– Démarche méthodologique –

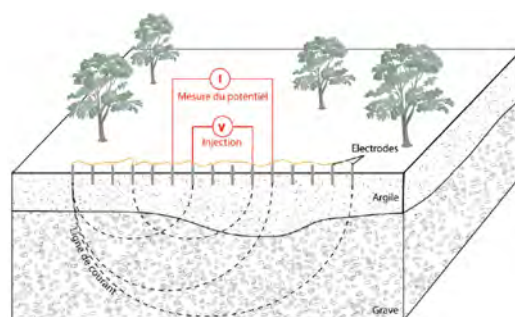
Dans l'objectif de confirmer le potentiel géomorphologique et paléoenvironnemental des zones ateliers sélectionnées, de nouvelles données ont été acquises par le biais de méthodes de prospection non-invasive (imagerie aérienne et géophysique) dans l'optique : (1) de préciser l'extension et l'architecture 2D des remblaiements sédimentaires des anciens chenaux de l'Eure puis, (2) d'établir une stratégie d'implantation des sondages sédimentaires. Deux types de prospections géophysiques ont été employés : la tomographie de résistivité électrique et le radar géologique. Ces données ont par la suite été complétées par des prospections sur le terrain au sol et des sondages sédimentaires au carottier à percussion. Des analyses en laboratoire (sédimentologiques, datation radiocarbone) ont contribué à caractériser les moments et les milieux de sédimentation fluviales associés, et finalement à préciser les conditions paléohydrologiques des formes fluviales héritées de l'Eure.

L'acquisition de nouvelles données géo(morpho)logiques et paléoenvironnementales repose par conséquent sur la combinaison : (1) de **prospections non-invasives**, (2) de **sondages** et, (3) d'**analyses en laboratoire**.

1– Les prospections géo(morpho)logiques non-invasives –

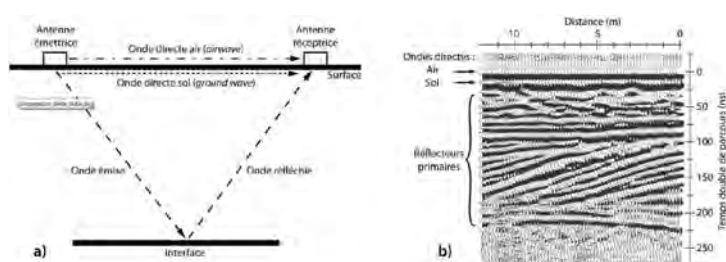
- La **Tomographie de Résistivité Électrique (TRE)** est une méthode de prospection géophysique qui permet de modéliser en 2D – horizontale et verticale – les variations de résistivité électrique du remblaiement alluvial [Lescure 2015]. Les mesures et le traitement des données ont été réalisés en collaboration avec Clément Virmoux (Laboratoire de Géographie Physique – CNRS – UMR 8591). L'appareil utilisé est un système multi-électrodes Abem Terrameter LS composé de 64 électrodes. Pour acquérir un profil électrique, les électrodes d'injection sont implantées le long d'un profil puis reliées à un même câble connecté à un résistivimètre et à une

batterie. L'injection de courant *via* cette batterie permet de mesurer la résistivité apparente entre les 64 couples d'électrodes. Leur espacement détermine la profondeur d'investigation et la résolution des mesures, ces deux paramètres étant inversement proportionnels (dispositif de « Schlumberger »). Une fois les valeurs de résistivité apparente acquises, un traitement mathématique nommé « inversion de données » s'avère nécessaire [Milsom 1996 ; Reynolds 1997]. Ce traitement a été appliqué grâce au logiciel Res2DInv [Loke, Barker 1996]. Pour obtenir une marge d'erreur inférieure à 5 %, entre une et cinq occurrences sont requises [Glais 2017]. Le résultat obtenu est nommé « pseudo-section ». Cette méthode de prospection géophysique possède plusieurs limites : (1) les unités sédimentaires peu épaisses sont difficilement identifiables ; (2) la résolution diminue avec la profondeur et, (3) la nappe phréatique peut biaiser les mesures de résistivité apparente. Il est donc indispensable de corréler les profils électriques avec des sondages sédimentaires [fig. 165].



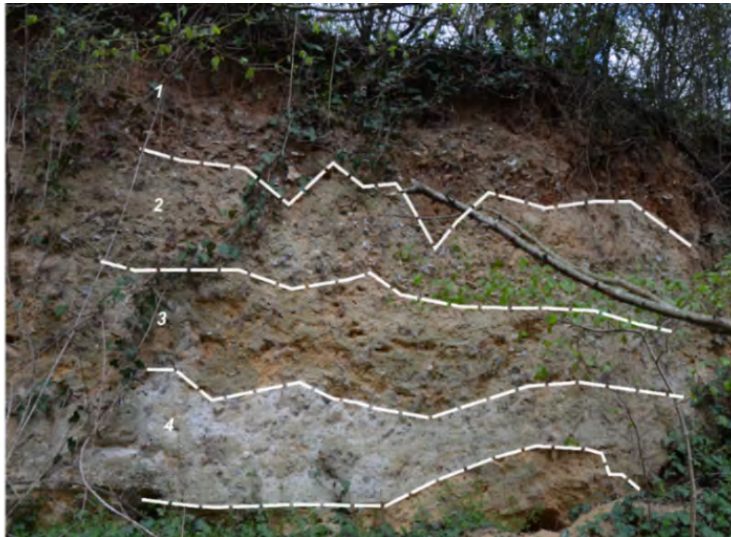
165– Représentation schématique du principe de mesure de la résistivité électrique [d'après C. Virmoux 2017]

- Le **radar géologique ou GPR (Ground Penetrating Radar)** est une méthode de prospection géophysique complémentaire à la tomographie de résistivité électrique [fig. 166]. Elle est fondée sur la constante diélectrique des sols, c'est-à-dire « la capacité des matériaux à se polariser sous l'effet d'un champ magnétique » [Cruz 2014]. La fréquence d'émission des ondes électromagnétiques détermine la profondeur d'investigation et le type de structure recherché. Si la fréquence est basse, la profondeur d'investigation est grande et la résolution faible. *A contrario*, si la fréquence émise est haute, la profondeur d'investigation est faible mais la résolution est de meilleure qualité. Les sols argileux sont peu propices aux investigations radar car ils absorbent très rapidement l'énergie émise à la différence des faciès plus grossiers (sables et graviers ; Deleplancque 2018).



166– Représentation schématique du principe de mesure de la diélectrique des sols et des résultats obtenus après traitement [d'après Neal 2004].

- **Les prospections géo(morpho)logiques à vue et au sol** sont variées. Comme pour la cartographie géomorphologique, les observations géo(morpho)logiques permettent de compléter localement les analyses à distance du terrain et de procéder à une caractérisation fine des formes et formations superficielles, notamment les paléochenaux. Ce travail repose sur la recherche et l'observation d'affleurements, de coupes naturelles sur des berges en rive concave, d'anomalies micro-topographiques et/ou de variations dans la nature des sols. Des prélèvements peuvent ainsi être menés dans les différents milieux de sédimentation, qu'ils s'agissent de matériel sédimentaire en surface dans la plaine d'inondation et/ou dans les chenaux actifs de la rivière (*e.g.*, lame d'eau, fond de chenal, berges). Les points d'observation et/ou de prélèvement sont localisés à l'aide d'un GPS Garmin et ont fait l'objet d'une prise photographique systématique au sol [fig. 167].



167– Levé d'une coupe dans la terrasse alluviale de Guainville [© F. Bétard 2019]

2– Les sondages –

L'acquisition de données sédimentaires par sondage a été faite à l'aide d'un **carottier à percussion cobra MK1** (laboratoire PRODIG) implantés dans le remblaiement des paléochenaux. Une fois la carotte prélevée (gouge ouverte), les faciès sédimentaires ont fait l'objet d'une description texturale et structurale sur le terrain, puis d'un échantillonnage étagé sur toute la profondeur pour des analyses sédimentologiques en laboratoire [fig. 168].



168– Carottage à l'aide d'un carottier à percussion cobra MK1 du laboratoire PRODIG (A) ; extraction de la gouge (B) ; analyses texturale et structurale de la carotte sur le terrain et sélection des prélèvements pour les analyses en laboratoire (C) [© F. Bétard & T. Piau 2019]

Plus ponctuellement, des **sondages à la tarière pédologique** ont été réalisés afin de compléter la nature, l'épaisseur et l'extension des données sédimentaires issues des carottages. Cette méthode présente toutefois certaines limites : (1) les prélèvements peuvent être pollués par les sédiments sus-jacents, ce qui impose de nettoyer systématiquement la tarière et le sondage après chaque prélèvement ; (2) la rotation de la tarière lors du prélèvement entraîne une compression des sédiments qui peut biaiser l'épaisseur des unités et rendre délicate "identification des interfaces ; (3) la profondeur maximale de sondage dépend de plusieurs facteurs (e.g., profondeur de la nappe phréatique, caractéristique des faciès sédimentaires). Il est néanmoins difficile de sonder au-delà de 7-8 m de profondeur. L'ensemble des sondages a été localisé à l'aide d'un GPS Garmin et a fait l'objet d'une prise de photographie au sol systématique [fig. 169].

169– Sondage à la tarière pédologique
dans un paléochenal de l'Eure
à Garennes-sur-Eure « Bellevue »
[© F. Bétard 2019]



3– L'analyse des sédiments en laboratoire

3.a –Les analyses sédimentologiques

L'analyse de sédiments en laboratoire doit permettre de caractériser les milieux de sédimentation et d'établir un cadre chronostratigraphique robuste, afin de replacer les indices d'occupation humaine dans leur environnement géo(morpho)logique et paléoenvironnemental. Afin de caractériser finement les dynamiques de transport et de dépôts des différents faciès sédimentaires observés à partir des descriptions texturales et structurales sur le terrain, des analyses sédimentologiques (granulométrie, calcimétrie, dosage MO) ont été réalisées au laboratoire de géographie physique de l'Université Paris Cité, Umr PRODIG en collaboration avec Max Laromanière.

Granulométrie, paramètres texturaux et calcimétrie

Après séchage à l'étuve, les échantillons sont broyés au mortier et tamisés à 1 mm afin de séparer la fraction grossière (> 1 mm) de la partie fine (< 1 mm). Cette dernière est ensuite analysée au granulomètre laser Coulter LS100Q. Deux à trois mesures sont réalisées pour chaque échantillon. Lorsque la fraction sableuse est plus importante, 2 à 4 secondes d'ultrasons sont nécessaires afin de s'assurer que tous les grains soient séparés avant les mesures. La fraction grossière (> 1 mm) est tamisée de 2 à 40 mm. Chaque classe est ensuite pesée afin de compléter la courbe granulométrique par le biais d'un tableau de correspondance.

La teneur en carbonate (CaCO_3) a été déterminée dans un deuxième temps, à l'aide d'un calcimètre de Bernard qui mesure le volume de CO_2 dégagé pour chaque échantillon. 2 g de sédiments sont mélangés à 10 ml d'acide chlorhydrique dilué à 50% (HCl). Pour étalonner les mesures, un test est réalisé avec 0,3 g de carbonate de calcium pur. Le pourcentage de carbonate de calcium en fonction du poids de l'échantillon et du volume de CO_2 dégagé est ensuite calculé. Pour établir la teneur en matière organique des échantillons, 20 g de sédiment sont traités au peroxyde d'hydrogène (ou eau oxygénée, H_2O_2) afin d'éliminer la matière organique de la matière minérale à froid (50 ml d' H_2O_2), puis à chaud (20 ml d' H_2O_2).

Les données brutes du granulomètre laser permettent de connaître le volume (en %) de chaque classe granulométrique de l'échantillon analysé. Ces informations, couplées aux indices granulométriques définis par Folk et Ward (1957) permettent de préciser l'agent et le mode de transport des différents faciès sédimentaires. Trois indices ont été calculés à partir du logiciel Gradistat :

- le grain moyen (en μm) mesure la compétence moyenne du flux liquide ;
- l'indice d'asymétrie (sk) renseigne sur l'environnement et la dynamique de dépôt. Une asymétrie positive renvoie à un bon classement des particules grossières révélant un enrichissement en particules fines. Une asymétrie négative témoigne d'un bon classement des particules fines et d'un enrichissement en particules grossières ;

- l'indice de tri (σ) permet de déterminer la régularité et l'énergie de l'agent de transport. Plus l'indice de tri est élevé, plus le tri est mauvais et indique des conditions de transport « irrégulières ». Si l'indice de tri est faible, l'échantillon est bien trié et les conditions de transport sont plus « régulières » [fig. 170].

Grain moyen	Indice d'asymétrie (Skewness)	Indice de tri (Sorting)
$GM = \exp \frac{\ln P_{16} + \ln P_{50} + \ln P_{84}}{3}$	$Sk = \frac{(P_{84} + P_{16} - 2P_{50})}{2(P_{84} - P_{16})} + \frac{(P_{95} + P_5 - 2P_{50})}{2(P_{95} - P_5)}$	$\sigma_i = \frac{(P_{84} - P_{16})}{4} + \frac{(P_{95} - P_5)}{6,6}$
	-1 < Sk < -0,30 Très asymétrique vers les grossiers	0 < σ_i < 0,35 Très bien trié
	-0,30 < Sk < -0,10 Asymétrique vers les grossiers	0,35 < σ_i < 0,50 Bien trié
	-0,10 < Sk < 0,10 Presque symétrique	0,50 < σ_i < 0,70 Moyennement trié
	0,10 < Sk < 0,30 Asymétrique vers les fins	0,70 < σ_i < 1 Assez peu trié
	0,30 < Sk < 1 Très asymétrique vers les fins	1 < σ_i < 2 Peu trié
		2 < σ_i < 4 Très peu trié
		4 < σ_i Pas trié

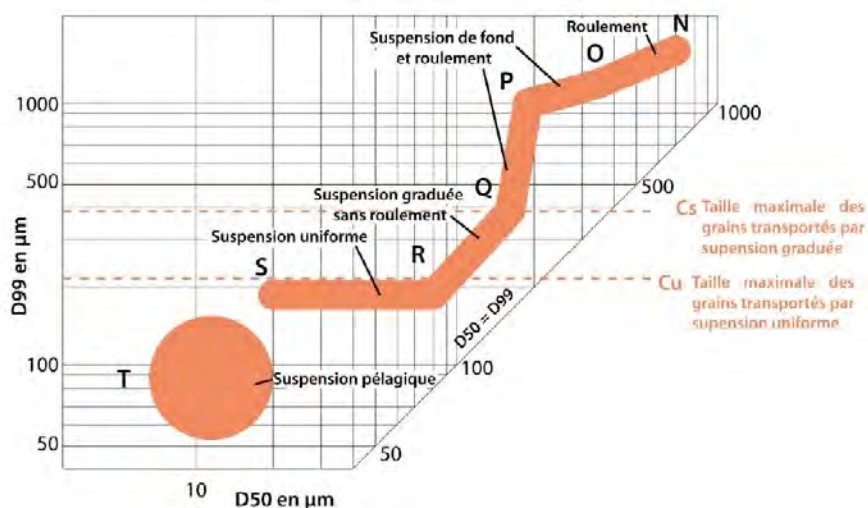
170– Indices granulométriques définis par Folk et Ward 1957 [d'après Lescure 2015]

Image de Passega

Les analyses granulométriques peuvent ensuite être interprétées grâce à l'image CM (comparaison à un modèle). Cette méthode mise en place par Passega (1964) permet de préciser, en fonction de la médiane (D_{50}) et du percentile le plus grossier (D_{99}) de chaque échantillon, l'environnement de transport et de dépôt du sédiment. La droite $D_{50} = D_{99}$ traduit le tri théorique du sédiment et l'éloignement des échantillons à cette droite donne une image de leur tri. Sur l'image CM, chaque segment correspond à un mode de transport et de dépôt :

- NO : dépôt par roulement ;
- OP : dépôt par roulement et suspension graduée ;
- PQ : dépôt par suspension graduée et roulement ;
- QR : dépôt par suspension graduée ;
- RS : dépôt par suspension uniforme ;
- Cs : taille plafond des grains transportés par suspension graduée ;
- Cu : taille plafond des grains transportés par suspension uniforme.

Il est toutefois fondamental de calibrer l'image CM à partir de données sédimentaires acquises sur les différentes formes fluviales actuelles de l'organisme fluvial. Cet échantillonnage est nécessaire pour interpréter les faciès sédimentaires observés en carottage [fig. 171]. Les images CM sont néanmoins à appréhender avec recul et discernement. L'interprétation des environnements de transport et de dépôt des sédiments holocènes individualisés en carottage reste souvent sujette à discussion en l'absence d'analogue actuel solide. La constitu-



171– Image CM de Passega [d'après Passega 1964, adapté par Beauchamp 2019]

tion de cet analogue a fait l'objet d'une mission de terrain spécifique destinées à acquérir des données sédimentaires sur les formes fluviales actuelles de l'Eure (bras-mort, plaine distale et proximale, berge sous-aquatique, chenaux).

3.b– Les datations par le radiocarbone

Afin d'avoir des éléments de calage chronologique sur l'âge et le fonctionnement des formes fluviales héritées, certains échantillons soigneusement choisis ont été traités pour des analyses radiocarbone AMS (Accelerator Mass Spectrometry – Spectrométrie de Masse par Accélérateur). Elles ont été réalisées au sein du laboratoire Beta Analytic. Toutefois, la quasi absence de matériaux organiques dans les remblaiements sédimentaires des paléochenaux investigués à bien souvent rendu la tâche délicate. En raison d'une teneur insuffisante en carbone organique, plusieurs échantillons n'ont en effet pas pu livrer de date, notamment à Garennes-sur-Eure « Bellevue » [fig. 172].

	Matériel daté	Code laboratoire	Âge ¹⁴ C (BP)	Âge ¹⁴ C calibré	Âge calendaire	Chrono-zone	Période archéo.
BEL II	sédiment organique	Beta-538257	3690 ± 30 BP	4095 – 3959 ca.l BP	2146 – 2010 cal. BC	Subboréal	âge du Bronze ancien
BEL I	micro-charbons	Beta-538256	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

171– Datations ¹⁴C AMS réalisées en 2019 sur le site de Bellevue. n.d. = no data (poids insuffisant)

– Approche géoarchéologique des terroirs alluviaux des communes de Saussay (Eure-et-Loir – 28) et de Croth (Eure – 27) –

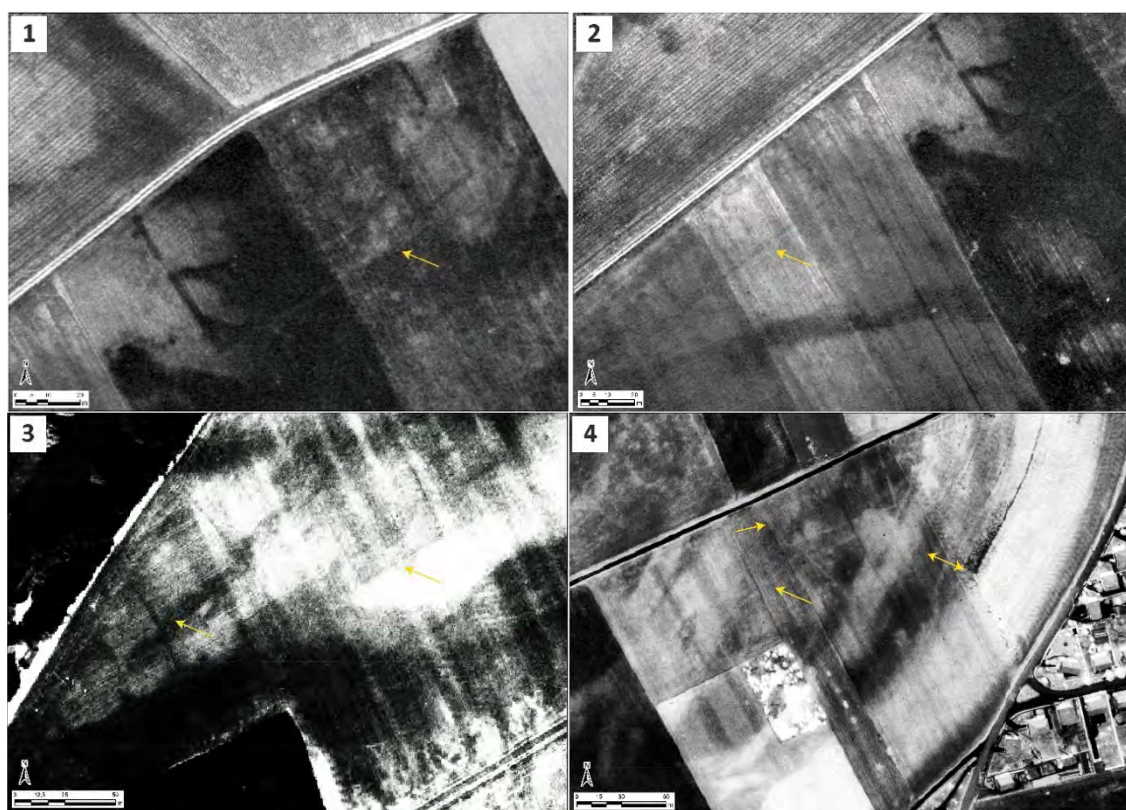
1– Le contexte géo(morpho)logique

La zone-atelier de Saussay « Les Terres Noires »/Croth 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]. 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 lié 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]. 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. À l'amont comme à

l'aval de la 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. La prédominance des champs cultivés sur ce tronçon de la vallée favorise la lecture comme la découverte de formes fluviales héritées (e.g., paléochenaux, montille) et géométriques de nature très probablement anthropique (contrastes phytologiques par prise de vue aérienne).

2– Photo-interprétation de deux orthophotographies de l'IGN (1966 et 1979) et indices d'occupation humaine

Sur le plan archéologique, la commune de Saussay et ses environs (Croth, Sorel-Moussel, Anet) apparaissent riches en indices d'implantation humaine d'après le dépouillement des bases de données Patriarche et Mérimée du Ministère de la Culture, IPARC du service départemental d'Eure-et-Loir, complété ponctuellement par la documentation de l'association Archéo27 [Fencke *et al.* 2016 : 31-42]. Nombre d'entre elles sont en effet le fruit de découvertes fortuites et majoritairement le fait de prospecteurs aériens. En l'état actuel des connaissances, ces anomalies d'origine anthropique sont difficilement caractérisables du point de vue fonctionnel (établissements ruraux et/ou enclos funéraires) et leur attribution chronologique (protohistoire) demeure sujette à discussion en l'absence de prospections à vue plus systématiques et/ou de fouilles [Rapport 2020 : 26-34]. Ainsi, par sa densité importante d'enclos fossoyés (quadrangulaire et/ou circulaire) qui se chevauchent dans l'espace, la zone-atelier de Saussay offre un cadre d'investigation privilégié pour développer des perspectives de recherche autour de la formation et de la structuration des systèmes territoriaux dans la longue durée. L'analyse croisée de deux orthophotographies de l'IGN (1966 et 1979) soigneusement choisies sur le site « Remonter le temps » a permis de confirmer, après leur géoréférencement dans un SIG (ArcGIS Pro 2.7), la présence de ces diverses anomalies probablement d'origine anthropique (éléments de parcellaire, de chemin, structures fossoyées), mais aussi géomorphologique (paléochenaux), anomalies qui n'avaient jusqu'alors pas été mentionnées dans les bases de données existantes [fig. 172].

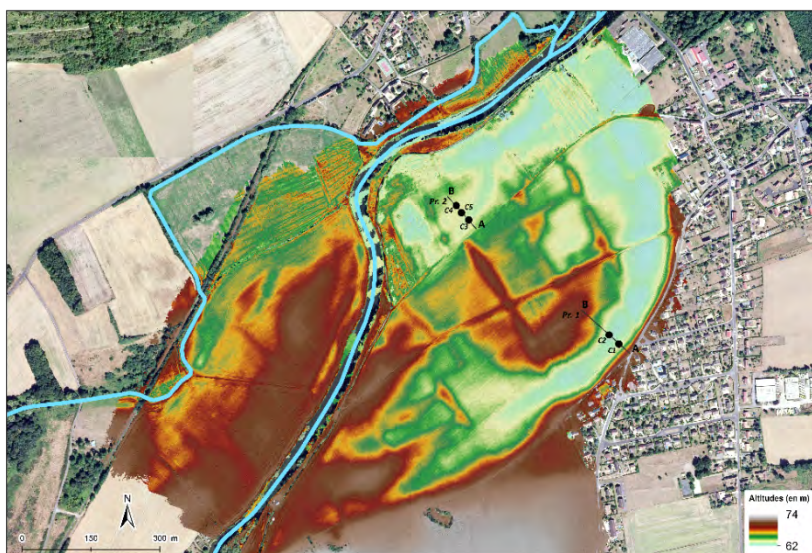


172– Exemple d'anomalies d'origine anthropique repérées après le traitement de deux orthophotographies de l'IGN (1966 et 1979) sur Saussay. 1, 2, 3, 4 au lieu-dit « Les Terres noires [repérages T. Piau 2020]

3– Mise en évidence de chenaux abandonnés de l’Eure à proximité d’indices d’occupation humaine : l’apport des RGE Alti 1m de l’IGN et des levés LiDAR

Le traitement statistique d’un modèle numérique de terrain à haute résolution (RGE Alti 1 m de l’IGN) a confirmé l’existence de variations micro-topographiques au sein de la plaine alluviale de l’Eure. Un ensemble de paléoformes fluviales tardiglaciaires et/ou holocènes (paléochenaux, montille sablo-graveleuse) a été individualisé à proximité immédiate de l’emprise supposée d’indices d’occupation humaine. Il est à noter que 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) ont également été mis au jour [cf. *supra*]. L’identification de nouveaux paléochenaux dans la plaine alluviale de l’Eure moyenne offre des éléments nouveaux pour replacer les gisements archéologiques recensés jusqu’alors dans leur contexte géomorphologique et paléoenvironnemental. Les levés LiDAR réalisés par Isabelle Le Tellier (Aird’eco-drone) sur près de 88 hectares ont permis de préciser l’extension spatiale des formes fluviales héritées, préalablement individualisées sur les dalles du RGE Alti 1 m de l’IGN. Toutefois, aucun indice supplémentaire d’implantation humaine n’a été détecté bien que leur emprise au sol ait pu être appréhendée par photo-interprétation [fig. 173-174].

173– Levés LiDAR sur la zone-atelier de la commune de Saussay au lieu-dit « Les Terres Noires. Noter la localisation des deux profils de tomographie de résistivité électrique et des cinq carottages sédimentaires. À l’exception des paléoformes fluviales et des formes agraires de types « crêtes de labour », aucune autre structure d’origine anthropique n’a pu être individualisée [fond hydrographique : BD Carthage de l’IGN ; système de coordonnées : Lambert 93 Conformal Conic – réalisation : T. Piau 2021]



174– 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. Noter que la plupart des indices d’occupation humaine sont implantés sur les terrasses alluviales de l’Eure (Fy_{et c-d}). [réalisation : T. Piau 2020]



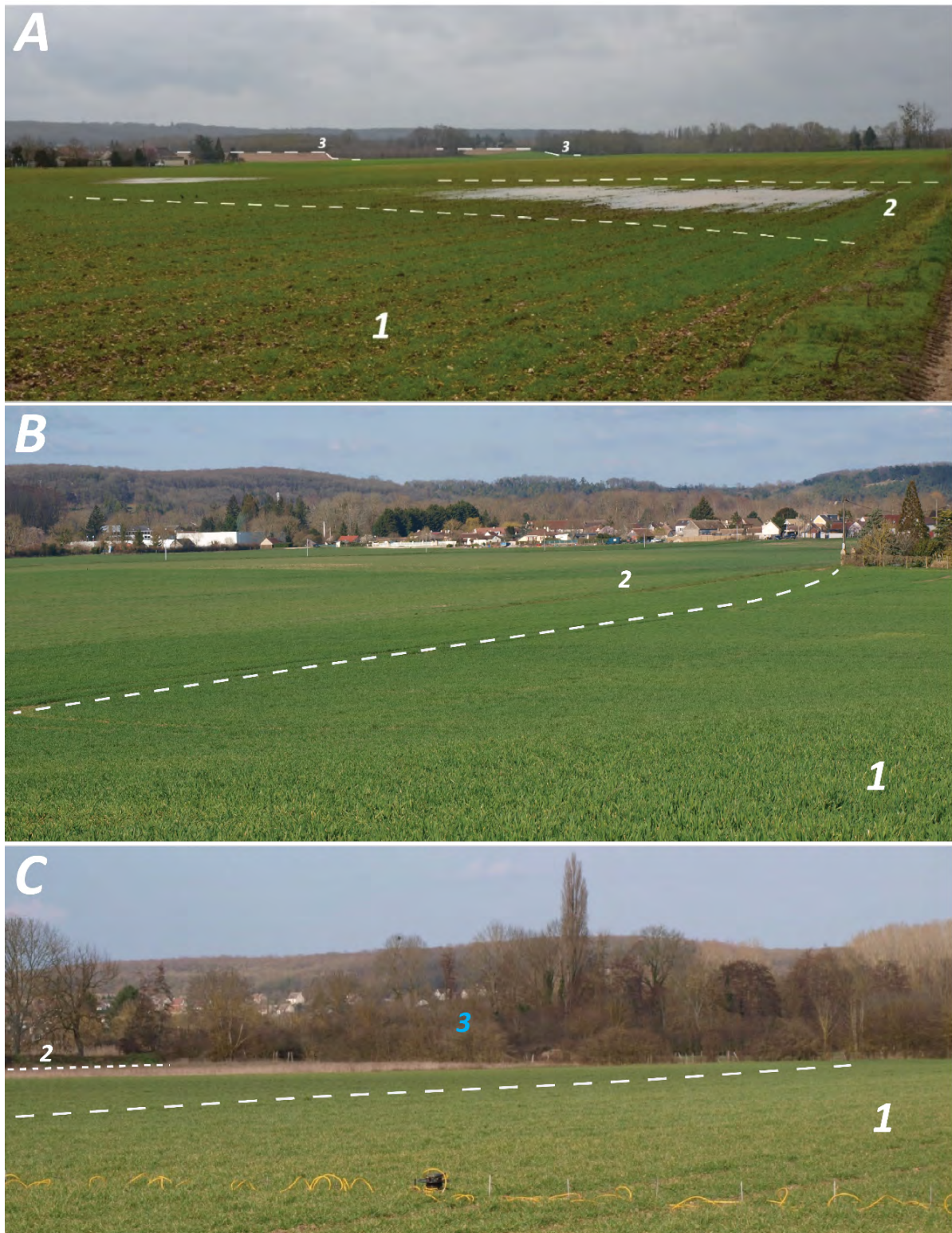
4– Profils de tomographie de résistivité électrique (TRE) : description et interprétation des résultats

Afin d'étayer l'interprétation paléohydrographique préliminaire à partir d'un extrait du RGE Alti 1 m de l'IGN (2020) et de levés LiDAR (2021), 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) [fig. 175-176]. 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 nécessaire à l'interprétation de l'architecture 2D des remblaiements sédimentaires, l'espacement entre les électrodes a été de 1 m pour une profondeur d'investigation de 11 m. La pseudo-section du profil de résistivité est associée au profil topographique de la plaine d'inondation réalisé à partir du RGE Alti 1 m de l'IGN. Les mesures de résistivité apparente [fig. 177] ont mis en évidence quatre éléments clés :

- le fond de vallée de l'Eure est constitué de sédiments grossiers ayant une forte résistivité apparente (en rouge, entre 200 et 450 ohm.m). Ils peuvent s'apparenter à une grave grossière à silex roulés ;
- la grave grossière à silex roulés est incisée par des paléochenaux. Sur le profil 1, le paléochenal, qui est par ailleurs bien marqué dans la topographie actuelle des parcelles agricoles [fig. 176], mesure environ 40 m de large pour 1 m de profondeur. Sur le second profil, deux paléochenaux semblent s'individualiser. Leur gabarit est toutefois moindre puisqu'il ne mesure qu'une trentaine de mètres de largeur pour 1 m à 1,50 m de profondeur ;
- les paléochenaux sont remblayées par une sédimentation fine (limons, sables) de résistivité apparente faible (en bleu, 20 ohm.m) d'une puissance de 1 m à 1,50 m ;
- le fond du paléochenal est caractérisé par une résistivité apparente plus forte (en bleu, entre 25 et 30 ohm.m) qui peut s'interpréter comme un faciès plus grossier tel que des sables ou des graviers associés au sommet de la charge de fond d'un chenal actif ;
- la topographie irrégulière des mesures de résistivité apparente dans le fond des paléochenaux du profil 2 peut laisser présager l'existence d'une migration latérale et/ou d'une ré-incision des chenaux au cours de l'Holocène.



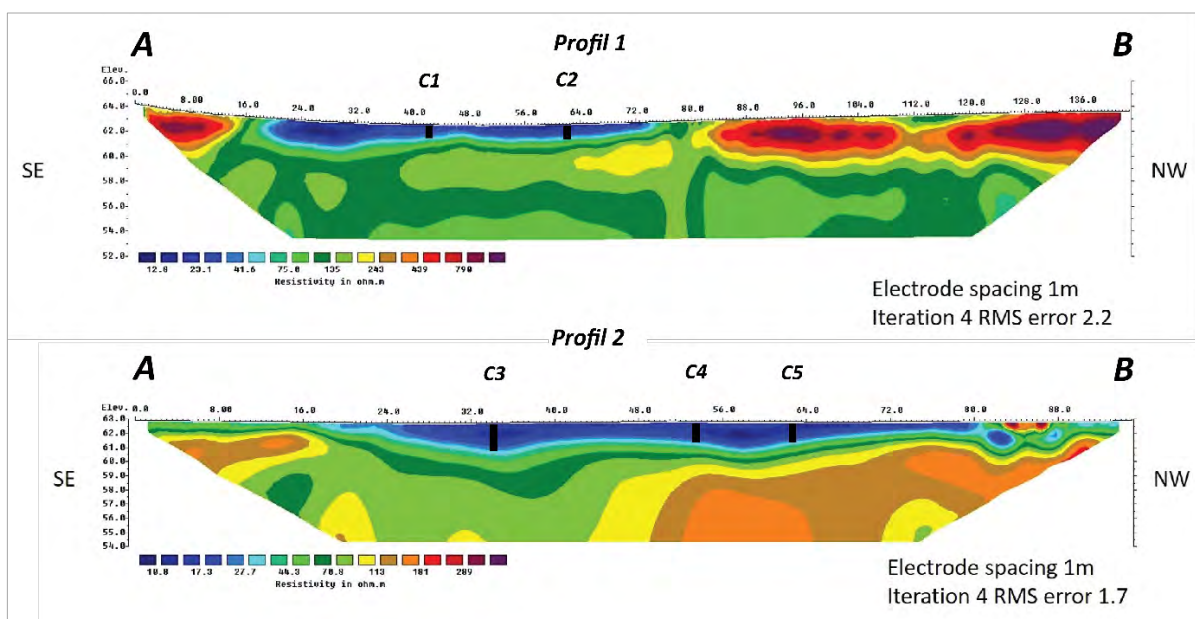
175– Profil 2 de tomographie de résistivité électrique réalisé en collaboration avec C. Virmoux (Umr 8591) au lieu-dit « Les Terres Noires » sur la commune de Saussay à l'aide d'un système multi-électrodes Abem Terrameter LS et d'un DGPS [© F. Dugast 2021]



176– A. Ce panorama permet d'observer 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. Noter au premier plan que la grave grossière à silex roulés (1) est quasi affleurante sur la parcelle (Fy_e). Enfin, 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]

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]

C. Ce panorama permet d'observer en arrière-plan l'Eure à une centaine de mètres, dont le chenal d'écoulement principal est masqué par une digue (2) mais repérable grâce la ripisylve qui borde ses berges (3). Noter 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]



177– 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. Virmoux 2021 (UMR 8591) – DAO : T. Piau 2021]

5– Carottages sédimentaires : synthèse et interprétation des résultats

Cinq carottages réalisés au carottier à percussion Cobra MK1 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. Des analyses sédimentologiques en laboratoire (granulométrie, paramètre texturaux et image CM) sont venues (1) étayer les observations texturales et structurales des unités sédimentaires, (2) contribuer à caractériser les milieux de sédimentations fluviales associées et (3) 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 premier carottage. La date obtenue a été calibrée à 2 sigma avec le logiciel OxCal 4.4 (IntelCal20) [fig. 178].



178– 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]

6– Analyses sédimentologiques et datations radiocarbone

L'interprétation des analyses sédimentologiques a permis de mettre en évidence trois unités sédimentaires distinctes au sein des séquences de remblaiement des anciens chenaux de l'Eure à Saussay 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.

L'unité sédimentaire basale est constituée de graviers centimétriques de 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 unité, 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 unité est en effet datée, *via* des restes épars de matière organique, de 4220 ± 30 BP [Beta - 593639 ; 4854-4626 cal. BP ; 2905-2678 cal. BC] (Néolithique récent). Enfin, l'unité sommitale est constituée de deux ensembles 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. 179].



179– 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. Celui-ci 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]

7– Trajectoire hydro-sédimentaire des paléochenaux de l’Eure et environnement géomorphologique des indices d’occupation humaine à Saussay « Les Terres Noires »

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/ 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* (RCC de 5 200 cal. BP à la charnière Atlantique récent – Subboréal ?) ;
- 2/ déconnexion des chenaux (profils TRE 1 et 2) de l’axe fluvial principal entre 4800 et 4600 cal. BP 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 résultats indiquent qu’à Saussay « Les Terres Noires », les chenaux de l’Eure sont *a priori* déjà remblayés (dès 4220 ± 30 BP ; Néolithique récent) au moment de – et en tout cas avant – l’implantation des indices d’occupation humaine repérés en prospection aérienne. Le relèvement périodique du niveau de la nappe phréatique – comparable à celui observé en mars 2020 – peut toutefois expliquer une installation préférentielle des occupations humaines sur les montilles sablo-graveleuses et la moyenne terrasse qui surplombe de près de sept mètres la plaine d’inondation de l’Eure.

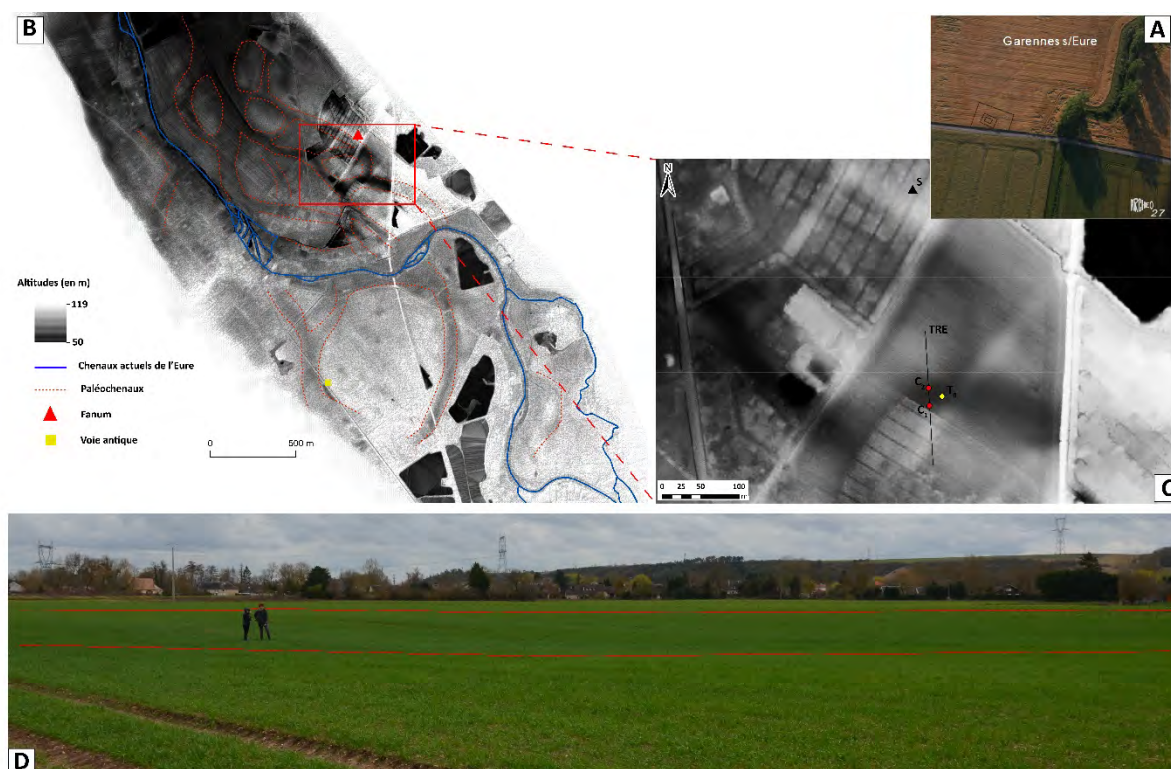
– Approche géoarchéologique des terroirs alluviaux de la commune de Garennes-sur-Eure « Bellevue » (Eure – 27) –

1– Mise en évidence de chenaux abandonnés de l’Eure à proximité d’un sanctuaire d’époque romaine

La zone-atelier de Garennes-sur-Eure « Bellevue » est localisée quelques kilomètres en aval de celle de Saussay « Les Terres Noires ». En rive droite, son principal affluent est le Radon. En 2009, des prospections aériennes menées par l’association Archéo27 ont mis en évidence les traces d’un sanctuaire d’époque romaine ainsi qu’un enclos d’époque indéterminée. Le temple antique, entouré d’un portique, adopte un plan rectangulaire, proche du carré, avec une galerie périphérique de même plan, caractéristique du type *fanum* [cf. *supra*]. La cartographie des formes et formations superficielles quaternaires couplée à l’analyse paléohydrographique de modèles numériques de terrain à haute résolution (RGE alti 1 m de l’IGN et levés LiDAR) a mis en évidence, à proximité immédiate du sanctuaire, un ensemble de paléofformes fluviales (*i.e.*, paléochenaux, montilles sablo-graveleuse) présentant les figures en plan d’un style fluvial anastomosé. Ces indices permettent de proposer une reconstitution de l’environnement géomorphologique du site archéologique (contexte topographique d’implantation) et d’éclairer les interrelations entre le sanctuaire, la plaine d’inondation de l’Eure (risques passées, exploitation et gestion des ressources durant l’Antiquité) et d’autres indices d’occupation proche, contemporaine ou postérieure (tumulus ?, *villa* ?, biefs et moulins [fig. 180]).

2– Profils de tomographie de résistivité électrique (TRE) et radar géologique : description et interprétation des résultats

Un premier profil de tomographie de résistivité électrique de 180 m de long a été positionné perpendiculairement à l’axe du paléochenal, préalablement identifié sur le RGE alti 1 m de l’IGN et les levés LiDAR. Afin de conserver une résolution suffisante pour interpréter l’architecture 2D de son remblaiement sédimentaire, l’espacement entre les électrodes a été de 1 m pour une profondeur d’investigation d’environ 11 m. La pseudo-section du profil de résistivité est associée au profil topographique de la plaine d’inondation réalisé à partir du RGE Alti 1 m de l’IGN. Un second profil TRE a été réalisé dans la continuité du premier, toujours

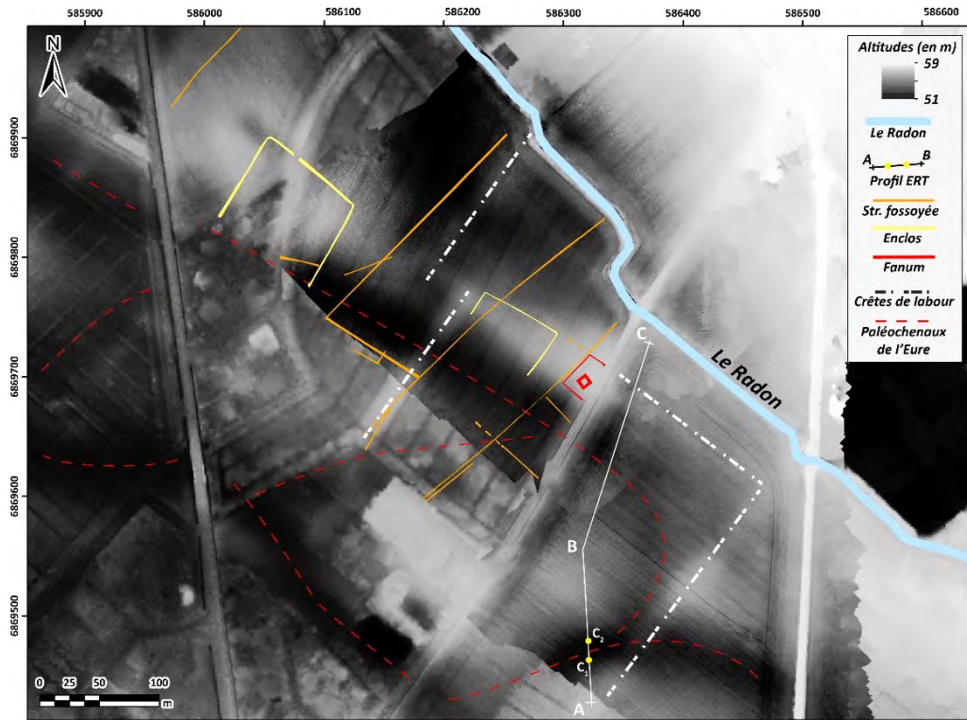


180– A. Le sanctuaire antique de Bellevue repéré en prospection aérienne en 2009 par l'association Archéo27. B. Extrait du modèle numérique de terrain RGE Alti 1m de l'IGN et interprétation géomorphologique et paléohydrographique préliminaire à proximité du complexe culturel (triangle rouge) sur la commune de Garennes-sur-Eure. C. Tracé du profil de résistivité électrique (TRE) perpendiculaire à l'axe d'un paléocheanal de l'Eure et localisation des deux carottages. D. Paléocheanal de Bellevue [© F. Bétard 2019, d'après Piau et al. 2019]

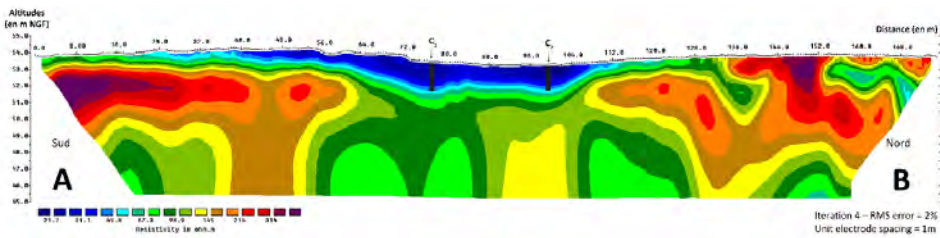
sur la même parcelle, dans le prolongement nord-est de façon à recouper d'autres paléocheaux potentiels et/ou des structures archéologiques associées à la présence du sanctuaire d'époque romaine ou à d'autres indices repérés par ailleurs [fig. 181]. Les mesures de résistivité apparente du premier profil électrique [fig. 182] ont mis en évidence quatre éléments clés :

- le fond de vallée de l'Eure est constitué de sédiments grossiers ayant une forte résistivité apparente (en rouge, 214 et 314 ohm.m). Ils peuvent s'apparenter à la grave grossière à silex roulés d'âge weichsélien ;
- la grave grossière est incisée par un paléocheanal, d'environ 70 m de large, dans la partie médiane du profil. Le paléocheanal est colmaté par une sédimentation fine (limons, sables) de résistivité apparente faible (en bleu, 21,2 ohm.m) d'une puissance de 2 m ;
- le fond du paléocheanal est caractérisé par une résistivité apparente plus forte (en vert, 98,9 ohm.m) qui peut s'interpréter comme un faciès plus grossier tel que des sables ou des graviers associés au sommet de la charge de fond d'un chenal énergétique ;
- la topographie irrégulière des mesures de résistivité apparente dans le fond du paléocheanal peut laisser présager l'existence de deux entités morphologiques distinctes au fonctionnement hétérochrone (migration latérale et/ou ré-incision d'un chenal ?).

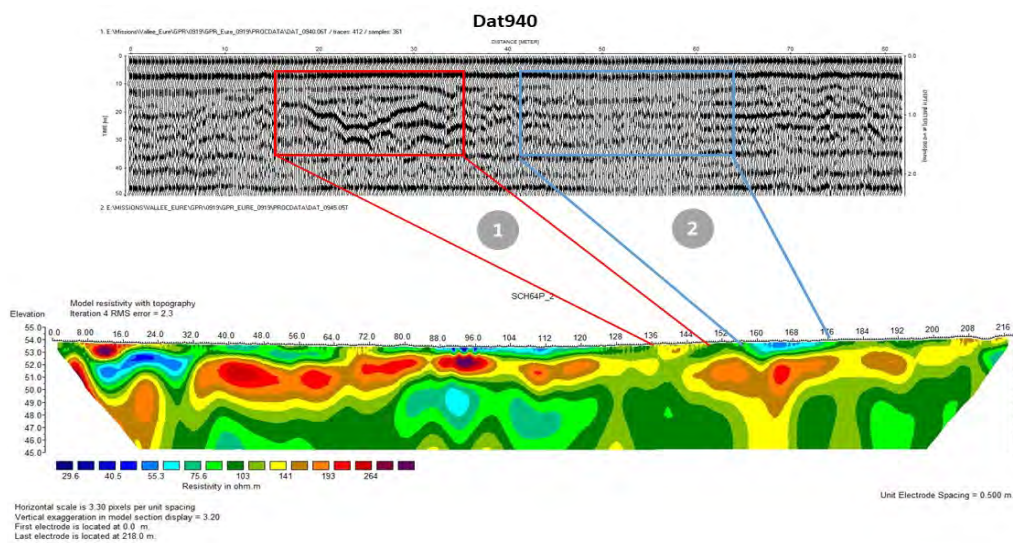
En complément des profils de tomographie de résistivité électrique, des profils géoradar ont été réalisés. Les résultats se sont avérés peu concluants lors du premier passage réalisé le 3 avril 2019, au sud de la parcelle. À l'exception de la grave grossière, aucun signal n'a été enregistré dans la dépression du paléocheanal de l'Eure en raison de la présence de sédiments fins (*i.e.*, limons argileux) dans son remblaiement. Le second passage radar, effectué dans la partie nord-est de la parcelle, a fourni des résultats partiellement exploitables. L'interprétation de ces nouvelles données laisse supposer l'existence de deux petits chenaux secondaires de l'Eure à remblaiement sablo-graveleux, sans plus de précisions en l'absence de sondage sédimentaire.



181– Localisation des profils TRE et des deux carottages [sources : RGE Alti 1 m et orthophotographie – réalisation : T. Piau 2021]



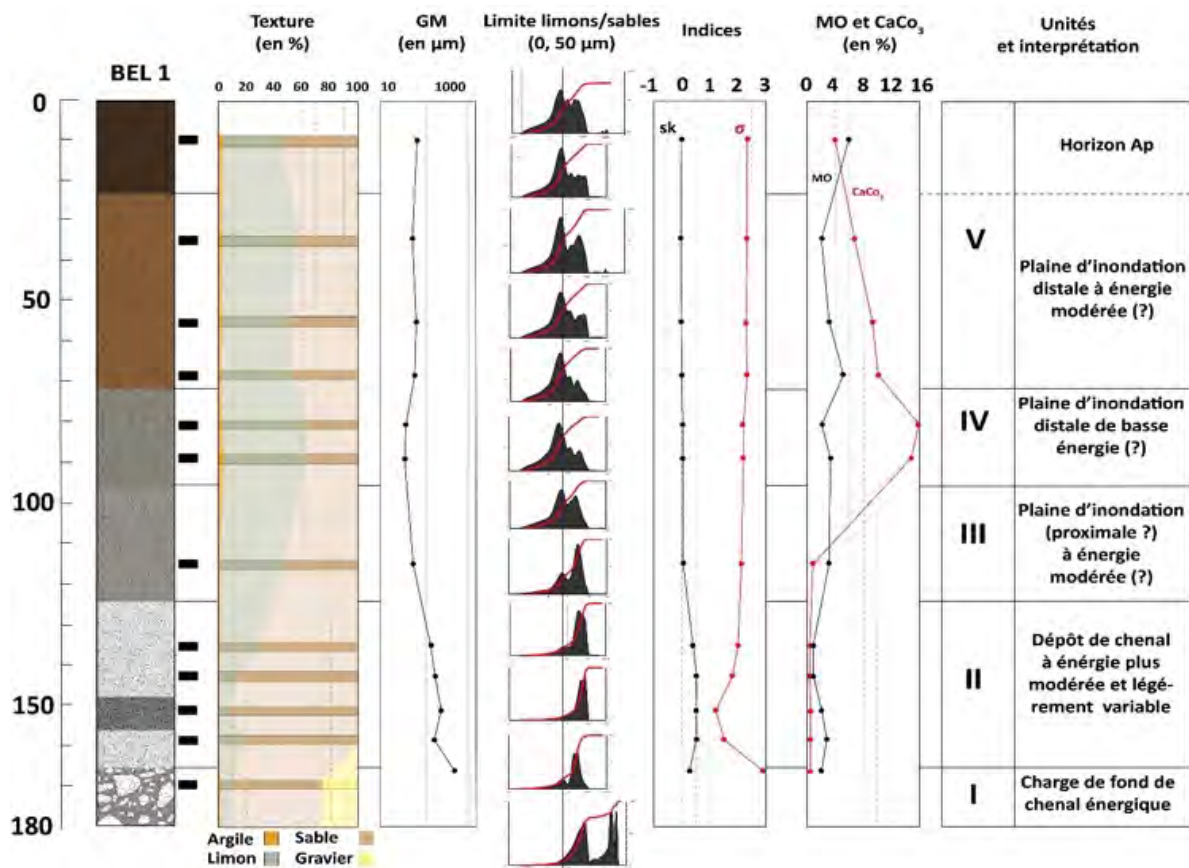
182– Profil de résistivité électrique AB, perpendiculaire à l'axe d'écoulement du paléochenal de Bellevue (acquis le 3 avril 2019). Les mesures de résistivité apparente forte en rouge renvoient à des faciès grossiers (grave à silex roulés); à contrario, les mesures de résistivité apparente faible (en bleu et vert) renvoient à des faciès sédimentaires plus fins (argiles et limons) [traitement et réalisation C. Virmoux 2020]

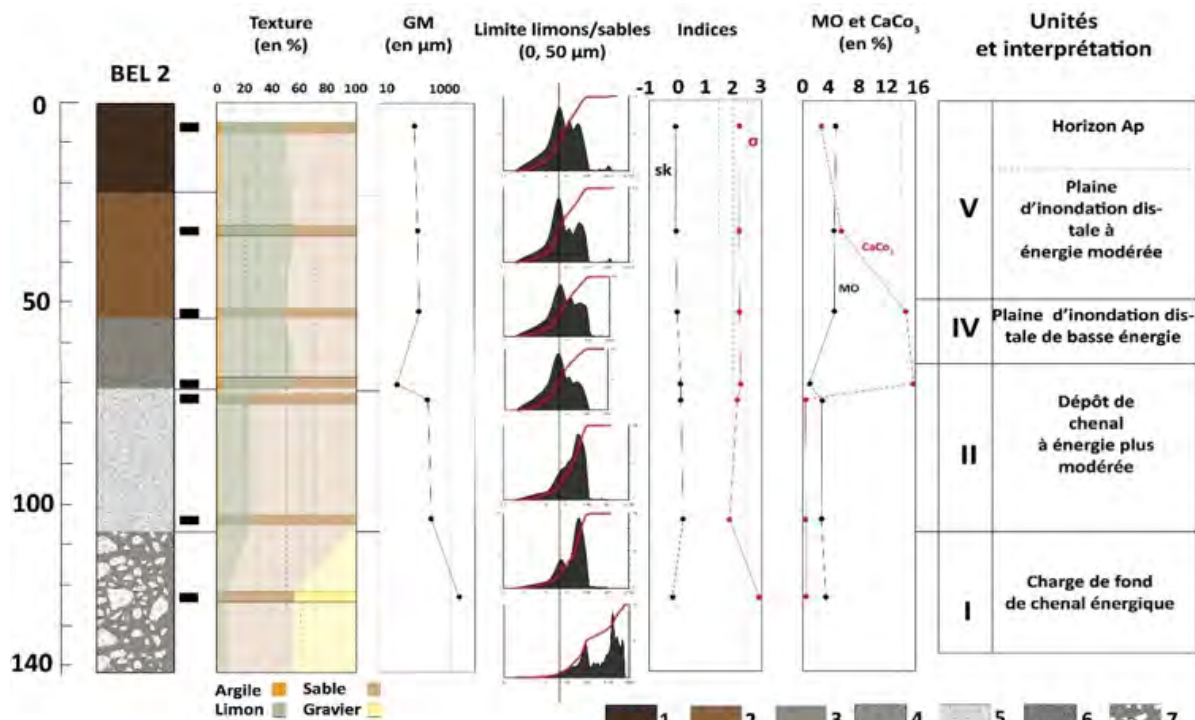


185 – Profils radar géologique et TRE [BC] réalisés dans le prolongement nord-est du premier profil TRE [AB] (fig. 181-182), à proximité immédiate du sanctuaire (profils acquis le 11 septembre 2019) [traitement et réalisation C. Virmoux 2020]

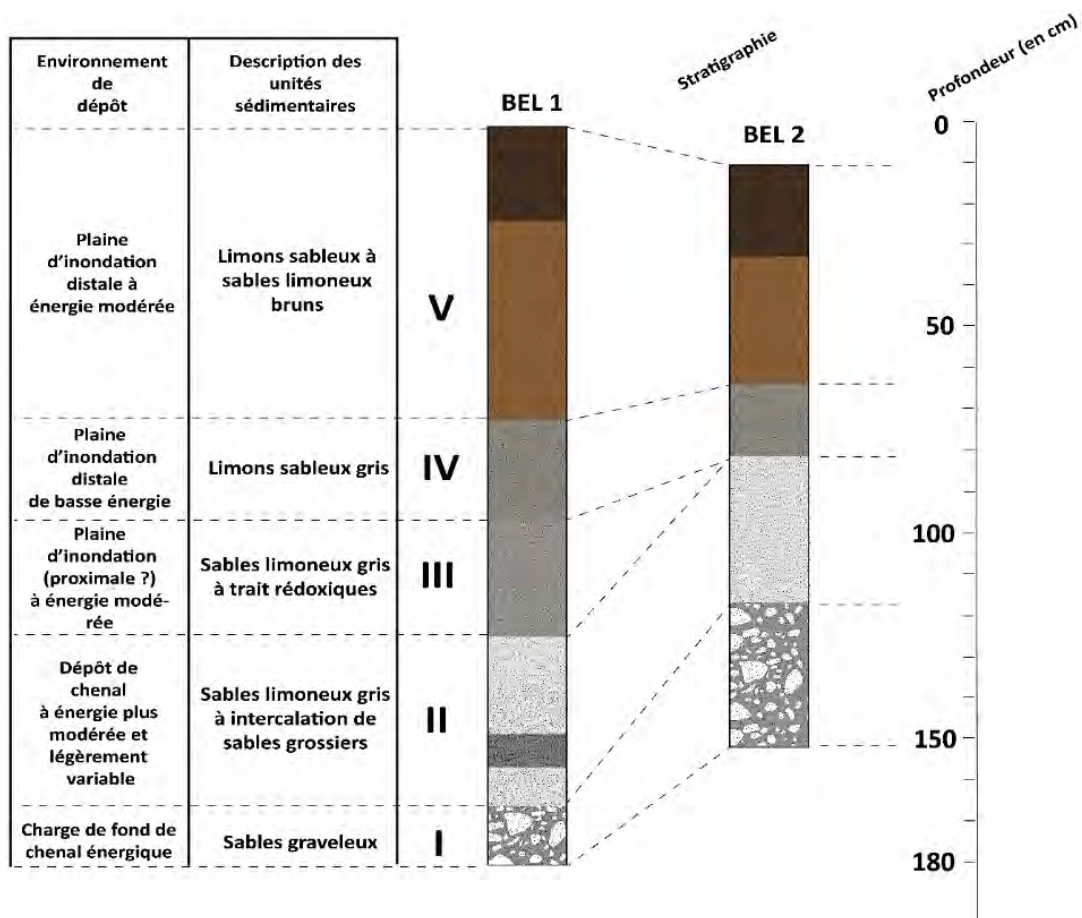
3- Carottages sédimentaires : synthèse et interprétation des résultats

Des sondages de reconnaissance à la tarière pédologique ont été effectués dans un premier temps. Ils ont permis de confirmer la présence d'un remblaiement sablo-limoneux dans l'axe des paléochenaux. La stratégie d'implantation des sondages a ensuite pu être affinée grâce aux résultats des prospections géophysiques. L'acquisition de données sédimentaires par sondage a été faite à l'aide d'un carottier à percussion cobra MK1. Deux sondages sédimentaires ont été réalisées dans les zones où les formations superficielles étaient susceptibles d'être le mieux préservées et de fournir un enregistrement sédimentaire de qualité à proximité du site archéologique : l'un dans la partie la plus profonde de la dépression (BEL I), l'autre à l'extrémité nord-est à proximité d'une « paléoberge » (BEL II). L'étude des faciès sédimentaires dérivées des carottages exploratoires a permis de proposer un premier séquençage du remblaiement alluvial. Un granoclasement normal décroissant est observé de la base du remblaiement de chenal (graviers et sables limoneux) à son sommet (limons sableux). Cette configuration révèle une perte graduelle de compétence. La base du remblaiement alluvial (unité I) est composée de sables graveleux interprétés comme le sommet de la charge de fond d'un chenal énergétique. Succèdent ensuite des sables limoneux gris à intercalation de sables grossiers (unité II) qui traduisent des variations dans les conditions hydrodynamiques du chenal. L'unité III (sables limoneux gris à traits d'hydromorphie) indique le passage d'un chenal énergétique à moribond. Ce dernier paraît se déconnecter progressivement du drain principal qui s'éloigne à une distance modérée (défluviation ou changement de style fluvial ?). L'unité IV est composée de limons sableux gris carbonatés et riche en micro-charbons de bois et malacofaunes. Le chenal, en cours d'atterrissement, n'est probablement plus en eau permanente durant cette période. Enfin, des dépôts d'inondation limono-sableux assez grossiers (entre 40 et 50 cm d'épaisseur, unité V) viennent napper le sommet du remblaiement alluvial. Ces dépôts de plaine d'inondation provoquent une uniformisation de la topographie du fond de vallée [fig. 186-187].





186 – Analyses sédimentologiques des logs BEL I et II. 1. Horizon Ap cultivé; 2. Limons sableux bruns; 3 et 4. Limon-sableux gris à traits rédoxyques (horizon -g); 5. Sables limoneux à intercalation de sables; 6. Sables graveleux [d'après Piau 2019]



187 – Interprétation en termes de milieux de sédimentation des unités sédimentaires décrites à partir des sondages BEL I et BEL II réalisés dans le remblaiement du paléochenal de Bellevue [d'après Piau 2019]

4– Trajectoire hydro-sédimentaire d'un paléochenal et l'Eure et environnement géomorphologique du sanctuaire antique de Garennes-sur-Eure au lieu-dit « Bellevue »

D'après les premiers éléments de calage chronologique obtenus par datation radiocarbone et les analyses paléohydrographique et paléohydrologiques, trois grandes phases peuvent être identifiées concernant la mise en place et le fonctionnement du paléochenal de Garennes-sur-Eure « Bellevue » dans ses relations avec le sanctuaire d'époque romaine :

1. un chenal énergétique 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* (à la charnière Atlantique récent – Subboréal vers 5 200 cal. BP ?). Son débit à pleins bords estimé est de 138 m³/s pour une puissance spécifique de 16,5 W/m² ;
2. déconnexion du chenal de l'axe d'écoulement fluvial principal et remblaiement progressif entre 4120 et 4095 cal. BP [Beta – 538257 : 3690 ± 30 BP ; 2197-1975 cal. BC ; âge du Bronze) par des limons sableux carbonatés probablement issus de la dégradation des sols du bassin-versant de l'Eure ;
3. atterrissement et abandon total des chenaux de l'Antiquité [Beta – 593643 : 1950 ± 30 BP ; 1986-1750 cal. BP ; 37 cal. BC-200 cal. AD] jusqu'à nos jours.

Ces résultats indiquent que, si le chenal de l'Eure a bien été remblayé à l'époque de l'implantation du sanctuaire, le site antique est resté potentiellement soumis aux inondations de la rivière lors de crues épisodiques.

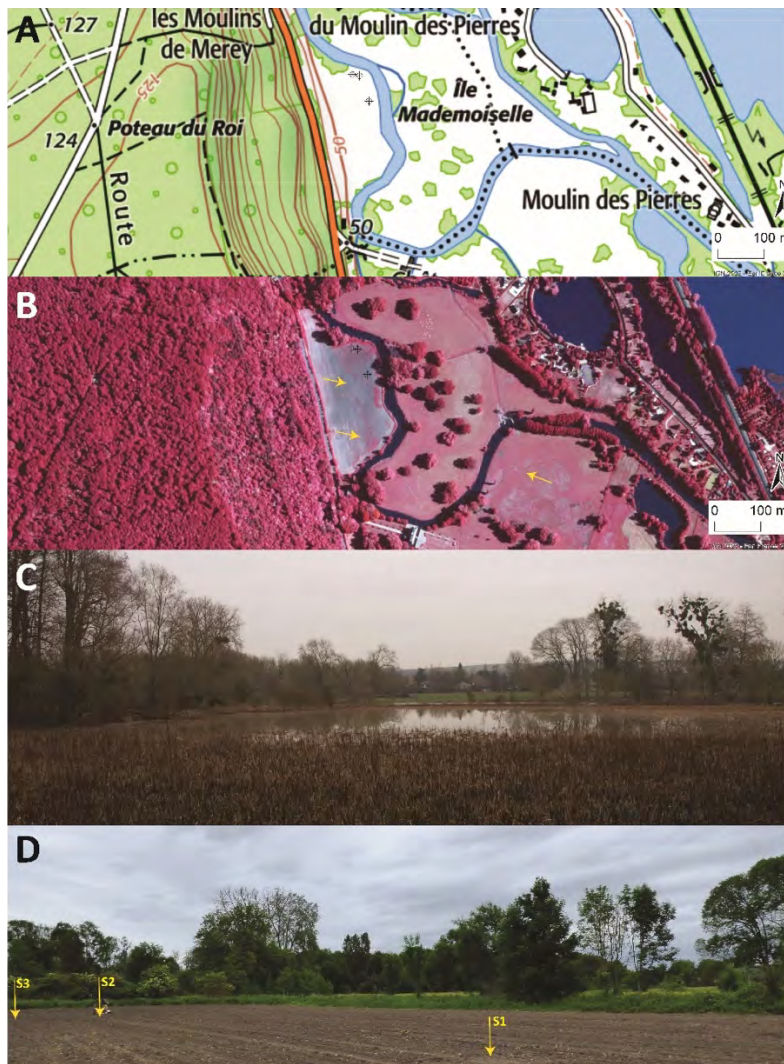
– Approche géomorphologique préliminaire des terroirs alluviaux de la commune de Lorey « île Mademoiselle » (Eure – 27) –

1– Mise en évidence d'une paléoforme fluviale en plaine d'inondation proximale de l'Eure

Une paléoforme fluviale de l'Eure a pu être individualisée fortuitement le 12 janvier 2022 à la faveur d'un haut niveau phréatique durant les hautes eaux hivernales. L'analyse d'une orthophotographie infrarouge de l'IGN (2001) sur le site « Remonter le temps » a permis de confirmer la présence d'une anomalie probablement d'origine géomorphologique à Lorey « Ile Mademoiselle ». Afin d'estimer ses potentialités géomorphologique et paléoenvironnementale et d'établir les premiers jalons d'un cadre chronostratigraphique, des sondages exploratoires à la tarière pédologique ont été réalisés le 22 avril 2022 [fig. 188].

2– Sondages exploratoires à la tarière pédologique : synthèse préliminaire et interprétation des résultats

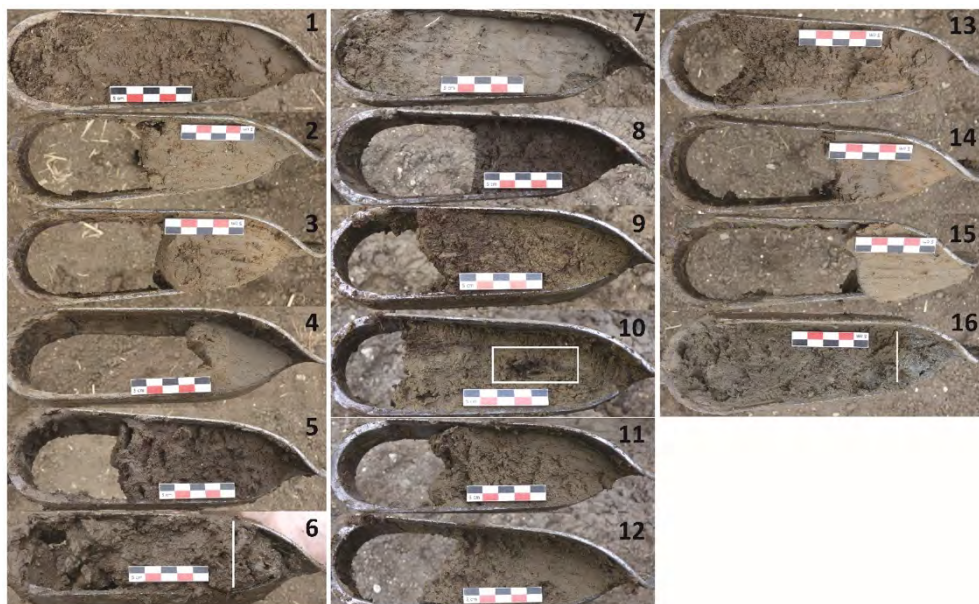
Trois sondages exploratoires à la tarière pédologique ont permis de caractériser la nature du remblaiement alluvial de la plaine d'inondation proximale de l'Eure et d'établir les premiers jalons d'un cadre chronostratigraphique sur le site de Lorey « Ile Mademoiselle ». Bien que l'interprétation des analyses sédimentologiques soit actuellement en cours, une séquence type de remblaiement de chenal a pu être individualisée. Elle est constituée : (1) d'une grave sableuse litée, puis (2) d'argiles organiques et enfin, (3) de limons-argileux, plus ou moins sableux. En raison de l'engorgement et/ou de la compaction des sédiments organiques, les sondages à la tarière pédologique n'ont pas pu dépasser 1 m de profondeur. La partie basale du remblaiement alluvial n'a pas pu être atteinte à proximité immédiate du chenal d'écoulement principal de l'Eure, où la sédimentation organique semblait la plus dilatée. Une datation radiocarbone a toutefois été réalisée au laboratoire BetaAnalytic. L'échantillon de sédiment organique, prélevé entre 60 et 80 cm de profondeur, a livré une date de 1480 ± 30 BP [Beta 593641 : 1400-1307 cal. BP ; 550-644 cal AD ; Antiquité tardive]. Bien que ces données inédites suggèrent l'intérêt de cette portion de plaine d'inondation pour des reconstitutions paléoenvironnementales plus détaillées pour l'Holocène récent, l'absence de prospections géophysiques, empêchent pour l'heure de circonscrire précisément l'extension de cette paléoforme fluviale [fig. 189].



188– A. et B. Fond topographique au 1:25 000 et orthographie infrarouge (03.07.2001) de l'IGN de la zone-atelier de Lorey « Ile Mademoiselle ». Les flèches jaunes localisent les paléoflumes de l'Eure. Les croix indiquent l'emplacement des sondages à la tarière pédologique.

C. Ce panorama permet d'observer au second plan une paléoflume l'Eure partiellement inondé à la faveur d'un haut niveau phréatique durant l'hiver hydrologique le 12 janvier 2022.

D. Localisation des trois sondages à la tarière pédologique [réalisation : T. Piau 2023]



189– Séquences sédimentaires prélevées par sondage à la tarière pédologique à Lorey au lieu-dit « Ile Mademoiselle ». Le rectangle blanc localise le prélèvement de restes ligneux entre 60 et 80 cm pour une datation radiocarbone au laboratoire BetaAnalytic. Il a livré une date de 1480 ± 30 BP [Beta 593641 : 1400-1307 cal. BP ; 550-644 cal AD ; Antiquité tardive]. Sondage 1 de 1 à 6, sondage 3 de 7 à 12 et sondage 2 de 13 à 16. Le trait blanc indique la transition entre les argiles organiques et les sables et graviers [© T. Piau 2023]

3– Synthèse de la trajectoire hydro-morpho-sédimentaire de l'Eure moyenne et aval à l'Holocène

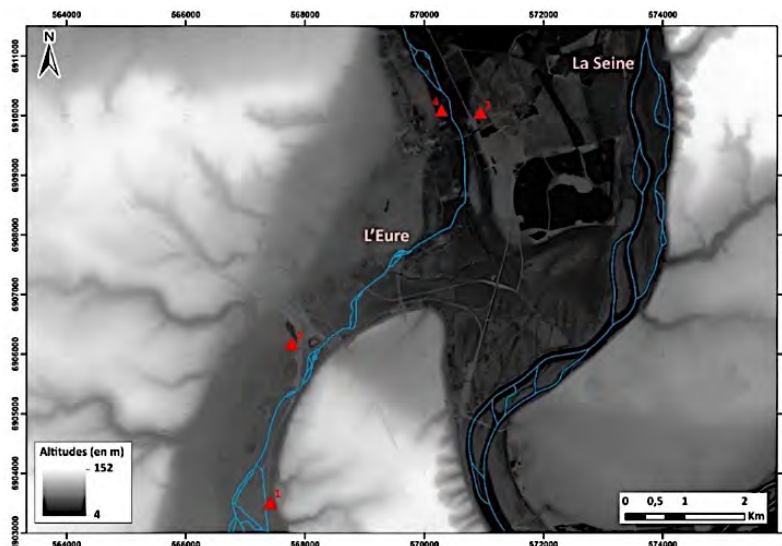
Afin de reconstituer la trajectoire hydro-morpho-sédimentaire de l'Eure à l'Holocène, les données inédites acquises dans le cadre des deux zones-ateliers ont été mises en perspective avec celles obtenues en vallée de l'Eure aval. L'absence de matière organique dans le remblaiement sédimentaire des paléochenaux investigués à Saussay « Les Terres Noires » et Garennes-sur-Eure « Bellevue » n'a pas permis de réaliser plus de 3 datations radiocarbone. Une date supplémentaire a été obtenue à Lorey « Ile Mademoiselle » (2022), mais son interprétation demeure sujette à caution en l'absence de prospections plus approfondies. La compilation des données géo(morpho)logiques et paléoenvironnementales a permis :

- 1/ **de caractériser les dynamiques hydrographiques et hydrologiques holocènes de l'Eure** à proximité des sites archéologiques et d'élaborer *in fine* un modèle diachronique de l'évolution géomorphologique du fond de vallée ;
- 2/ d'identifier **des niveaux sédimentaires repères qui témoignent de forçages climatiques et/ou anthropiques à partir de la seconde moitié de l'Holocène** (e.g., crise érosive) ;
- 3/ de juger du **caractère synchrone (ou non) des métamorphoses fluviales** de l'Eure et d'évaluer le **poids des conditions locales dans le diachronisme des séquences sédimentaires** observées ;
- 4/ d'appréhender **l'environnement hydro-géomorphologique des occupations humaines** (contexte topographique d'implantation) et d'éclairer les interrelations entre ces aménagements anthropiques, la plaine d'inondation de l'Eure et d'autres traces d'occupation proches.

En vallée de l'Eure amont, l'indigence des données géomorphologiques et paléoenvironnementales disponibles ne permet pas de proposer une reconstitution détaillée de la trajectoire hydro-morpho-sédimentaire de la rivière dans son fond de vallée. Le paysage holocène du fond de vallée de l'Eure moyenne se développe sur une topographie de barres graveleuses dont la morphologie en creux et bosses est héritée de la dernière période glaciaire. Les chenaux investigués dans les deux zones-ateliers du PCR ValEuRT mettent en évidence : (1) l'absence de sédimentation rapportée à la première moitié de l'Holocène (entre 11 700 cal. BP et 4800 cal. BP) et (2) un abandon et un remblaiement progressif des chenaux de l'Eure entre la fin du Néolithique récent et le début de l'âge du Bronze. Ces éléments vont dans le sens d'une métamorphose fluviale synchrone de l'Eure moyenne entre 4800 cal. BP et 4000 cal. BP. Ils indiquent que les chenaux de la moyenne vallée de l'Eure sont *a priori* déjà remblayés au moment de l'implantation des indices de sites repérés en prospection aérienne. Le relèvement périodique du niveau de la nappe phréatique permet toutefois d'expliquer une installation préférentielle des occupations humaines sur les montilles sablo-graveleuses et la moyenne terrasse qui surplombe de près de sept mètres la plaine d'inondation de l'Eure. Bien que la sédimentation détritique prédomine dès 4000 cal. BP jusqu'à l'actuel, le développement de tourbes entre 3500 cal. BP et 1200 cal. BP (entre l'âge du Bronze et le Haut Moyen Âge) a été observé ponctuellement à la faveur d'un « effet de site » : une dépression dans la grave à silex roulés qui nappe le fond de vallée.

Dans la basse vallée de l'Eure, la première moitié de l'Holocène se caractérise par une relative stabilité du système fluvial. Les chenaux latéraux incisés dans les graves à silex roulés sont progressivement remblayés par une sédimentation organique¹ [fig. 190]. Cette dernière débute au Boréal à Louviers « La Villette » et se poursuit jusqu'à l'Atlantique récent à Incarville « Les Prés » (entre 10100 cal. BP et 5600 cal. BP). L'environnement du fond de vallée est alors fluvio-palustre et les rives de la rivière sont végétalisées. L'installation polyphasée d'un couvert forestier sur les versants et dans les plaines d'inondation du bassin-versant de la Seine inhibe progressivement les processus érosifs sur les pentes (biostasie). La diminution du ruissellement (diffus, concen-

¹ À Incarville « Les Prés », le remblaiement sédimentaire d'un paléochenal de l'Eure débute par des argiles tourbeuses noires ayant livré du mobilier du Néolithique moyen II. La datation de ce niveau tourbeux a livré une date comprise entre 5784 cal. BP et 5584 cal. BP [Ly-7772 : 4920 ± 45 BP ; 3785-3635 cal. BC : Paez-Rezende, Lepert 1999]. À Louviers « La Villette », les datations réalisées sur un tronc fossile et les argiles organiques à la base et au centre du remblaiement sédimentaire d'un chenal de l'Eure indiquent des âges compris entre 8750 ± 55 BP [Ly-7007 : 10 114-9546 cal. BP ; 8165-7597 cal. BC] et 8010 ± 90 BP [Gd 10346 : 9124-8598 cal. BP ; 7175-6649 cal. BC].



190– Localisation des séquences sédimentaires dans la basse vallée de l'Eure.

1. Louviers « La Villette »,
2. Incarville « Les Prés »,
3. « Les Chemin aux errants »,
4. « Les Noës de Léry »

[sources : BD Carthage & RGE Alti 1 m – réalisation T. Piau 2019]

tré) et des flux terrigènes vers les fonds de vallée induit *de facto* une stabilisation morpho-sédimentaire des lits mineurs au régime hydrologique calme et régulier. Les occupations chasséennes (Néolithique moyen II) s'implantent sur des zones de contact entre banc de grave à silex roulés/chenal et/ou basse terrasse/chenal. Un premier épisode détritique est identifié entre l'Atlantique récent et le Subboréal, marquant la fin des processus de tourbification (entre 4400 et 4000 cal. BP). Des argiles grises plastiques sont alors individualisées dans le remblaiement des paléochenaux. Ces apports terrigènes scellent systématiquement les occupations chasséennes (Néolithique moyen II) et se poursuivent sans interruption durant la première moitié du Subatlantique. Les chenaux latéraux des « Noës de Léry » et « Chemins aux errants » sont également remblayés par une sédimentation sablo-limoneuse grise témoignant d'un engorgement limoneux du fond de vallée² [Pastre *et al.* 2006 ; Leblé 2016]. De brefs regains de l'activité fluviale semblent être enregistrés sur la commune de Val-de-Reuil durant la période antique, mais leur interprétation reste sujette à discussion : le premier (les « Chemin aux errants ») se matérialise par l'incision d'un nouveau chenal (antérieur à 1800-1700 cal. BP³) remblayé par des alluvions fines entre la Protohistoire et l'Antiquité par *terminus post quem* ; la seconde (« Noës de Léry ») se singularise par la (ré)incision d'un chenal attribué au début de l'époque romaine et progressivement remblayé par des dépôts sablo-limoneux. Enfin, une seconde phase détritique postérieure au XII^e siècles (période moderne et contemporaine) est enregistrée dans la partie sommitale des remblaiements de chenaux.

Ainsi, la trajectoire hydro-morpho-sédimentaire de l'Eure à l'Holocène peut se décomposer en trois grandes périodes :

- 1/ entre 10 100 et 5600 cal. BP,
- 2/ entre 4800 et 4000 cal. BP,
- 3/ entre 4000 cal. BP et l'actuel.

La dernière période se singularise par des réponses hydro-sédimentaires contrastées avec des différences d'enregistrements sédimentaires selon la position des chenaux au sein du *continuum* fluvial (*i.e.*, basse ou moyenne vallée, plaine d'inondation proximale ou distale) : niveaux tourbeux (entre 3500 et 1200 cal. BP), épisodes hydro-érosifs (vers 4200 et 1600 cal. BP) et/ou détritique (vers 500 cal. BP).

² La séquence de remblaiement d'un paléochenal de l'Eure débute par la mise en place d'une unité d'argile limoneuse avec de nombreuses racines datées de 3830 ± 35 BP [4404-4096 cal BP ; 2455-2147 cal BC], soit à la transition Chalcolithique/Âge du Bronze [Leblé 2016].

³ La datation réalisée sur un charbon de bois donne une date de 1855 ± 30 BP : 1862-1705 cal. BP ; 89-245 cal. AD.

• Période 1 : entre 10 100 cal. BP et 5 600 cal. BP

Après un hiatus sédimentaire couvrant le début de l'Holocène (entre 11 700 et 10 100 cal. BP), une sédimentation organique se met en place dès 10 100-9546 cal. BP (Boréal). L'aggradation des lits tourbeux et/ou tufacés dans les chenaux de la basse vallée de l'Eure se poursuit sans changement notable jusqu'à la fin de l'Atlantique (vers 5600 cal. BP). Dans les chenaux de la moyenne vallée de l'Eure, l'absence de sédimentation organique rapportée à la première moitié de l'Holocène pourrait témoigner : (1) d'une relative stabilité de cette portion du *continuum* fluvial (*i.e.*, biostasie) et/ou (2) de son érosion en raison d'une réactivation hydrodynamique à l'origine d'une nouvelle génération de chenaux vers 5200 cal. BP (transition Atlantique récent – Subboréal). Ce constat invite en effet à questionner le rôle de l'événement climatique rapide de 5200 cal. BP. Ce dernier s'accompagne, dans les vallées du bassin-versant de la Seine, d'une mutation du régime hydrologique avec un bref regain de l'activité fluviale suivi d'un engorgement limoneux des fonds de vallée, dès 4800 cal. BP, qui enrayer cycliquement l'organogénèse de la première moitié de l'Holocène.

• Période 2 : entre 4 800 cal. BP et 4000 cal. BP

Entre 4800 et 4000 cal. BP, une métamorphose synchrone du *continuum* fluvial semble s'opérer en moyenne et basse vallée de l'Eure. Les chenaux investigués sont abandonnés et progressivement remblayés par une sédimentation à dominante détritique, entre la fin du Néolithique récent et le début de l'âge du Bronze, probablement sous les effets d'une dégradation accrue de la couverture pédo-sédimentaire sur les plateaux et les versants environnants. En basse vallée de l'Eure, les occupations du Néolithique moyen II (Chasséen : 6000-5500 cal. BP) sont systématiquement scellées par ces apports détritiques, généralement pédogénésés dans les zones exondées (*i.e.*, complexe de sols cumuliques). Ces limons argileux gris ou bruns polyphasés, plus ou moins organiques dans les talwegs, se subdivisent en deux sous-ensembles dont la partie basale contient de façon récurrente des vestiges structurés du Néolithique ancien (BVSG)/moyen I (Cerny) au Bronze ancien. Le rythme de cet alluvionnement limoneux est probablement discontinu dans le temps et l'espace, mais sa chronologie reste pour l'heure difficile à cerner dans le détail.

• Période 3 : entre 4000 cal. BP et l'actuel

À partir de 4000 cal. BP, la sédimentation détritique se généralise dans les remblaiements de chenaux de la moyenne et basse vallée de l'Eure. Une sédimentation tourbeuse peut se mettre en place localement à la faveur d'un « effet de site ». C'est le cas de l'organogénèse tourbeuse observée, entre l'âge du Bronze et le Haut Moyen-Âge (entre 3500 et 1200 cal. BP) dans une dépression individualisée au sein de la grave à silex roulés. Ce phénomène illustre la variabilité croissante des enregistrements sédimentaires fluviaux au cours de la seconde moitié de l'Holocène. Des complexes organo-tufacés peuvent en effet perdurer localement dans les plaines d'inondation du bassin-versant de la Seine jusqu'au Subatlantique pour différentes raisons :

- 1/ 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 des fonds de vallée ;
- 2/ 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 tourbogénèse avant 2500 cal. BP dans les organismes secondaires de la Seine moyenne, auxquels s'ajoute parfois une artificialisation précoce du milieu alluvial ;
- 3/ 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 du bassin de la Seine. Cette baisse relative de l'activité

hydrodynamique semble s'amorcer entre 1800 et 1700 cal BP. Dans la plaine de Caen, L. Lespez et ses collaborateurs ont également mis en évidence localement des dépôts organiques tardifs, attribués au Haut Moyen Âge dans les vallées de la Seulles et de l'Orne [Lespez 2012].

Par ailleurs, le remblaiement sédimentaire de chenaux de la basse vallée de l'Eure a permis de mettre en lumière la présence d'une surface érosive, d'influx sableux et/ou d'un renforcement de la dynamique fluviale antérieure à 1800-1700 cal. BP. Toutefois, le caractère événementiel de ce regain de l'activité hydro-sédimentaire ne se prête guère à une généralisation et est des plus délicat à traiter. En basse vallée de l'Eure, il est mal calé chronologiquement par les datations radiocarbones, difficilement corrélable d'un paléochenal à l'autre, et semble en décalage temporel avec les *Rapid Climate Changes*. Leur recensement systématique sur un tronçon fluvial permet néanmoins de discuter le rôle d'un éventuel forçage climatique sur la dynamique fluviale : de brefs regains de l'activité hydro-sédimentaire ont lieu durant l'époque romaine (*Roman Warm Period*, 2600-1600 cal. BP). Les réentailles de chenaux et l'enregistrement des épisodes de crues deviennent beaucoup plus fréquents dans la vallée de Seine amont.

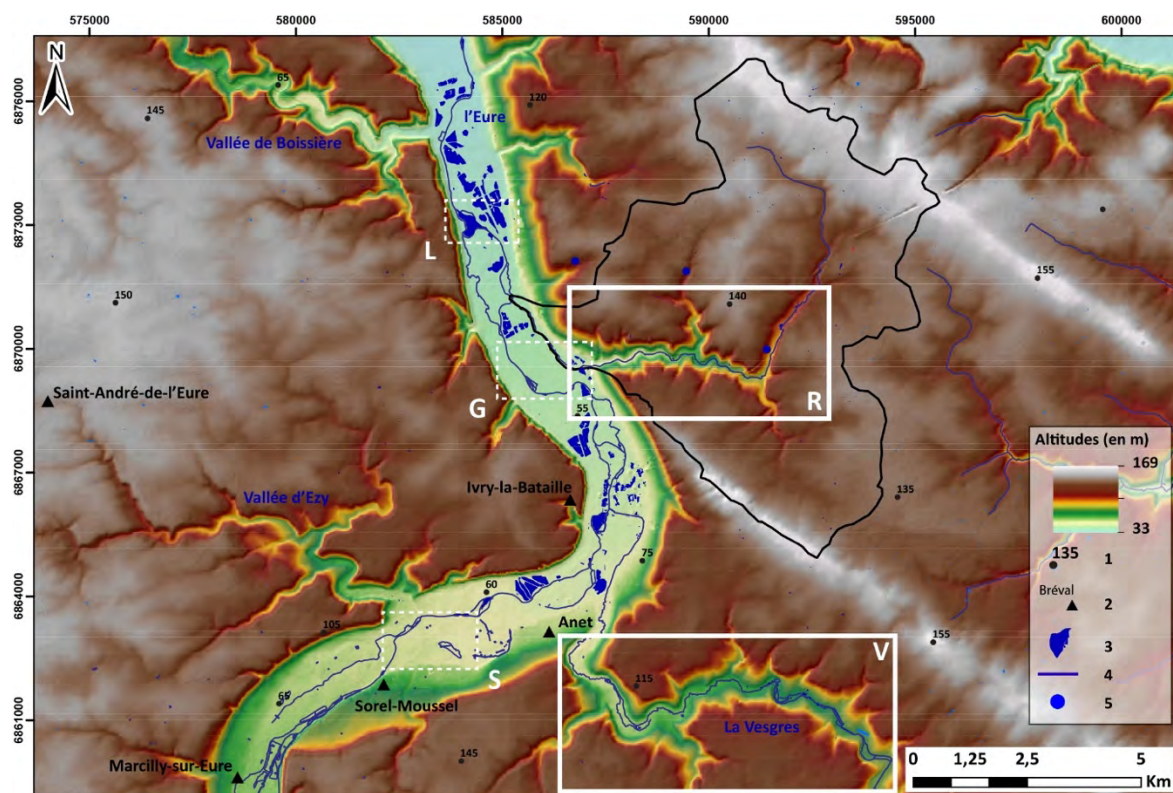
L'engorgement limoneux des chenaux de la basse vallée de l'Eure connaît ensuite son paroxysme durant la Renaissance, période contemporaine de la dégradation climatique du Petit Âge Glaciaire (*Little Ice Age* entre 500 et 200 cal. BP). La partie terminale des remblaiements de chenaux est relativement homogène et généralement attribuée, en datation relative, à la fin de la période médiévale et/ou au début de l'époque moderne entre le XIV^e et le XV^e siècle. Les vallées du bassin-versant de la Seine semblent en effet touchées par une récurrence des épisodes de crues entre les XVII^e et XVIII^e siècles selon les sources historiques [Le Roy-Ladurie *et al.* 2011]. L'augmentation du nombre de crues semble corrélative de l'accentuation des forçages anthropiques (extension des surfaces cultivées et mise à nu des sols, poussée démographique) et climatiques (péjoration climatique du PAG et augmentation de l'intensité pluviométrique et de l'effet « splash») [Gonet 2017].

Les investigations géoarchéologiques conduites en moyenne et basse vallée de l'Eure mettent en lumière une métamorphose synchrone du *continuum* fluvial qui semble s'opérer à la charnière entre le Néolithique récent et le Bronze ancien (entre 4800 et 4000 cal. BP). Les chenaux de l'Eure sont déconnectés de l'axe d'écoulement fluvial principal et progressivement remblayés par une sédimentation détritique, témoignant d'une importante érosion des sols dans le bassin-versant à cette période. À partir de 4000 cal. BP, les remblaiements sédimentaires des paléochenaux de l'Eure sont relativement homogènes et ne s'avèrent guère favorables à des reconstitutions hydro-géomorphologiques et paléoenvironnementales détaillées. Les archives sédimentaires fluviales des sous-bassins de rive droite de l'Eure peuvent peut-être apporter des informations complémentaires à celles obtenues dans les chenaux du fond de vallée de l'Eure.

III – Approche géoarchéologique des sous-bassins versants de rive droite de l'Eure : les vallées de la Vesgre et du Radon

Les campagnes de prospection menées entre 2020 et 2022 ont été l'occasion d'entamer une reconnaissance géomorphologique préliminaire des remblaiements sédimentaires de deux vallées affluentes de l'Eure en rive droite, largement ouvertes dans les séries tertiaires du bassin de Paris : le Radon et la Vesgre [fig. 191]. Ce changement d'échelle a eu pour ambition de sortir du seul cadre du fond de vallée de l'Eure et de juger de la complémentarité des archives sédimentaires fluviales holocènes afin d'appréhender l'évolution des paysages et les changements d'implantations humaines en diachronie, des plateaux et vallons élémentaires jusqu'au fond de vallée de l'Eure.

Le travail s'est appuyé sur la réalisation de sondages à la tarière pédologique et de relevés de coupe de berges en rive concave. Les observations de terrain ont permis de proposer une estimation de leur potentialité paléoenvironnementale et d'établir les premiers jalons d'un cadre chronostratigraphique. Ces données ont par



191– Localisation des deux sous-bassins de rive droite de l'Eure retenus dans le cadre du PCR ValEuRT. Légende : 1. point coté, 2. commune, 3. ballastière, 4. cours d'eau, 5. exsurgence karstique, G. zone atelier de Garennes-sur-Eure au lieu-dit « Bellevue », S. zone atelier de Saussay au lieu-dit « Les Terres Noires ». L. La zone atelier de Lorey « Ile Mademoiselle », R. Le Radon, V. La Vesgre [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]

la suite été mises en perspectives avec celles obtenues dans d'autres sous-bassins de rive droite de l'Eure amont afin de proposer une reconstitution de leur trajectoire hydro-sédimentaire à l'Holocène.

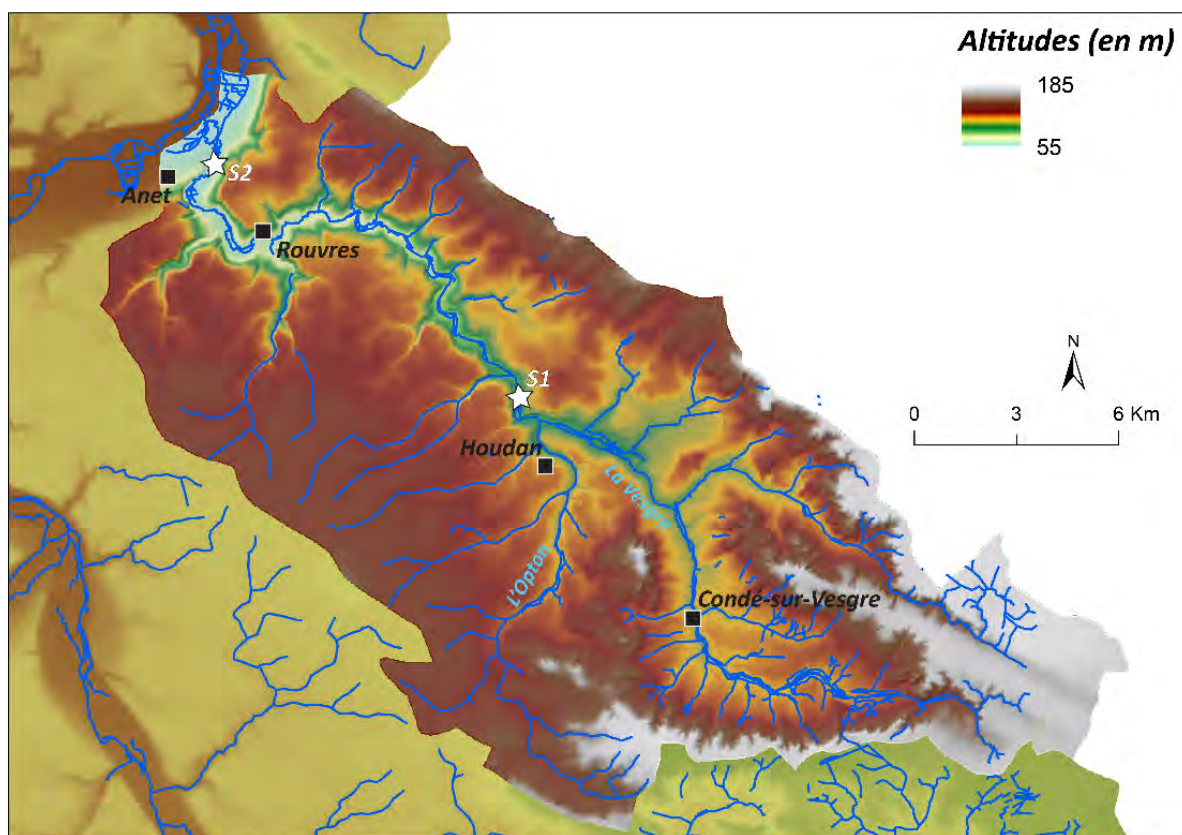
– Cadre géomorphologique des vallées de la Vesgre et du Radon –

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 de 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 du BRGM (feuille d'Houdan), la couverture alluviale holocène de la Vesgre est constituée 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 dans les alluvions limoneuses de sa plaine alluviale et n'emprunte plus, sur certains tronçons (basse vallée notamment), 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 XVIII^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 récentes (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).

1– La basse vallée de la Vesgre

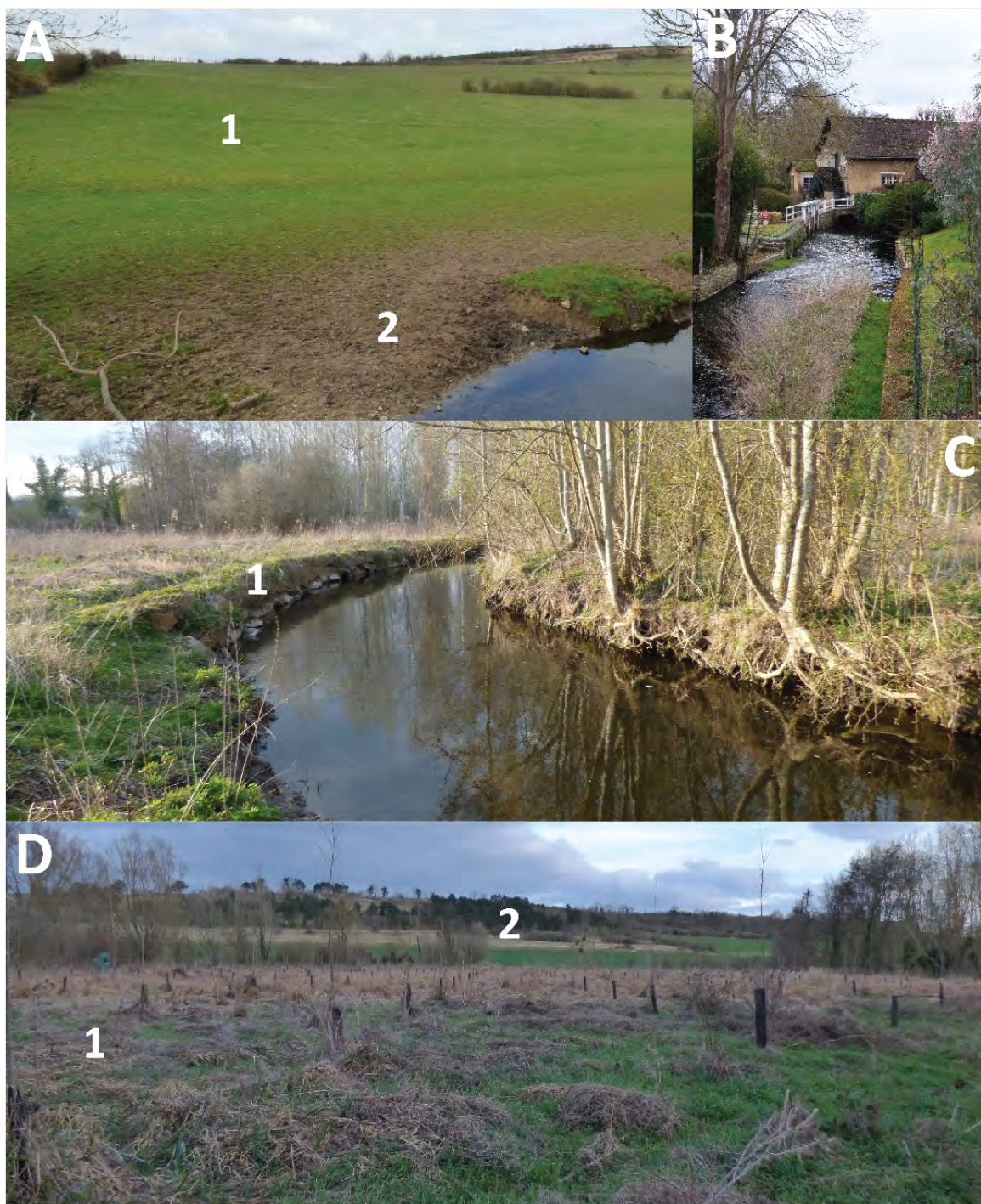
1.a. – Des tourbes à fort potentiel paléoenvironnemental dans la plaine d’inondation de la basse vallée de la Vesgre au lieu-dit « le Pont au Roy »

Dans sa portion médiane, deux sondages à la tarière pédologique ont été réalisés au lieu-dit « le Moulin ». La faiblesse du remblaiement, environ 1 m d'épaisseur, n'a pas été propice à la poursuite d'investigations géomorphologiques plus approfondies en 2022. En revanche, dans sa portion aval, près de sa confluence avec l'Eure, 4 sondages exploratoires à la tarière pédologique ont été réalisés au lieu-dit « le Pont au Roy » entre 2021 et 2022. L'un est positionné en rive gauche en plaine d'inondation proximale, les trois autres sont localisés en rive droite au sein de sa plaine d'inondation distale [fig. 192]. La végétation hygrophile et l'absence de cultures dans les parcelles sondées laissent présager la présence d'une zone humide, mentionnée par ailleurs sur la carte topographique au 1:25 000 de l'IGN. Les sondages ont confirmé cette hypothèse et révélé la présence d'une sédimentation à dominante 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, les sondages à la tarière pédologique n'ont pas pu dépasser 1 m de profondeur et la partie basale du remblaiement alluvial n'a pu être atteinte. Trois datations radiocarbone ont toutefois été réalisées par le laboratoire BetaAnalytic sur des échantillons de sédiments organiques et/ou 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 : 915-741 cal. BP ; 1035-1210 cal AD]. Deux autres échantillons ont été prélevés en rive droite, entre 60 et 90 cm de profondeur. Ils ont donné les dates de 1540 ± 30 BP [Beta 593642 : 1517-1353 cal. BP ; 433-598 cal AD] et de 890 ± 30 BP [Beta 634604 : 906-728 cal. BP ; 1044-1222 cal. AD]. Les unités tourbeuses de la Vesgre qui s'étalent entre 1500 et 800 cal. BP sont scellées par des limons argileux, plus ou moins sableux (dès 800 cal. BP). Ces éléments de datation indiquent que cette sédimentation à dominante organique, voire tourbeuse, est

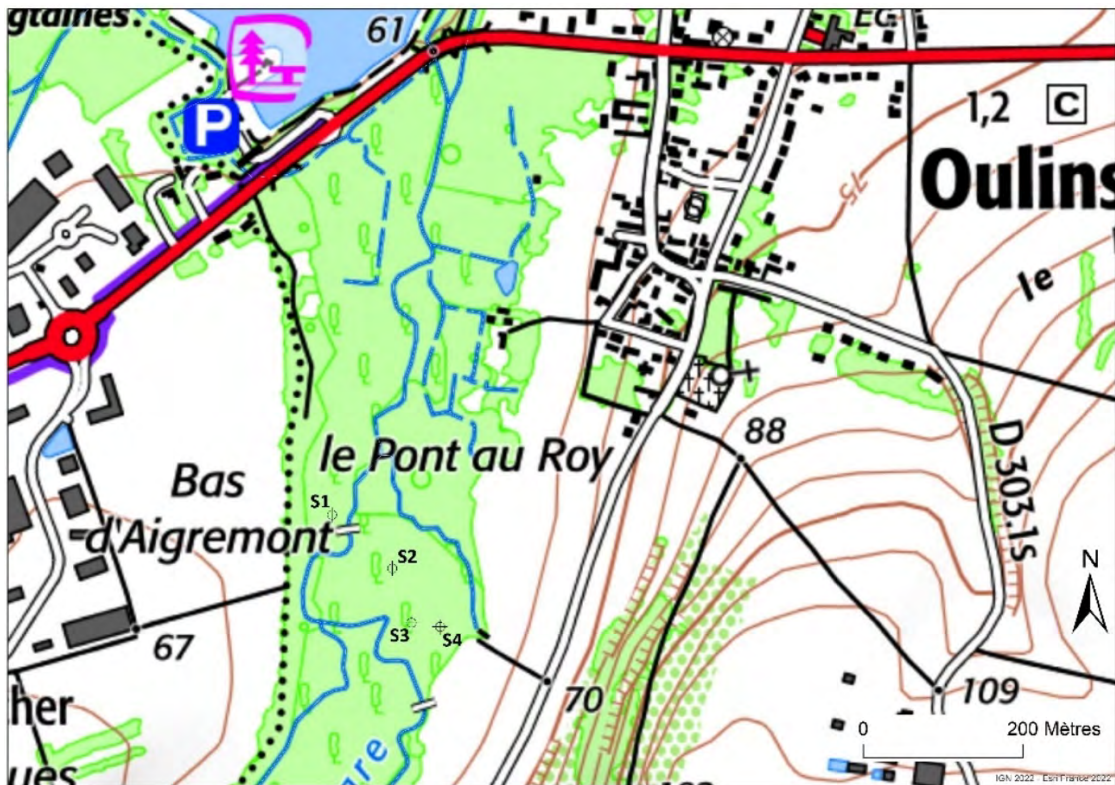


192– Contexte topographique du bassin-versant de la Vesgre et localisation des sondages exploratoires à la tarière pédologique S1 (au lieu-dit « le Moulin ») et S2 (au lieu-dit « Prés de l'Arche ») [fond orographique : BD Alti 25 m de l'IGN ; fond hydrographique : BD Carthage de l'IGN ; système de coordonnées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

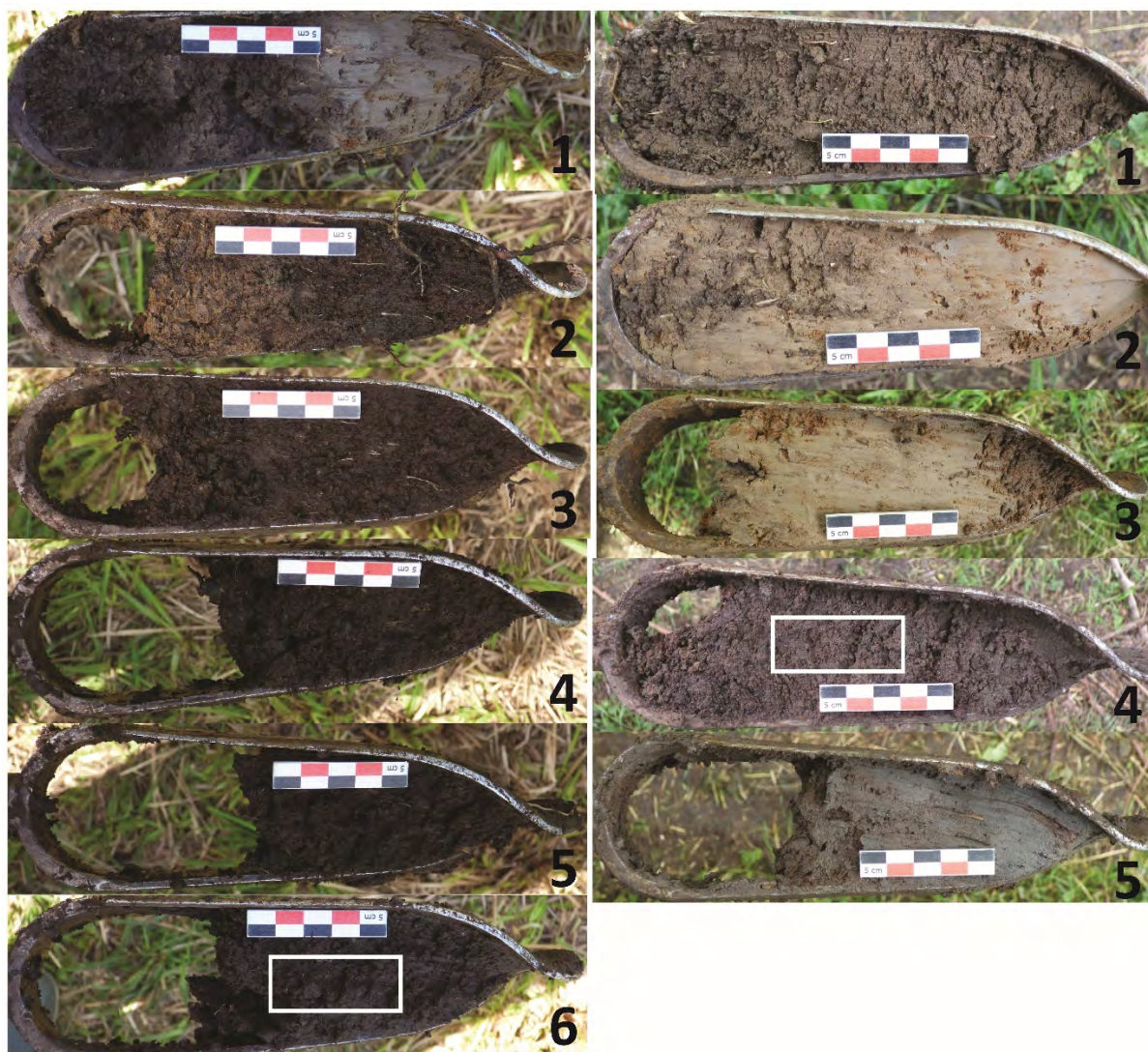
susceptible de fournir de précieux enregistrements polliniques permettant de documenter l'évolution des paysages à l'Holocène récent dans cette portion de la vallée de l'Eure, encore peu investiguée d'un point de vue paléoenvironnemental. Cet enregistrement sédimentaire contribuerait alors à caractériser les pratiques agrosylvo-pastorales mis en œuvre dans les terroirs alluviaux de la moyenne vallée de l'Eure et de ses environs (plateaux et versants adjacents) en lien avec l'occupation humaine [fig. 193-194(a-b)].



193– **A. Fond de vallée de la Vesgre** dans sa portion médiane au lieu-dit « Prés de l'Arche » à Rouvres. Ce panorama permet d'observer 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 médiane. **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]



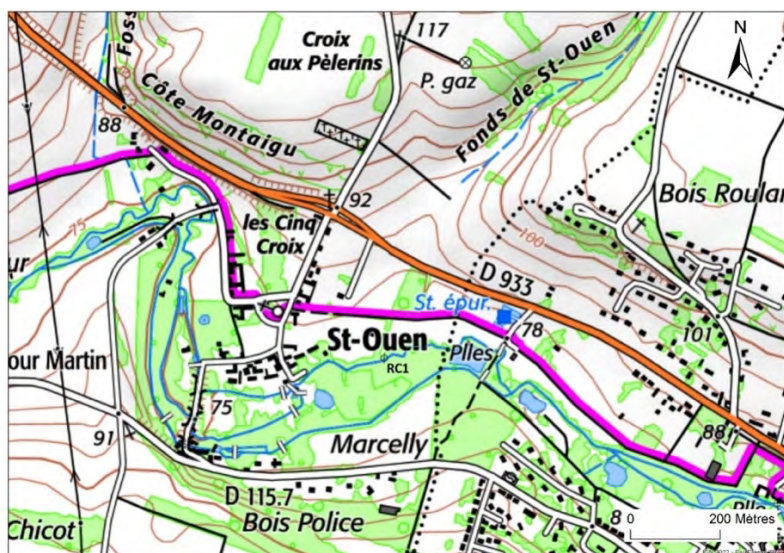
194a– Localisation des quatre sondages à la tarière pédologique en vallée de Vesgre aval au lieu-dit « le Pont au Roy » sur fond topographique de l'IGN au 1:25 000. **Sondage 1 (à gauche)** : unités sédimentaires prélevées par sondage à la tarière pédologique de la séquence de remblaiement de la Vesgre aval en rive gauche au lieu-dit « le Pont au Roy ». Le rectangle blanc localise le prélèvement de restes ligneux entre 60 et 70 cm pour une datation radiocarbone au laboratoire BetaAnalytic. Il a livré une date de 920 ± 30 BP [Beta 593641 : 741-915 cal BP ; 1035-1210 cal AD]. A. entre 0 et 20 cm ; B. entre 20 et 40 cm ; C. entre 40 et 60 cm ; D. entre 60 et 70 cm. **Sondage 2 (à droite)** : 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 ». Le rectangle blanc localise le prélèvement de restes ligneux entre 80 et 90 cm pour une datation radiocarbone au laboratoire BetaAnalytic. Il a livré une date de 1540 ± 30 BP [Beta 593642 : 1353-1517 cal BP ; 433 598 cal AD]. 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 [© T. Piau 2021]



194b– *Sondage 4 (à gauche) : 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 ». Le rectangle blanc localise le prélèvement de restes ligneux entre 80 et 90 cm pour une datation radiocarbone au laboratoire BetaAnalytic. Il a livré une date de 890 ± 30 BP [Beta 634606 : 906-728 cal BP ; 1044-1222 cal. AD]. 1. entre 0 et 20 cm ; 2. entre 20 et 40 cm ; 3. entre 40 et 60 cm ; 4. entre 60 et 70 cm ; 5. entre 70 et 80 ; 6. entre 80 et 90 cm. Sondage 3 (à droite) : 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 ». Le rectangle blanc localise le prélèvement de restes ligneux entre 60 et 80 cm pour une datation radiocarbone au laboratoire BetaAnalytic. 1. entre 0 et 20 cm ; 2. entre 20 et 40 cm ; 3. entre 40 et 60 cm ; 4. entre 60 et 80 cm ; 5. entre 80 et 90 cm [© T. Piau, 2023]*

1.b. – Un regain de l’activité fluviale entre 500 cal. BP et 400 cal. BP dans le chenal d’écoulement principal de la basse vallée de la Vesgre à « Saint Ouen »

En 2022, le relevé d’une coupe de berge en rive concave de la Vesgre à « Saint Ouen » a permis de réaliser trois datations radiocarbone sur des micro-charbons de bois prélevés au sein de dépôts de crue. La partie basale de cette séquence fluviale, 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). Les dépôts de crue sus-jacents ont livré les dates de 270 ± 30 BP [Beta – 634604 : 332-152 cal BP ; 1618-1798 cal. AD) et 240 ± 30 BP [Beta – 634605 : 424-147 cal. BP ; 1526-1735 cal. AD). Ces éléments suggèrent l’existence d’un épisode de forte activité hydrodynamique dans le chenal d’écoulement principal de la Vesgre entre 500 et 400 cal. BP. Une reprise de la sédimentation détritique est ensuite individualisée dès 400 cal. BP [fig. 195-196].



195– Localisation du relevé de coupe d'une berge en rive concave de la Vesgre à Saint Ouen sur fond topographique de l'IGN au 1:25 000. La croix RC1 localise la coupe



196– 1. Remblaiement sédimentaire de la Vesgre dans sa basse vallée à Saint Ouen. Le rectangle jaune localise les photos 2 et 3.
 2. Localisation des prélèvements de micro-charbons de bois pour des datations radiocarbone dans des dépôts de crue de la Vesgre. Ces derniers ont livré les dates de : a. 240 ± 30 BP [Beta – 634605 : 424-147 cal BP ; 1631-1803 cal. AD] ; b. 270 ± 30 BP [Beta – 634604 : 442-152 cal. BP ; 1508-1798 cal. AD] et c. 430 ± 30 BP [Beta – 630057 : 527-334 cal. BP ; 1423-1623 cal. AD].
 3. Transition entre les sables graveleux et les sables de la partie basale de la séquence de remblaiement de la Vesgre [© T. Piau 2023]

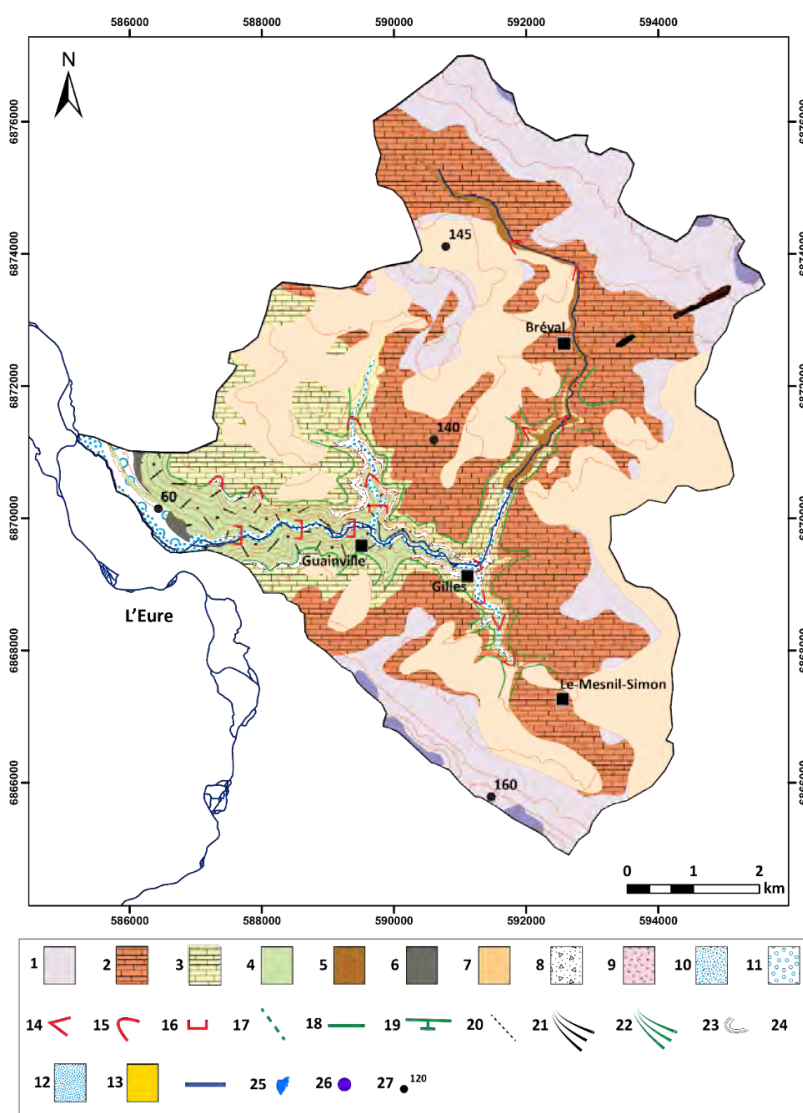
2 – Le sous-bassin du Radon

2.a. – Une érosion des sols accrue postérieure au xv^e s. (dès 400 cal. BP)

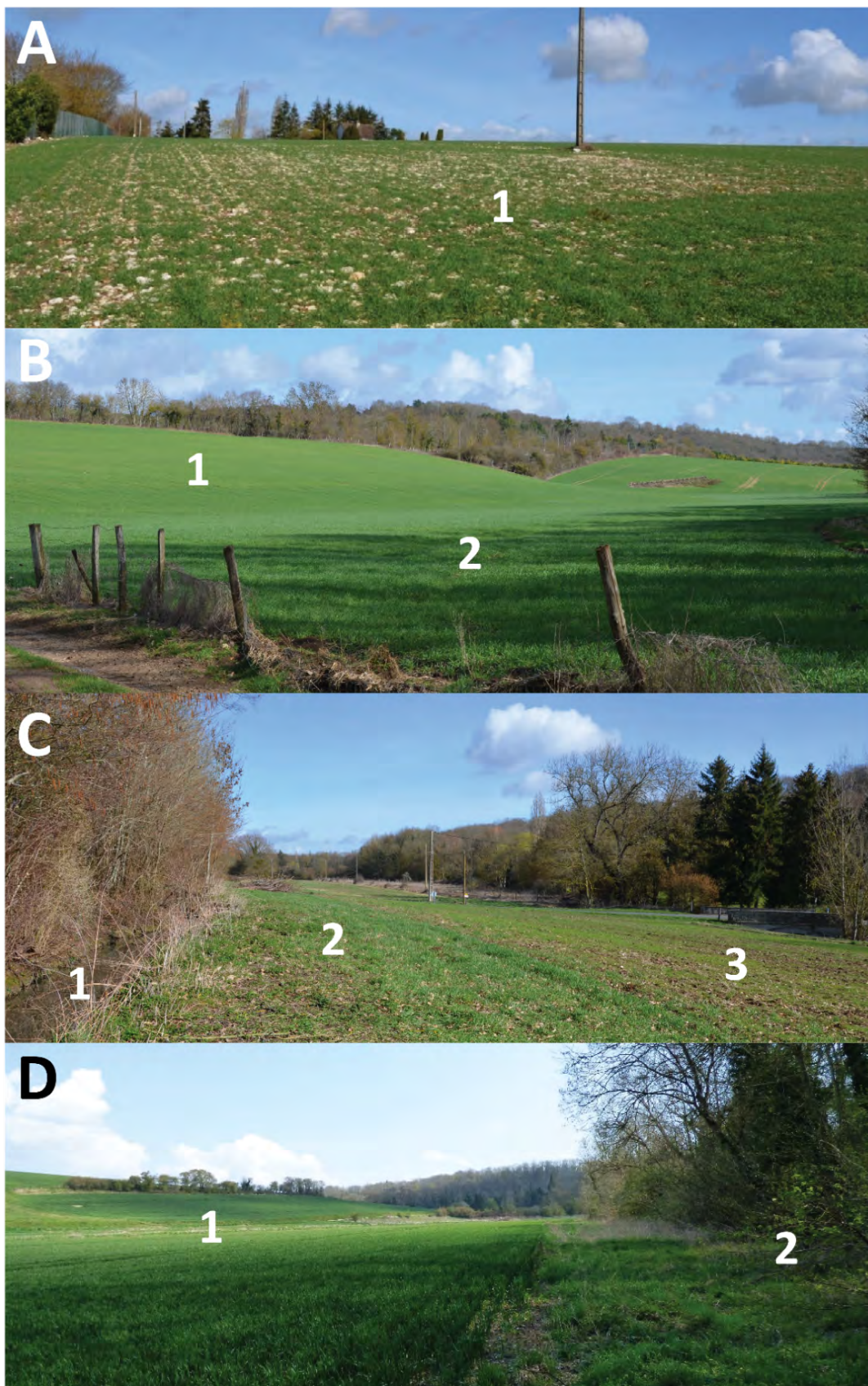
Des sondages exploratoires à la tarière pédologique ont été réalisés dans le fond de vallée du Radon dont le cours est largement artificialisé par des aménagements hydrauliques de la période moderne et contemporaine. Dans sa portion amont, moyenne et aval, un remblaiement limoneux homogène, généralement supérieur à 1 m

y a été observé. Deux datations radiocarbone ont été réalisées 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 : 519-328 cal BP ; 1432-1622 cal AD] et 180 ± 30 BP [Beta – 630055 : 294-70 cal. BP ; 1656-1950 cal. AD] [fig. 197-200].

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 sensibles 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 le long du *continuum* fluvial afin d'étayer cette interprétation préliminaire.



197– Carte géomorphologique du sous-bassin du Radon en rive droite de l'Eure. 1. Bancs meulièrement 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. Laess, 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 mètres [© T. Piau 2021]



198– **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]



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



200– 1 et 2. Remblaiement sédimentaire du Radon dans sa basse vallée au lieu-dit « Le Moulin Hinier ». Le rectangle blanc indique la position des micro-charbons de bois prélevés pour datation AMS sur deux coupes de berge en rive concave. Ces derniers ont livré les dates de 410 ± 30 BP [Beta – 609922 : 328-519 cal BP ; 1432-1622 cal AD] pour la coupe 1 et 180 ± 30 BP [Beta – 630055 : 294-70 cal. BP ; 1656-1950 cal. AD] pour la coupe 2 [© T. Piau 2021]

3– Reconstitution de la trajectoire hydro-sédimentaire des sous-bassins de rive droite de l’Eure à l’Holocène

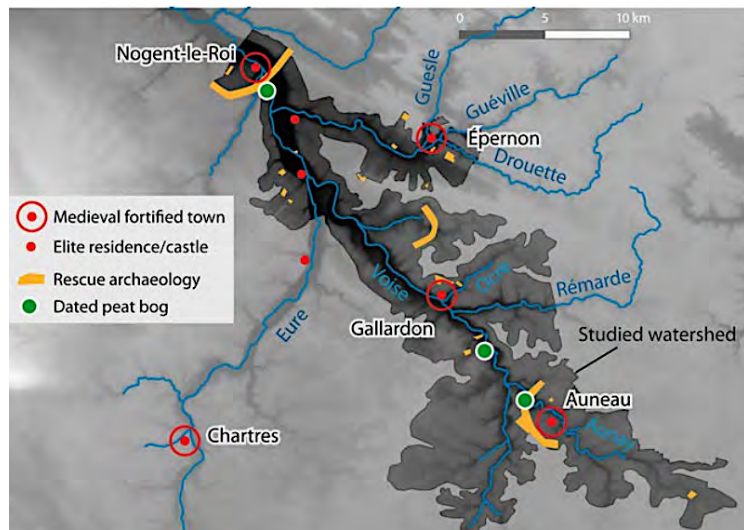
Les données géomorphologiques acquises entre 2019 et 2022 dans les vallées du Radon et de la Vesgre ont été mises en perspective avec celles obtenues dans d’autres vallées secondaires de la portion amont du bassin-versant de l’Eure. Cette approche comparative doit permettre :

- 1/ 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 ;
- 2/ de **questionner la synchronicité des épisodes détritiques enregistrés dans les sous-bassin 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 ») ;
- 3/ 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.

La trajectoire hydro-morpho-sédimentaire des sous-bassins de rive droite de l’Eure à l’Holocène peut se décomposer en deux grandes périodes : (1) **entre 10 000 et 8500 cal. BP**, (2) **entre 1200 cal. BP et l’actuel**. La seconde période se singularise par des réponses hydro-sédimentaires contrastées avec des différences d’enregistrements sédimentaires selon la morphologie et la lithologie des sous-bassins, mais également la position des sondages au sein du fond de vallée (chenal d’écoulement principal, plaine d’inondation proximale ou distale) : niveaux tourbeux (**entre 1500 et 800 cal. BP**), épisodes hydro-érosifs (**entre 500 et 400 cal. BP**) et/ou nouvelle phase détritique (**vers 400 cal. BP**).

En vallée de l’Eure, l’indigence des données géomorphologiques et paléoenvironnementales disponibles pour les sous-bassins de rives droite ne permet pas de proposer une reconstitution détaillée de leur trajectoire hydro-sédimentaire à l’Holocène. Toutefois, les investigations menées depuis 2011 [Chamaux 2009 ; Capron 2019 ; Labat *et al.* 2019] permettent de proposer les premiers jalons d’un cadre chronostratigraphique. Quatre opérations d’archéologie préventive ont en effet permis d’appréhender les remblaiements alluviaux des vallées de l’Aunay (affluent de rive droite de la Voise) et de la Drouette : 1/ Aunay « Aménagement de la déviation routière d’Aunay (section RD 18 - RD 116 - RD 19) », 2009 ; 2/ Aunay « l’Hermitage », 2012 ; 3/ Droue-sur-

201– 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]



Drouette « 1, rue de la Mairie – Pré-aux-Pommes » ; 4/ Hanches « ZAC Cœur de la Ville Tranche 1 »/ Rue de la Barre, 2019 [Borderie et al. 2019] [fig. 201].

• Période 1 : entre 10000 et 8500 cal. BP

La première moitié de l'Holocène se caractérise par : (1) une relative stabilité des systèmes fluviaux secondaires de rive droite de l'Eure et/ou (2) l'absence de sédimentation. Seule la vallée de l'Aunay, affluent de rive droite de la Voise, a livré un enregistrement tourbeux du début de l'Holocène. La sédimentation organique de près de 3 m d'épaisseur démarre entre 10 120 et 8454 cal. BP⁴ et contient des restes lithiques mésolithiques bien préservés. L'environnement du fond de vallée est alors fluvio-palustre et les rives de la rivière semblent végétalisées. Après un hiatus couvrant tout ou partie du début de l'Holocène, les sous-bassins de rive droite de l'Eure connaissent à l'Holocène moyen et récent des différences d'enregistrements sédimentaires.

• Période 2 : entre 1200 cal. BP et l'actuel

Un atterrissement généralisé des fonds de vallée est enregistré dans les sous-bassins de rive droite de l'Eure dès 1200 cal. BP. Toutefois, 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. Les sous-bassins de rive droite de l'Eure confirment cette tendance.

C'est le cas de la basse vallée de la Vesgre où la sédimentation tourbeuse semble, en l'état actuel des connaissances, perdurer, dans sa plaine d'inondation distale, de la période antique jusqu'au premier Moyen Âge, entre 1500 et 800 cal. BP. 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 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. Le fond de vallée de la Drouette connaît en effet une importante artificialisation de sa plaine

⁴ La sédimentation organique 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.

d'inondation dès l'Antiquité. Celle-ci pourrait expliquer le taux de sédimentation relativement faible entre les périodes antique et médiévale.

Plus généralement, une reprise ou un maintien du détritisme alluvial est constaté durant le Bas Moyen Âge à l'échelle du bassin-versant de la Seine. Cette période connaît de nombreux bouleversements socio-économiques entre les ^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 ^{xii}^e jusqu'au ^{xiv}^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. Ce phénomène semble s'observer dans le chenal d'écoulement principal de la Vesgre à Saint Ouen. 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 ^{xiv}^e et le ^{xv}^e siècle. Les vallées du Bassin de Paris semblent en effet touchées par une récurrence des épisodes de crues entre les ^{xvii}^e et ^{xviii}^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.

Dans les sous-bassins de rive droite de l'Eure, une nouvelle phase (plus récente) d'atterrissement limoneux est détectée à partir du Bas Moyen Âge (dès 1200 cal. BP) et/ou de la période moderne, possiblement liée à une recrudescence de l'érosion des sols sous l'effet d'importants défrichements sur les plateaux. Cet épisode à dominante détritique est enregistré dans les vallées de l'Aunay (dès 1125 ± 45 BP), de la Drouette (dès le ^{xiii}^e siècle), de la Vesgre (dès 920 ± 30 BP) ou encore du Radon (dès 410 ± 30 BP).

IV – Bilan général

L'approche géoarchéologique a contribué à :

- 1/ reconstituer l'environnement géomorphologique de deux secteurs riches en indices d'occupations humaines : les zones-ateliers de Saussay au lieu-dit « Les Terres Noires » et de Garennes-sur-Eure au lieu-dit « Bellevue ». Les chenaux de l'Eure sont déjà remblayés dès 4220 ± 30 BP et 3690 ± 30 BP [âge du Bronze] au moment de l'implantation des indices d'occupation humaine repérés en prospection aérienne. Le relèvement périodique du niveau de la nappe phréatique peut toutefois expliquer une installation préférentielle des occupations humaines sur les montilles sablo-graveleuses et la moyenne terrasse qui surplombe de près de sept mètres la plaine d'inondation de l'Eure.
- 2/ investiguer les archives sédimentaires fluviales de deux sous-bassins de rive droite de l'Eure, largement ouverts dans les séries tertiaires : le Radon et la Vesgre. Les datations radiocarbone ont permis de poser les premiers jalons d'un cadre chronostratigraphique. Alors que dans la basse vallée de la Vesgre au lieu-dit « le Pont au Roy », près de sa confluence avec l'Eure, la sédimentation organique perdure entre la période antique et le Haut Moyen Âge (1540 ± 30 BP et 920 ± 30 BP), un épais remblaiement limoneux contemporain et/ou postérieur au ^{xv}^e siècle a été individualisé dans le sous-bassin du Radon au lieu-dit « le moulin Hinier » (410 ± 30 BP). Cette période contemporaine de la dégradation climatique du Petit Âge Glaciaire (*Little Ice Age* entre 500 et 200 cal BP) voit aussi un bref regain de l'activité fluviale dans le chenal d'écoulement principal de la Vesgre à Saint Ouen (entre 500 et 400 cal. BP).

Les données géomorphologiques acquises en 2021 et 2022 ont par la suite été 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 fond de vallée (*i.e.* 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 déritique. 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 (3300 ± 30 BP [Poz-60879 ; 3451-3578 cal BP ; 1502-1629 cal BC] ; 1115 ± 30 BP [Poz-60871 ; 937-1176 cal BP ; 775-1014 cal AD]) à Lormaye au lieu-dit « Les Pâtures » dans une dépression individualisée au sein de la grave à silex roulés qui nappe le fond de la vallée de l'Eure [référence]. 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, une nouvelle phase d'atterrissement limoneux est enregistrée à partir du Bas Moyen-Âge, voire la période moderne : l'Aunay (dès 1125 ± 45 BP), la Drouette (dès le XIII^e siècle), la Vesgre (après 920 ± 30 BP) et le Radon (410 ± 30 BP).

- 3/ intégrer les données géomorphologiques et archéologiques acquises depuis 2018 dans la base de données relationnelle et spatiale du PCR. Ces données contribueront 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 de modéliser les lieux d'implantation privilégiés selon les périodes.

Partie IV

Premiers éléments d'analyse sur les modalités de construction des territoires

[coord. Fabienne Dugast, François Bétard]

Dans la perspective d'enrichir le corpus actuel des sites archéologiques somme toute maigre et tenter de restituer les trames territoriales, le PCR a pris le parti de considérer le paysage comme « un palimpseste » – terme proposé pour désigner des niveaux archéologiques constitués par l'imbrication et/ou le hiatus de plusieurs occupations diachroniques [Bertran *et al.* 2017] – qui ne peut être reconstitué sans une approche régressive, en remontant le temps [Fouache 2010]. Les traces de cette évolution peuvent en effet être visibles en surface ou masquées par des formations superficielles, qu'il s'agisse de paléochenaux fluviaux, de canaux d'irrigation ou de drainage, de paléorivages, mais aussi d'anciennes routes, de limites de finage, de traces de cadastration ou encore d'anciennes carrières d'extraction – de pierres, de sable, de marne, d'argile...

Dans cette optique, deux champs interconnectés ont été prospectés depuis 2020 : les premiers éléments de mise en réseau local et le développement du concept de « géoarchéosite ».

I – Entre identités matérielles et structuration des territoires

[Fabienne Dugast]

Appréhender les identités matérielles et la structuration des territoires passe nécessairement par l'étude de 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.

Les réflexions actuelles tendent à admettre qu'il n'y a pas de territoire qui ne soit mouvant du fait de la mobilité intrinsèque de chaque individu induisant celle des communautés [Damm 2012], que cette mobilité est autant spatiale que temporelle et qu'elle se traduit inégalement au cours du temps, par une extension ou au contraire une rétractation, un déplacement ou un fractionnement, voire un abandon pur et simple de l'espace occupé. La question se pose alors de savoir comment rendre un corpus représentatif de ces mobilités spatiales et temporelles qui ne se résument pas dans le seul cadre d'une organisation hiérarchique fermée – qu'il s'agisse d'une *civitas* et son territoire comme d'une seigneurie et son finage. En l'occurrence, la position du secteur d'étude a montré les difficultés d'identification des communautés voisines éburovices ou carnutes, concernées pour la période antique, à travers la seule notion de « culture matérielle » attachée à l'étude céramologique [Rapports 2019 & 2022]. Cette position rend l'objectif sans doute d'autant plus délicat que le rôle de la rivière n'est pas non plus défini et marque *a priori* des limites particulièrement poreuses entre les territoires administrativement reconnus qui lui sont voisins. Cette porosité peut sans doute s'expliquer par l'écart qui s'observe entre la vision du « pouvoir », particulièrement bien documentée, et celle des communautés et individus, plus discrète. Si la première est mieux connue, elle n'est pas forcément représentative de l'organisation d'une société donnée dans la mesure où elle émane d'un groupe restreint qui s'avère davantage organisateur que pragmatique. Or, le territoire est indissociable de l'environnement : la volonté individuelle joue

un rôle non moins important que la volonté politique dans la structuration des sociétés [Cursente, Mousnier 2005] et crée des territoires « objectifs » engendrés par les systèmes d'échanges commerciaux à échelle locale [Boissellier 2011], indépendamment des limites territoriales définies par les pouvoirs – politiques, religieux, militaires [Catapau 2005]. Sur le terrain, les traces des deux types de « territoire » se mêlent et créent des confusions, voire des incohérences.

– L'approche en « réseaux » –

Pour appréhender la notion de territoire « objectif », il apparaît nécessaire de trouver des zones de convergence conceptuelle entre environnement physique et environnement socio-culturel [Jallot 2008], permettant d'identifier les interactions non seulement avec la topographie mais aussi avec la morphologie générale et ses évolutions – en termes d'exploitation au sens large d'utilisation d'un espace qu'on peut concevoir comme l'accès à une ressource, qu'elle soit biotique ou abiotique. Dans ce cadre, l'étude des « réseaux » pris au sens large – comme interactions d'un territoire ou d'un ensemble de territoires avec son environnement naturel et socio-culturel – apparaît essentielle.

Préalable à toute approche des relations entre les communautés humaines et leur environnement, la notion de « réseaux » s'entend tout d'abord comme point d'entrée à une étude de la structure spatiale d'un ensemble. Elle y intègre principalement les trames viaires et fluviales comme système(s) relationnel(s) mis en place par les communautés humaines et définis comme des aménagements nécessaires à leurs déplacements entre les différents points de leur(s) espace(s) de vie, d'exploitation et d'échanges. La configuration de ces réseaux relève en effet de besoins qui se déclinent en composantes et liens entre composantes, identifiables *a posteriori* par leurs répartitions géographiques, la position et le rôle des acteurs locaux en interaction, jusqu'aux répercussions d'événements historiques. L'analyse des réseaux s'entend de ce fait comme celle de l'agencement de structures spatiales articulant et définissant de véritables espaces géographiques, révélateurs des dynamiques d'occupation et *a fortiori* de l'organisation de « territoires » à plus ou moins grande échelle. La comparaison de ces réseaux dans le temps et l'espace, y compris leurs impacts sur les structures spatiales, doit permettre en outre de mieux appréhender l'évolution d'un ensemble dans ou à travers la totalité de ses traits caractéristiques.

1– Les réseaux viaires : Antiquité-Moyen Âge

Le réseau viaire constitue un élément fortement structurant du paysage, au même titre que les cours d'eau navigables, dans leurs aménagements mais surtout dans leur utilisation et leur rôle en termes de communication et d'échanges. En ce sens, la voirie s'avère être un support important dans le cadre d'une analyse du rapport entre réseau et territoire. Plus avant, l'étude de la trame viaire peut permettre de mesurer l'insertion de la zone étudiée, majoritairement rurale, dans les réseaux de communication régionaux [Poirier 2013] et, par voie de conséquence, dans la structuration des territoires et l'identification des identités culturelles. La trame s'entend en effet ici au sens large en tant qu'ensemble de liens existant entre les éléments constitutifs des différentes communautés qui se sont succédé et/ou côtoyées au sein du secteur d'étude. Elle s'organise de fait autour de différents axes, principaux et secondaires, qui se modulent en fonction de la mobilité des pôles socio-économiques et des modifications de la charge des itinéraires. En ce sens, si la reconnaissance morphologique des réseaux peut apparaître relativement simple, leur lecture dynamique se révèle plus délicate dans la mesure où les tracés des itinéraires s'avèrent souvent multiples et composés de strates successives – déplacements, dédoublements, abandons, reprises – qui suivent les modalités socio-économiques à différentes échelles de temps et d'espace.

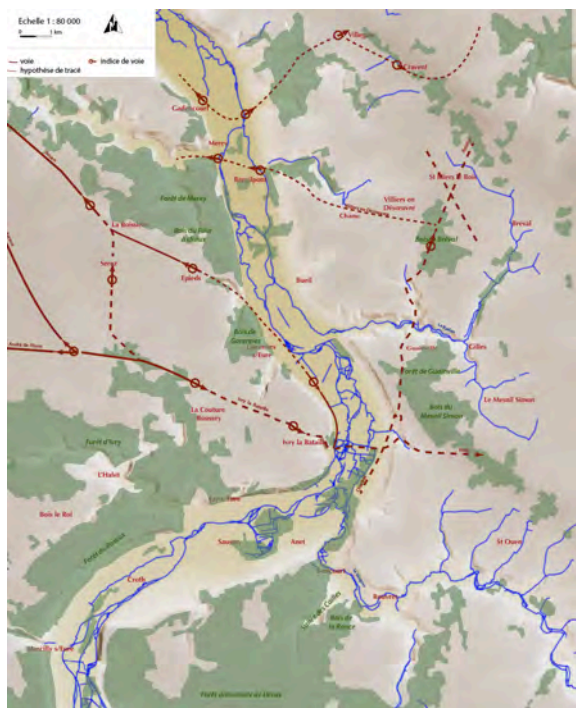
L'approche méthodologique n'est pas nouvelle : en s'appuyant sur une étude morphologique, elle a montré notamment que l'histoire des itinéraires n'est pas linéaire et que la structuration de l'espace par un réseau d'axes régionaux et suprarégionaux remonte au-delà de la période antique, mettant en œuvre un jeu d'interactions

complexes entre le local et le global, le passé et le présent [Vion 1989 ; Marchand 2009]. La difficulté réside néanmoins dans sa restitution : on s'intéressera ici aux différents types de données qui nous permettent aujourd'hui de restituer les maillages antérieurs – traces matérielles, toponymie, phénomènes de résilience –, aux limites méthodologiques de ces types d'approche et à ce que la géo-archéologie peut apporter.

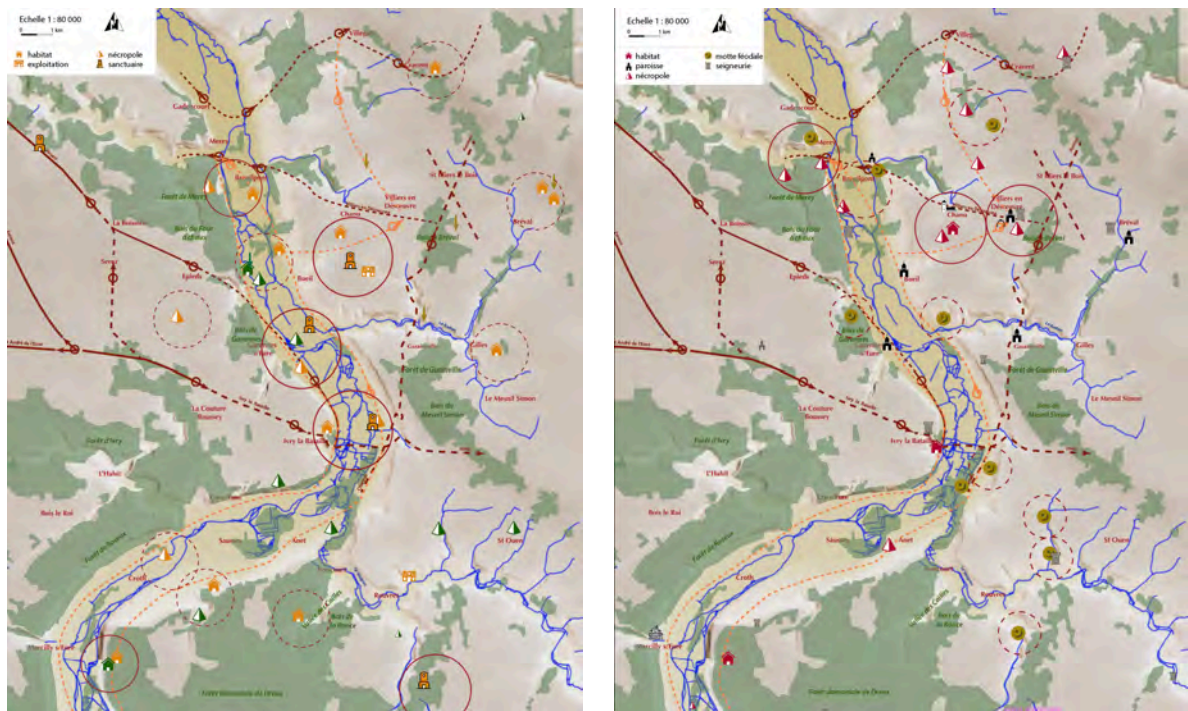
Les premiers éléments d'analyse régressive (phénomènes de résilience, réappropriation, etc.) se sont appuyés sur une étude des documents cartographiques [fig. 202]. Ils concernent pour l'essentiel les trames viaries à l'échelle du secteur d'étude où un certain nombre d'indices matériels avaient été repérés par ailleurs. Partant du principe qu'il existe une certaine permanence des couloirs de circulation [Vion 1989 : 89], que le réseau routier contient en lui-même les indices de sa propre histoire [Vion 1989 : 69], qui s'inscrit dans une logique de liaison des villages médiévaux, elle-même héritière des relations entre les différents types d'habitats antérieurs [Favory *et al.* 1998 ; Pion 1990 ; Chouquer 1996], et que certains chemins, notamment d'exploitation – agricole ou autre – ont pu connaître une pérennité parfois jusqu'à aujourd'hui, une première trame à l'échelle locale a pu se dessiner, qui montre une certaine incidence sur la durée avec les noyaux d'habitats et nécropoles aux périodes antiques et médiévales [fig. 203a-b].



202– Extrait de la *Statistique archéologique* de L.G. Guérineau de Boisville (Société archéologique d'Eure-et-Loir 1861) et du cadastre napoléonien (AD 1830) pour une approche régressive



203a– Restitution partielle du réseau viarie principal (à gauche) et secondaire (à droite) d'après l'étude cartographique et l'inventaire des indices au sol [© F. Dugast 2022]



203b– Incidence du réseau viaire avec l’inventaire des occupations antiques (à gauche) et médiévales (à droite).
Les cercles restituent globalement les espaces communautaires (habitat / nécropole / sanctuaire) [© F. Dugast 2022]

Ressortent de cette trame bien évidemment les axes principaux, qui, au sein de la fenêtre d’étude, s’orientent globalement perpendiculairement à l’Eure (E/W) : le « Grand Chemin de Normandie » reliant Paris, Évreux et Rouen par Bréval et Septeuil dans les Yvelines, doublée par celle reliant Évreux et Ivry-la-Bataille en passant par Épièdes, avec leur passage commun de l’Eure à la Chaussée d’Ivry [Bonnard 1907 : 11 ; La Torre 1989 : 27] ; la voie d’Évreux à Cravent, passant par Villegats et son passage de l’Eure à Gadencourt (Moulin de Croisy) [Coutil 1921]. Elles rejoignent plus à l’ouest le grand axe N/S qui relie Dreux à Évreux jusqu’à Rouen. Un autre passage de l’Eure semble s’être effectué à hauteur de Breuilpont/Merey pour rejoindre Villiers-en-Désœuvre. L’ensemble de ces axes se déploie manifestement en cheminements secondaires de part et d’autre et le long de l’Eure, en pied de versant : peu de traces y sont reliées si ce n’est une permanence globale du tracé et la présence d’une occupation effective marquée par des nécropoles ou encore deux sanctuaires d’époque antique – à Garennes-sur-Eure et à Neuilly. Ces cheminements restent toutefois mal définis du fait du mouvement de la rivière. Dans la portion nord, deux cheminements secondaires se lisent également sur le plateau du Mantois, reliant Villegats à Villiers d’une part (trace au nord de Saint-Chéron), et Villiers à Bueil par le vallon aux Fleurs (trace à l’entrée de Villiers en direction de la vallée). Ces cheminements montreraient que les relations fond de vallée/plateau s’effectuaient *a priori* à travers les différents vallons de largeur suffisante et à faible dénivelé : leur continuité reste difficile à identifier.

Cette trame ne marque toutefois pas de préférences territoriales spécifiques qui émergent en revanche à une échelle plus fine et qui est en cours d’examen. Trois volets peuvent être envisagés :

- 1/ les routes sinueuses actuelles qui marquent un phénomène probable de résilience dans un paysage à faible contrainte topographique que le parcellaire moderne ni les opérations de remembrement n’ont pu forcément réussir à masquer ;
- 2/ les sources écrites, archives médiévales à modernes, en tant qu’elles témoignent d’un développement et de transformations des parcellaires d’exploitation agricole (ou finage), mais qui ne répondent toutefois pas à une description explicite des territoires et qui restent donc délicates à manier ;
- 3/ la distribution des espaces communautaires (habitat/nécropole/sanctuaire) *versus* leurs transmissions spatio-temporelles et leurs relations aux sources d’approvisionnement – en eau, en terres agricoles, en matériaux de construction ou miniers, qui restent à identifier.

2– Cheminements et mégalithes

Concernant les périodes antérieures, plusieurs études ont été menées pour tenter de comprendre et le rôle et la répartition des mégalithes (menhirs ou dolmens), considérés depuis longtemps comme les traces d'une construction paysagère ancienne. Ils sont bien souvent assimilés à la délimitation d'un territoire (Surmely *et al.* 1996 ; 2005 ; Soula 2014), et/ou en lien avec des cheminements (Fábrega-Álvarez *et al.* 2011). Diverses études ont également porté sur l'insertion topographique des mégalithes au regard des formes du terrain (Fábrega-Álvarez *et al.* 2011 ; Roughley 2004). Les menhirs (ou pierres levées) notamment semblent avoir été érigés de manière à être vus : une étude récente a tendu à mettre en évidence des « bassins de visibilité » définis à travers à la fois une intervisibilité avec d'autres pierres similaires et, parallèlement, une préférence pour certaines orientations [Le Jeune, Vigneau 2019].

En vallée de l'Eure, nombreux sont ceux qui ont souligné la distribution régulière d'ensembles mégalithiques (dolmens, polissoirs, menhirs) sur un axe sud-nord, suivant le cours de l'Eure [Coutil 1895 ; Bordeaux 1856] : de l'ensemble de Saint-Piat (28) au sud à Caillouet-Orgeville « Le Grouet de Gargantua » (27) au nord, en passant par le dolmen de Cocherel (Montreuil, 28), ceux de Sorel-Moussel « La Ferme Brûlée » et ceux de Croth « Chemin de Gargantua ». L'analyse à l'échelle régionale peut paraître définir des tendances qu'on jugera encore lisibles et constantes sur des zones plus réduites de 400 à 500 km². Le petit nombre de menhirs sur la zone d'étude montrerait que si certaines pierres levées ont tendance à privilégier des points hauts (Neauphlette « La Pierre Grise », La Ville-Lévêque « Pierre de la Folie »), voire en tête de vallon (Rouvres/Vallée des Cailles), d'autres ne négligent pas le fond de vallée et ne semblent pas avoir été dressées de manière à être vues sur de larges étendues (Garennes-sur-Eure « Mère Jeanne », Lorey « La Pierre Frite » [fig. 204a-b]. Le potentiel de visibilité apparaît peu convaincant comparativement aux terrains environnants, d'autant que la distance qui sépare chacune des pierres varie de 7 (en fond de vallée) à 10 km. Il en est même de la concentration de dolmens et polissoirs autour de Fort-Harrouard sur un rayon de près de 2 km. Par ailleurs, la contemporanéité de l'ensemble de ces mégalithes n'est pas assurée, oscillant dans une chronologie très large comprise entre la fin de la Préhistoire et la période gallo-romaine – selon les données de la Carte archéologique nationale.



204a– Position topographique de la « Pierre Grise », Neauphlette (78) – pierre calcaire tendre ; H 1,90 m, l. 2 m à la base, ép. moyenne 0,80 m ; nombreuses fissures naturelles [© F. Dugast 2020]



204b– Distribution des mégalithes dans la zone d'étude – en fond de vallée ou en tête de vallon – et concentration particulière aux abords de Fort-Harrouard [© F. Dugast 2022]

L'analyse à l'échelle de la vallée apparaît ainsi peu discriminante au regard des données hétérogènes disponibles et peu nombreuses. À tout le moins, peut-on observer des espaces communautaires dont les témoins restent partiels, peu à même de décrire un phénomène culturel complexe et qui plus est diachronique. On observera du reste que le mobilier lithique (haches, points de flèche) se retrouve très souvent en-dehors de ces centres mégalithiques, majoritairement sur le plateau en rive droite de l'Eure [fig. 204b].

3– Les sources d'approvisionnement

L'identification des sources d'approvisionnement en matières premières est aujourd'hui une thématique commune à tous les préhistoriens. L'étude de la provenance du matériel lithique liée à celle de l'accessibilité des couches riches en silex permet de replacer les sites dans un maillage territorial et de renseigner sur la mobilité des groupes humains [Fernandes, Raynal 2006 ; Fernandes 2012]. Elle doit pouvoir être élargie à tous types d'objets nécessitant de manière similaire l'extraction de matériaux – pour les plus facilement détectables, carrières de pierre ou d'argile, ou encore moulins à eau –, pour constituer une archive de premier ordre dans l'appréhension des émergences et transformations des sociétés et leur évolution.

Dans cette optique, et parallèlement aux trames viaries entendues comme moyens de communication – au sens large d'échanges et d'influences –, le concept de « culture matérielle », souvent ramené à celui d'« identité culturelle », a été saisi et interrogé. Témoin de la vie quotidienne et de l'histoire économique d'une société [Bourgeois *et al.* 2018], la « culture matérielle » peut *a priori* constituer également un marqueur chronologique de l'identité des communautés qui l'ont produite [Barral 2003]. À ce titre, on voudrait que les vestiges matériels, que ce soit la circulation des produits (objets manufacturés et denrées alimentaires), les manières de faire ou les similarités de styles de certains objets, permettent, de par leur cohérence intrinsèque, de reconstruire les interactions entre les acteurs d'un réseau à des échelles régionales ou inter-régionales. Source d'information majeur – notamment en termes de chronologie relative –, la poterie en particulier tend, dans sa dimension commune, à circonscrire des « faciès » sur la base de caractéristiques techniques et stylistiques. Décrite et analysée à travers les systèmes économiques de fabrication, d'exploitation, de consommation et de diffusion, elle dessine de fait une étroite relation entre diffusion théorique des récipients destinés à l'alimentation quotidienne et territoire local, et permet ainsi d'aborder les questions sociales, économiques et culturelles des communautés qui l'ont produite.

Le volet, envisagé dès le lancement du PCR, a interrogé, à travers les cas de la céramique [Dugast 2021], du paysage religieux dans l'Antiquité [Tremel 2021] et dans l'Antiquité tardive [Wasylyszyn 2021], la viabilité des pratiques artisanales et architecturales en tant que marqueurs de l'organisation et de l'évolution des structures économiques, sociales, politiques et religieuses imbriquées sur la longue durée. Le volet s'est heurté à la difficulté d'identification de réseaux d'extraction de ressources spécifiques comme à celle de l'origine des matériaux – de construction *e.g.* [Wasylyszyn 2021] ou de toute autre matière première comme l'argile.

Le cas de la poterie en particulier a montré, comme d'autres études récentes [Kramer 1977 ; Damm 2012], que la répartition d'un même style de poterie ne témoigne pas directement de la présence d'une même « ethnie », mais marque tout au plus les limites spatiales d'un système particulier de distribution, dès lors qu'elle prend en compte l'origine des matériaux ou encore l'évolution des pratiques. La difficulté s'aggrave du fait de la méconnaissance de l'implantation des ateliers locaux de potiers notamment [Sellès 2001 ; Adrian 2001]. L'uniformité générale apparente des matrices géologiques, qui relèvent d'une même source, ne parvient pas à pallier l'insuffisance de l'information. Lorsque tout se ressemble, il apparaît difficile de restituer les mécanismes de répartition spatiale des répertoires et le mode de diffusion : la question se pose de manière particulièrement forte concernant le bassin versant de l'Eure où les productions identifiées par leurs formes sont systématiquement comparées et identifiées à celles des ateliers de Chartres, chef-lieu de cité [Cribellier *et al.* 2014 ; Adrian 2001]. Un certain nombre d'éléments viserait certes à attester du contraire, à l'image du reste de ce qui se constate aujourd'hui dans d'autres régions [Batigne Vallet (dir.) 2012] : les jeux de données restent en

réalité insuffisamment fournis pour décrire, comparer, localiser, comprendre et au-delà construire des modèles à l'interface entre l'archéologie, les statistiques et la géographie, et aborder une démarche systémique qui dépend de paramètres spécifiques : la caractérisation des productions, l'évolution des productions et du répertoire, la tradition et les influences, l'économie de l'artisanat à proprement parler (production, diffusion).

Dans l'état, le volet d'étude sur les marqueurs pertinents des cultures archéologiques concernées par la zone d'étude, tel qu'il a été défini [PCR 2019 : 26 ; PCR 2020 : 32], a été *in fine* momentanément écarté.

– Transmissions spatio-temporelles de l'occupation du sol –

La difficulté à asseoir l'analyse des réseaux à l'échelle de la zone d'étude, du fait d'une réalité archéologique complexe et peu documentée, a amené à envisager la multiplication d'études à l'échelle des espaces communautaires pour pouvoir aborder un premier modèle de construction des territoires en diachronie. Les réseaux locaux font apparaître en effet les relations immédiates, témoins d'un maillage homogène du lieu de vie en lien notamment avec les sources d'exploitation agricoles, considérées comme lieux fonctionnels privilégiés.

À ce titre, la notion de territoire « objectif » s'avère prégnante à travers celle de « signature » géoarchéologique, de quelque nature qu'elle soit, et l'information qui peut en être tirée.

L'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 en même temps que d'interprétation spatiale et temporelle.

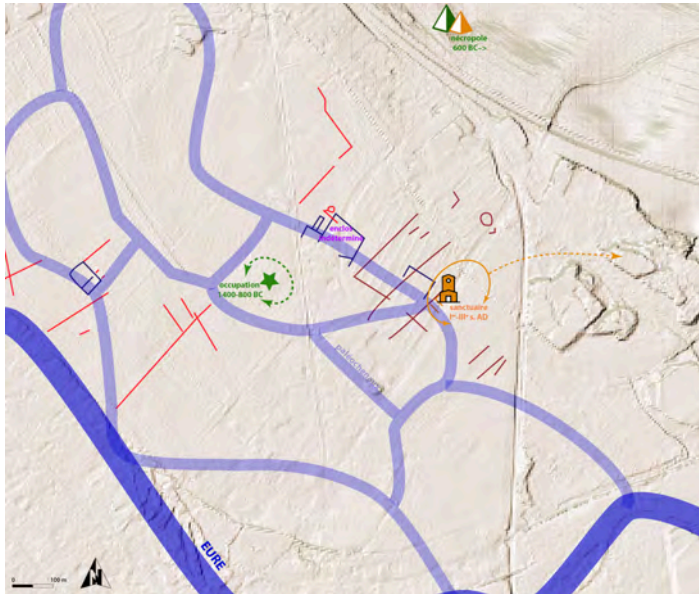
L'approche s'appuie sur d'éventuelles traces fossiles, détectées à partir des sources anciennes, cartes et cadastres, afin d'identifier le réseau de proximité reliant villages, hameaux, moulins, complexes agricoles. L'approche doit être nécessairement morphologique et régressive avant même un retour à la source : elle doit en ce sens passer par une analyse fine non seulement de l'alignement remarquable des limites parcellaires actuelles ou inscrit sur le cadastre napoléonien, qui peut tout aussi bien conserver la mémoire du tracé d'un chemin d'exploitation rurale ou forestière, que des paléo-reliefs. Si la toponymie peut donner des pistes, avec les réserves qu'elle impose, l'analyse morphologique apparaît en effet indispensable à l'appui d'un tri graphique et numérique pour mettre en évidence les phénomènes de capture et de fixation des tracés [cf. *supra*]. Les éléments structurant du paysage amènent dès lors à s'interroger sur l'ancienneté des modelés repérés (microtopographie) et du réseau parcellaire le plus souvent associé.

Trois secteurs sont concernés par cette approche : (1) les terroirs alluviaux de « Bellevue » (commune de Garennes-sur-Eure) et (2) ceux des « Terres Noires » (commune de Saussay) qui ont fait l'objet d'une cartographie géomorphologique et d'une analyse de l'environnement hydro-géomorphologique des vestiges d'occupation humaine repérés par photographie aérienne (cf. *supra*) ; (3) le secteur de Villiers-en-Désœuvre, portion occidentale du sous-bassin versant du Radon, en contexte de plateau.

1– Les terroirs de « Bellevue » (Garennes-sur-Eure)

Les terroirs de « Bellevue » se situent dans la plaine alluviale, au pied du plateau, à 700 m de la rive droite de l'Eure actuelle et en rive gauche du Radon dans sa configuration récente. Ils présentent un chevelu de paléochenaux qui apportent des données intéressantes en matière de paléoenvironnement. Le colmatage de ces chenaux après l'âge du Bronze [cf. *supra*] explique l'émergence d'occupations au sein de la plaine dès cette époque [Henaff (dir.) 2011], jusqu'à la construction, sur une montille, d'un sanctuaire au I^{er} siècle de notre ère. La zone reste probablement inondable – ou le redevient – et le site est manifestement abandonné après deux siècles d'activité : il n'est pas réoccupé depuis et est mis en culture.

Dans l'état, rien ne permet de relier véritablement ce dernier à un type d'occupation – exploitation agricole ou agglomération – en-dehors de la présence, à moins de 700 m à l'est, de la Ferme de la Motte, résurgence pos-



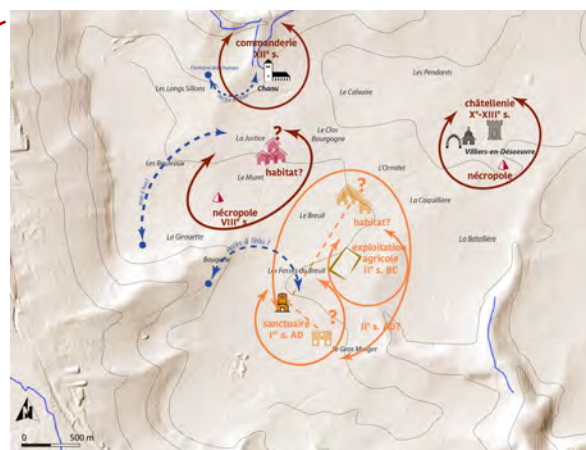
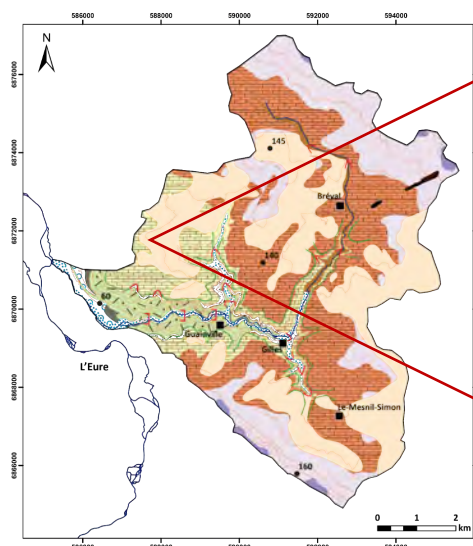
205– Succession spatio-temporelle de l'occupation à « Bellevue » (Garennes-sur-Eure) après colmatage des pélochénaux [© F. Dugast 2022]

sible d'une *villa* auquel il aurait pu être rattaché. Une nécropole en forme de « cavité » et datée *a priori* de l'âge du Bronze ou postérieure, a été anciennement repérée 400 m au nord, dans le coteau au « Beau Tertre » (commune de Bueil) [Bordeaux 1856], témoignant en tout cas d'un point d'attache à proximité, tout comme les deux enclos détectés par prospection aérienne à proximité immédiate du sanctuaire mais de nature et d'âge pour l'instant indéterminés [fig. 205], faute notamment de pouvoir accéder aux parcelles. Rien ne permet non plus d'expliquer l'abandon total de la zone aux III^e-IV^e siècles, 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 : parcellaire, aménagement du Radon, ballastières, qui remontent au plus tôt au Moyen Âge [supra fig. 91 & 181]. Les deux centres médiévaux de Garennes (au SW) et de Bueil (au N) ont été implantés chacun à plus de 1 km de la zone.

2– Le bord de plateau entre Bueil et Villiers-en-Désœuvre

Le bord de plateau entre Bueil et Villiers-en-Désœuvre offre une visibilité archéologique plus précise, où *a priori* se succède dans l'espace une série d'occupations entre l'âge du Fer et le Moyen Âge, sans connexion ni raison apparente. Les photographies aériennes (Archéo27) et satellitaires ont mis en évidence, en limite de la commune de Guainville et de celle de Bueil, plusieurs indices d'occupation de formes et de types différents dont un enclos à fosses centrales qu'on ramènerait volontiers à l'âge du Fer [supra fig. 53]. Le sanctuaire d'époque romaine, également repéré par photographie aérienne, se dresse quelque 600 m au sud-ouest, qu'il est difficile de relier précisément à un habitat – agglomération ou exploitation agricole : la prospection au sol a permis de vérifier la présence d'un mobilier important de même époque immédiatement au sud. Il est difficile dans ce contexte de relier le sanctuaire occupé entre le I^{er} et le III^e siècle à la présence d'un habitat d'époque romaine tardive (III^e-IV^e siècles) découvert anciennement à près de 1 km au nord, en connexion apparente avec la nécropole mérovingienne du Pelleret (VI^e-VIII^e siècles) [Le Prévost 1860 ; Coutil 1905 : 1 ; 1907 : 106 ; 1921]. L'importance de cette dernière – en superficie (10 ha) et en nombre de sarcophages mis au jour [Cormier *et al.* 2017] – laisse imaginer une population relativement nombreuse dont l'habitat reste à ce jour inconnu : quoique pauvre, le mobilier (perles et scories de verre) recueilli lors de prospections au sol menées sur des parcelles situées 800 m plus au nord (Le Muret & La Justice) témoignerait de la présence d'une activité artisanale de même époque et par conséquent probablement en lien.

En raison de leur position respective – au sommet des Fosses du Breuil et au sommet de la Côte de Chanu –, dominant chacune à 135 m d'altitude et séparée par un petit vallon dit « Val aux Fleurs », descendant dans la



206– Carte géomorphologique du sous bassin versant du Radon [© T. Piau 2021] et succession spatio-temporelle de l'occupation dans sa portion occidentale [© F. Dugast 2022]

plaine alluviale, les deux entités se distinguent clairement : l'une remonterait à l'âge du Fer pour être abandonnée au III^e siècle, tandis que l'autre se serait implantée au III^e siècle pour disparaître au VIII^e siècle, sans que rien ne leur succède directement. La châtellenie de Villiers, dont témoigne la Tour du Hallot dressée à l'est du village, remonterait quant à elle au X^e siècle, tandis que plus au nord et sur le hameau de Chanu, une commanderie a vu le jour entre les XII^e et XIII^e siècles.

Le schéma de succession d'implantations, d'abandons et de déplacement dans l'espace reste théorique et paraît logique dans une succession spatio-chronologique mais n'a peut-être pas de réalité [fig. 206]. Il ne s'agit pas de considérer l'espace « naturel » comme simple réceptacle des aménagements humains : invoquer les éléments géomorphologiques ne signifie pas plonger dans le déterminisme mais au contraire confirmer que l'espace habité et vécu n'est pas isomorphe à l'espace physique mais qu'il constitue un maillon dans l'évolution des paysages, qu'ils soient anthropisés ou pas. Dans cette optique, l'établissement d'un modèle spatial prospectif des dynamiques du réseau de peuplement à différentes échelles spatio-temporelles apparaît incontournable au sein de la fenêtre d'étude principale.

II – Inventaire et évaluation des sites d'intérêt géoarchéologique ou « géoarchéosites » : un exemple d'application en vallée moyenne de l'Eure [Théophile Piau]

De plus en plus, l'archéologie s'aide des géosciences, et notamment de données géo(morpho)logiques et paléoenvironnementales, pour mieux approcher les sociétés anciennes et leur fonctionnement dans la longue durée. Certaines démarches telle que la géoarchéologie ont ouvert la voie à une véritable « co-disciplinarité ». Les études géo(morpho)logiques s'inscrivent de ce fait de plus en plus naturellement dans le cadre de la fouille d'un site archéologique [Binford 1977]. Pour des analyses à plus large échelle, qui concernent un territoire donné défini en fonction de l'objet d'étude – bassin-versant, système politique ou administratif –, il ne s'agit plus simplement de décrire et d'interpréter les enregistrements sédimentaires recelant des vestiges archéologiques, mais de retracer les modalités d'interactions entre les processus biophysiques et anthropiques sur l'évolution des environnements et des communautés humaines. En s'intéressant aux dynamiques de peuplement, le PCR mobilise les notions de paysages et de territoires (ou de « terroirs »). Dans ce cadre, il est primordial d'arriver à mettre en dialogue les deux disciplines, l'archéologie et la géo(morpho)logie, et leurs données respectives pour envisager les évolutions – d'emprise, d'organisation, de fonctionnement des territoires ou paysages au sens large, qu'ils soient anthropisés ou pas – aux différentes échelles spatiales et temporelles, et leurs nécessaires imbrications. En vallée moyenne de l'Eure, les différentes méthodes et outils mobilisés jusqu'à présent (*i.e.*, prospection aéroportée par

drone, prospections géo(morpho)logique et géophysique, carottage sédimentaire) ont démontré qu'ils n'enlevaient pas les lacunes en termes de « mise en réseau » dues aux occupations et constructions actuelles. Ils ne s'affranchissent pas non plus de celles dues aux aménagements antérieurs successifs dont les plus marquants sont sans doute l'exploitation des sources de sables et de graviers. Ces dernières ont donné lieu au creusement de ballastières et à la disparition définitive de 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 humaines 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 sa confluence avec l'Iton au nord et la ville de Chartres au sud [Rapport 2020]. L'année 2022 s'est attachée :

- 1/ à poursuivre l'inventaire « binomial » associant une double composante – « naturelle » et « culturelle » – dans une perspective géoarchéologique ;
- 2/ à combiner dans une grille d'évaluation originale les critères scientifiques de deux disciplines complémentaires : l'archéologique et la géo(morpho)logie. L'objectif est d'établir une correspondance systématique entre la définition des composantes d'origine géo(morpho)logique (la géodiversité) et celle d'origine humaine (la diversité des vestiges archéologiques, la diversité culturelle, l'« archéodiversité ») en vue de les faire dialoguer à des échelles compatibles, en posant la question de savoir si cette correspondance est réellement applicable au sein du territoire investi ;
- 3/ à ouvrir la réflexion sur la définition et la reconnaissance d'un patrimoine (géo)archéologique « ordinaire ». Compte tenu du contexte général de la vallée de l'Eure où la notion de patrimoine géo(morpho)logique comme archéologique est peu marquée [Rapport 2021], on tend à s'intéresser au « patrimoine ordinaire », qui est le propre de l'archéologie. À ce titre, deux questions se sont posées : jusque dans quelle mesure peut-on approcher l'idée de « géoarchéosites ordinaires » ? Est-il envisageable de l'utiliser en termes de reconnaissance patrimoniale et/ou de réflexion scientifique ?

– Le concept de « géoarchéosite » : genèse et définitions –

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 – à la fin des années 1970 dans le monde anglo-saxon – au champ des géosciences sous l'impulsion des préhistoriens et quaternaristes. Parmi ces démarches nouvelles et intégratrices [Vita Finzi 1969 ; Butzer 1982 ; Rap, Hill 2006 ; Goldberg, MacPhail 2006], l'approche « géoarchéologique » se définit comme « l'application des méthodes issues de la géographie et des géosciences à la reconstitution, dans une perspective archéologique, des paléoenvironnements et des dynamiques paysagères » [Fouache 2010]. Par ses méthodes et ses outils, elle contribue à révéler des sites d'intérêts scientifiques qui permettent d'apprécier la trajectoire plurimillénaire des paysages palimpsestes du Quaternaire. Elle participe ainsi à construire un socle de connaissances fondamentales autour des interactions sociétés-environnements à des pas de temps et des échelles variées. Ces connaissances issues de la recherche académique traditionnelle sont généralement mises à contribution dans une perspective opérationnelle afin « d'éclairer les acteurs sociaux sur les décisions politiques à prendre en matière de gestion des milieux et des ressources » à court et moyen terme [Mackay *et al.* 2005]. Rares en revanche sont les recherches qui interrogent plus particulièrement les perspectives d'inventaire, de conservation et de valorisation du patrimoine géoarchéologique dans une optique d'aide à la planification et à l'aménagement de l'espace.

Pourtant, 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 dans une perspective de recherche appliquée [Reynard, Brilha 2017]. Les deux dernières décennies ont ainsi vu l'avènement d'une

démarche réflexive et méthodologique d'évaluation intégrée et standardisée des paysages et sites géo(morpho)logiques [Grandgirard 1999 ; Panizza 2001 ; Bruschi, Cendrero 2005 ; Coratza, Giusti 2005 ; Pralong 2005 ; Reynard *et al.* 2007 ; Pena dos Reis, Henriques 2009 ; Pereira, Pereira 2010 ; Brilha 2016 ; Reynard *et al.* 2016]. 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 [Panizza, Piacente 2003 ; Coratza, Panizza 2009 ; Reynard, Giusti 2018 ; Pijet-Migoñ, Migoñ 2022]. 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.

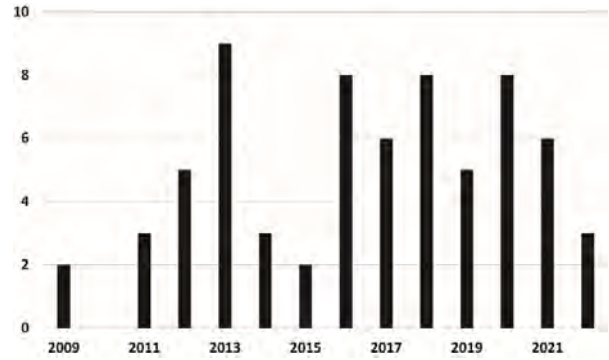
Les études de cas mobilisant la notion de « patrimoine géoarchéologique » se sont alors peu à peu multipliées dans la littérature scientifique récente [Bizzari *et al.* 2018 ; Taha *et al.* 2020 ; Cruz-Pérez *et al.* 2021 ; Erginal *et al.* 2021 ; Giano *et al.* 2022 ; Lahmidi *et al.* 2022] [fig. 207-208]. Ces travaux se sont accompagnés d'une prolifération conceptuelle pour désigner des sites d'intérêts à haute valeur patrimoniale où les composantes naturelles et culturelles sont étroitement imbriquées, voire s'hybrident [Lena 2009 ; Fouache *et al.* 2012 ; Melelli *et al.* 2016 ; Reynard, Giusti 2018 ; Brandolini *et al.* 2019]. C'est le cas du concept de « géoarchéosite » introduit par Fouache et Rasse [2009] pour définir des « sites archéologiques situés au sein d'un géomorphosite », remplacé en 2012 par le terme d'« archéo-géomorphosite » [Fouache *et al.* 2012], plus opérant pour désigner un « géo(morpho)site présentant un intérêt archéologique ».

Ce renouvellement conceptuel doit désormais s'accompagner d'un renouvellement méthodologique apte à élaborer des stratégies de conservation et/ou de valorisation patrimoniale ou touristique mais également un champ de réflexions en adéquation avec la complexité scalaire et temporelle des géoarchéosites. Ces directives méthodologiques font cependant encore défaut. En France et plus particulièrement dans le Bassin parisien, elles ont pour la plupart été initiées à partir de 2007 suite à l'Inventaire National du Patrimoine Géologique (INPG).

Auteurs	Concept	Définition
Fouache & Rasse [2009]	Geoarchaeosite	« Archaeological sites located within geomorphosites » ; « Archaeological sites that are integrated into the aesthetic landscape »
Lena [2009]	Geoarchaeosite	« Quei luoghi del paesaggio aventi alto interesse ambientale, antropico, storico- archeologico e paesaggistico, in cui la componente geologica e quella antropica ne siano le componenti fondamentali e abbiano la stessa importanza »
Fouache <i>et al.</i> [2012]	Archaeo-geomorphosite	« Geomorphosites with archaeological interest »
Melelli <i>et al.</i> [2016]	Archaeo-geosite	« An archaeological site where the geological substratum and/or the geomorphological evolutionary conditions are determinant for the knowledge and correct interpretation of the site itself »
Reynard & Giusti [2018]	Cultural geomorphosite	« Landforms which have an intrinsic cultural value or favored for human activities (archaeological sites, historical monuments or construction of settlements) and gain a cultural value »
Filippo <i>et al.</i> [2019]	Geoarchaeo-morphosite	« Any geomorphosite resulted by human-induced landscape changes and for which the archaeo-historical data are essential to (1) comprehend its genesis and development and (2) evaluate its scientific and cultural/historical values »

207- Cadre conceptuel autour du patrimoine géoarchéologique d'après une revue bibliographique [©T. Piau 2022]

208– Revue bibliographique des études de cas mobilisant la notion de « patrimoine géoarchéologique » et/ou proposant une démarche intégrative combinant les composantes archéologique et géo(morpho)logique au sein d'une même unité de lieu [©T. Piau 2022]



209– Tuf pléistocène de La Celle (Seine-et-Marne, 77) [© B. Guigou 2021] et alluvions pléistocènes de la Somme à Abbeville (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.



210– 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 loess pléistocène Le Chassignon/Villiers-Adam [©BRGM 2020]

Elles concernent notamment des sites d'âge pléistocène, ainsi identifiés comme sites d'intérêt géologique et/ou paléoclimatique, mais jamais comme patrimoine géoarchéologique. C'est le cas du tuf de La Celle (Seine-et-Marne, 77) ou des alluvions de la Somme à Abbeville (Somme, 80), dont les aspects culturels et historiques représentent seulement un intérêt annexe [fig. 209-210].

Ainsi, la présente réflexion se propose d'employer, dans une acceptation large et englobante, le concept de « géoarchéosite » comme la contraction de « site géoarchéologique » ou « site 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. Dans notre démarche, les composantes géo(morpho)logique et archéologique d'un site ont le même niveau d'importance, contrairement aux approches classiques sur les géo(morpho)sites.

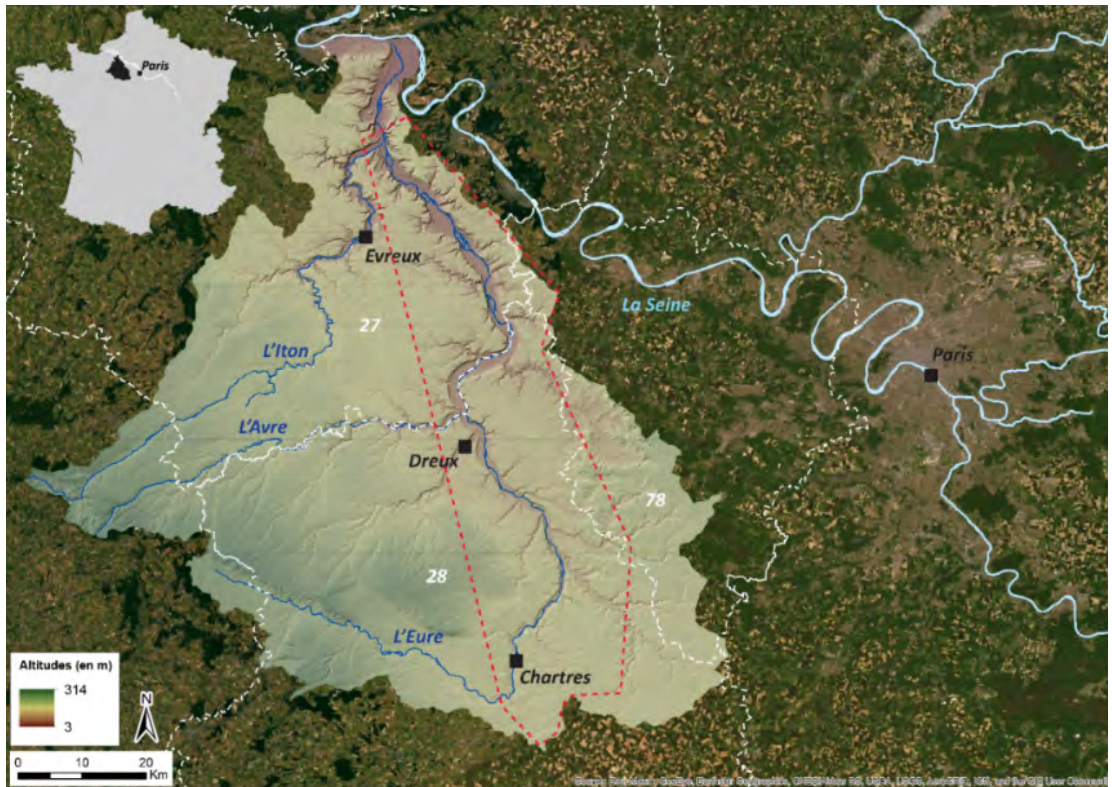
– Méthodologie d'inventaire et d'évaluation des géoarchéosites –

1– Inventaire géoarchéologique, processus de caractérisation et liste préliminaire des géoarchéosites potentiels

La première étape a consisté à établir un inventaire des données géoarchéologiques au sein de l'espace de référence. Cette démarche préliminaire 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). Elle s'est appuyée sur le dépouillement systématique des bases de données Patriarche et Mérimée du Ministère de la Culture et des Cartes Archéologiques de la Gaule (CAG), complété par la documentation de l'Inventaire National du Patrimoine Géologique (INPG) des départements de l'Eure (27), de l'Eure-et-Loir (28) et des Yvelines (78) [fig. 211-212].

Type de donnée	Secteur de la vallée de l'Eure	Référence bibliographique
1:50 000 Carte géologique	Feuille Evreux (XX – 13)	Pomeral <i>et al.</i> 1965
1:50 000 Carte géologique	Feuille Les Andelys (XX – 12)	Bassompierre & Mautort, 1967
1:50 000 Carte géologique	Feuille Nogent-le-Roi (XXI – 15)	Ménillet <i>et al.</i> 1971
1:50 000 Carte géologique	Feuille Chartres (XXI – 16)	Ménillet <i>et al.</i> 1971
1:50 000 Carte géologique	Feuille Mantes-la-Jolie (XXI – 13)	Pomeral <i>et al.</i> 1974
1:50 000 Carte géologique	Feuille Houdan (XXI – 14)	Turland <i>et al.</i> 1977
1:50 000 Carte géologique	Feuille Saint-André-de-l'Eure (XX – 14)	Kuntz <i>et al.</i> 1977
1:50 000 Carte géologique	Feuille Courville-sur-Eure	Gigot <i>et al.</i> 1990
1:50 000 Carte géologique	Feuille Dreux	Ménillet <i>et al.</i> 1994
1:50 000 Carte géomorphologique	Feuille Nogent-le-Roi (XXI – 15)	Dewolf 1971
1:50 000 Carte géomorphologique	Feuille Evreux (XX – 13)	Dewolf 1972
1:50 000 Carte géomorphologique	Feuille Dreux (XX – 15)	Dewolf 1972
1:50 000 Carte géomorphologique	Feuille Les Andelys (XX – 12)	Dewolf 1974
1:50 000 Carte géomorphologique	Feuille Saint-André-de-l'Eure (XX – 14)	Dewolf 1974
1:50 000 Carte géomorphologique	Feuille Chartres (XXI – 16)	Dewolf 1976
1:50 000 Carte géomorphologique	Feuille Courville-sur-Eure (XX – 16)	Dewolf 1977
Carte Archéologique de la Gaule	Yvelines (78)	Barat 2007
Carte Archéologique de la Gaule	Eure (27)	Ollagnier & Joly 1994
Carte Archéologique de la Gaule	Eure-et-Loir (28)	Provost & Archéo27 2019
BDD Patriarche	Yvelines, Eure and Eure-et-Loir	Ministère de la Culture
BDD Mérimée	Yvelines, Eure and Eure-et-Loir	Ministère de la Culture
Inventaire National du Patrimoine Géologique	Yvelines, Eure and Eure-et-Loir	DREAL

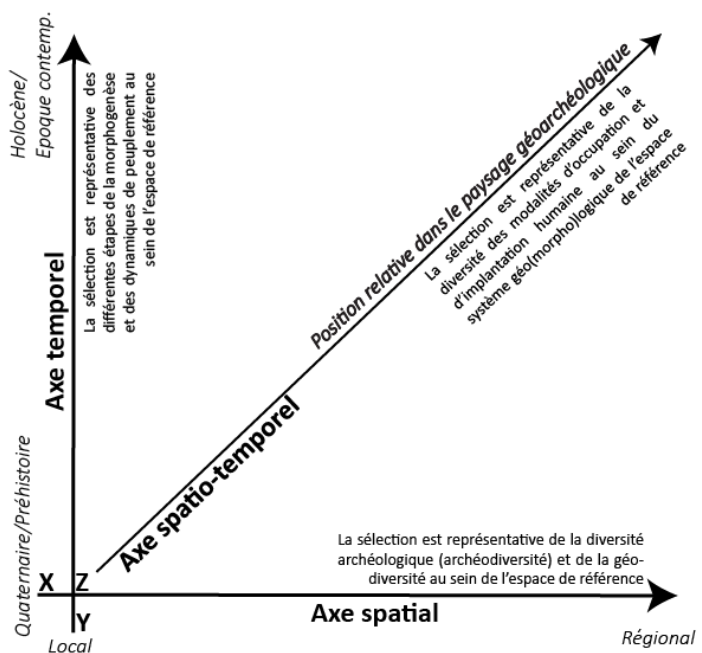
211– Synthèse des données utilisés pour la caractérisation et l'inventaire des géoarchéosites en vallée moyenne de l'Eure [©T. Piau 2022]



212– 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) [©T. Piau 2022]

La seconde étape a concerné la caractérisation des géoarchéosites. Elle repose sur la combinaison des valeurs archéologique et géo(morpho)logique selon trois axes : (1) spatial, (2) temporel et (3) spatio-temporel [fig. 213]. Les critères employés pour définir ces deux valeurs s'inscrivent dans la veine des recherches archéologiques conduites ces 30 dernières années sur les dynamiques de peuplement et l'organisation spatiale des territoires [Favory, Van der Leeuw 1998] :

- 1/ l'axe spatial sélectionne des entités représentatives de : (1) la diversité archéologique du peuplement humain (archéodiversité) et (2) de la géodiversité ;



213– Processus de caractérisation d'un géoarchéosite selon trois axes : spatial, temporel et spatio-temporel [©T. Piau 2022]

- 2/ l'axe temporel veille à retenir des entités reflétant les grandes étapes : (1) du peuplement humain et (2) de la morphogenèse ;
- 3/ l'axe spatio-temporel, ou « position relative dans le paysage géoarchéologique », considère (1) la diversité des modalités d'implantation du peuplement humain au sein du système géo(morpho)logique et (2) la diversité des modalités de peuplement humain au sein du système géo(morpho)logique en termes de permanence et de continuité d'occupation.

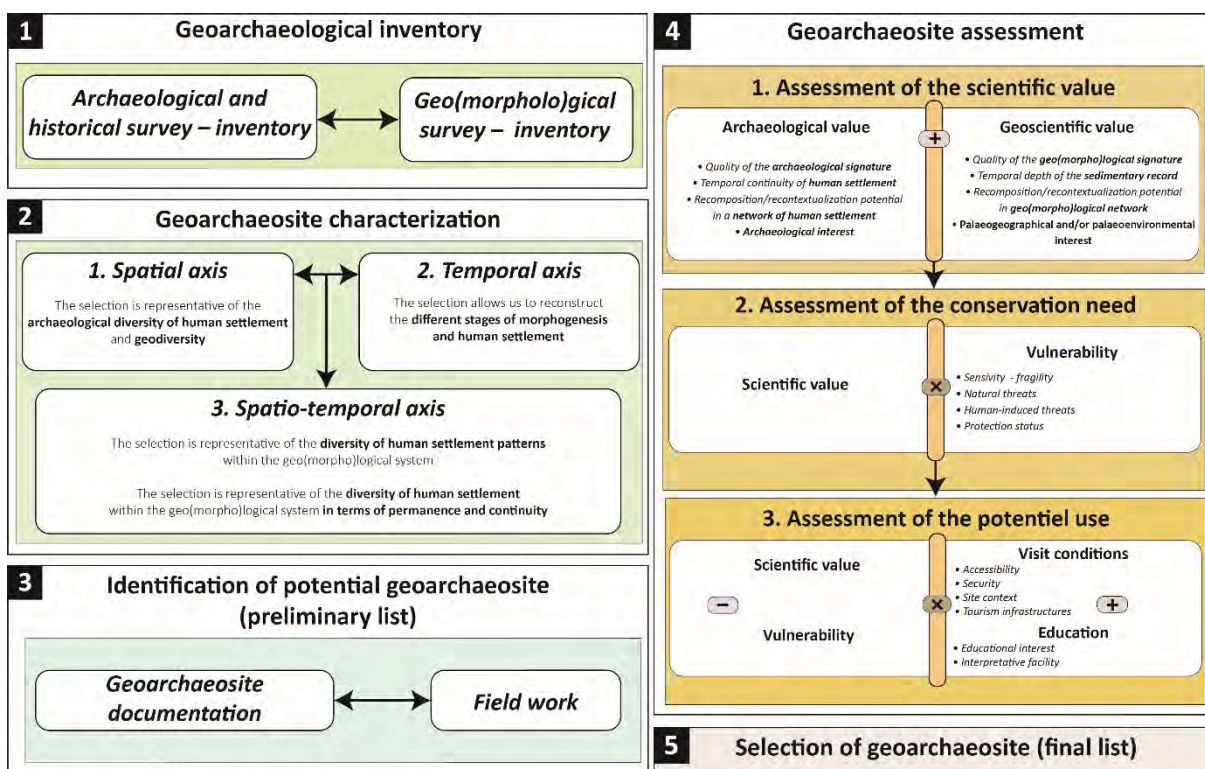
Le processus de caractérisation permet d'aboutir *in fine* à une liste préliminaire de géoarchéosites potentiels reflétant la diversité du patrimoine géoarchéologique en termes de représentativité et de rareté au sein de l'espace de référence. Les axes spatial, temporel et spatio-temporel permettent dans le même temps de s'affranchir des éventuels biais historiographiques et taphonomiques dans la distribution actuelle des sites et/ou indices d'implantation humaine, des plateaux et vallées élémentaires jusqu'aux fonds de vallée. Chaque géoarchéosite est associé à une fiche synthétique décrivant ses caractéristiques intrinsèques. En 2021, un travail de terrain à partir d'observations *in situ* a permis d'affiner cette première analyse documentaire et de compléter une liste de renseignements obligatoires propres aux démarches standardisées et normalisées développées dans le cadre de l'INPG (*i.e.*, localisation géographique, description géoarchéologique, statut de protection, etc ; De Wever *et al.* 2015) et/ou des géo(morpho)sites [Reynard *et al.* 2007, 2016]. La documentation des géoarchéosites potentiels est ensuite intégrée dans la base de données relationnelle et spatiale du PCR [fig 214].

Critère	Définition	Axe
Diversité archéologique du peuplement humain (« archéodiversité »)	Caractéristiques intrinsèques de l'occupation humaine : (a) type de vestiges (aménagement bâti, fossoyé), (b) morphologie (quadrangulaire, circulaire, curvilinéaire), (c) fonction (habitat, défensif, exploitation, artisanat, cultuel, funéraire, indéterminée), etc	Spatial
Géodiversité	« Variabilité du monde abiotique dans ses composantes géologique (roches, minéraux, fossiles), géomorphologique (formes de relief), pédologique (sols et paléosols) et hydrologique (eaux de surface et souterraines), ainsi que l'ensemble des processus qui les génère » [Bétard 2017]	Spatial
Diversité temporelle de la morphogenèse	Périodes auxquelles appartiennent les formes de reliefs géo(morpho)logiques. Le découpage chronologique s'appuie sur les travaux de l'International Commission on Stratigraphy (ICS)	Temporel
Diversité temporelle du peuplement humain	Périodes auxquelles appartiennent les occupations humaines. Le découpage chronologique s'appuie sur celui mis en place pour l'espace de référence retenu pour l'inventaire	Temporel
Diversité des modalités d'implantation humaine au sein du système géo(morpho)logique	Les variables géo(morpho)logiques liées à l'implantation humaine dans le paysage géoarchéologique : la position topographique, l'altitude relative et les types de sol associés, l'orientation des versants, la pente, etc	Spatio-temporel (position relative dans le paysage géoarchéologique)
Diversité des modalités de peuplement humain au sein du système géo(morpho)logique en termes de permanence et de continuité	La durée chronologique d'une occupation humaine. Ce critère de longévité est pertinent pour juger le caractère « remarquable » et/ou « rare » de l'occupation humaine au sein du système géo(morpho)logique de l'espace de référence. L'occupation peut être : longue – unifonctionnelle, longue – multi-fonctionnelle ; courte unifonctionnelle, etc	Spatio-temporel (position relative dans le paysage géoarchéologique)

214– Descriptifs des critères employés dans le processus de caractérisation d'un géoarchéosite selon les axes spatial, temporel et spatio-temporel [©T. Piau 2022]

2– Évaluation numérique des géoarchéosites

Le processus d'évaluation numérique des géoarchéosites se divise en trois étapes : (1) l'évaluation de la valeur scientifique, (2) l'évaluation des besoins de conservation et enfin (3) l'évaluation des potentiels d'usage. Chaque valeur est constituée d'une série de 2 à 4 critères semi-quantitatifs, dont la définition est précisée dans les tableaux associés. L'attribution des scores oscille entre 0 (nul) à 1 (très élevé) par paliers de 0,25 [fig. 215].



215– Méthodologie d'inventaire, de caractérisation et d'évaluation numérique d'un géoarchéosite [©T. Piau 2022]

3– Évaluation de la valeur scientifique des géoarchéosites

L'évaluation de la valeur scientifique (VSci) des géoarchéosites repose sur la moyenne des valeurs archéologique (VArc) et géo(morpho)logique (VGeo) des sites (*i.e.*, $VSci = \text{moyenne}[VArc; VGeo]$). Plusieurs ajustements méthodologiques ont été nécessaires concernant la valeur géoscientifique définie par Reynard *et al.* [2007, 2016]. Les critères de rareté et de représentativité ont été supprimés. Ils ne concernent pas l'échelle du site *stricto sensu*. Cependant, ces deux critères ont été intégrés dans le processus de sélection des géoarchéosites au sein des axes spatial, temporel et spatio-temporel. Ces derniers permettent de juger du caractère exemplaire et/ou unique des sites inventoriés par la mise en perspective de sites comparables à l'échelle de l'espace de référence. Le critère d'intégrité apparaît aussi de façon implicite dans les trois étapes d'évaluation numérique des géoarchéosites (*i.e.*, potentiel de recomposition/recontextualisation dans un réseau de peuplement, fragilité intrinsèque et lisibilité). Les valeurs additionnelles ont été transposées et/ou supprimées au sein des trois étapes d'évaluation (*i.e.*, culturelle, écologique, esthétique). La valeur culturelle est redondante avec la valeur scientifique archéologique. Les critères employés par Reynard *et al.* [2007, 2016] pour la décrire (*i.e.*, intérêt culturel, importances historique, religieuse et/ou archéologique) sont difficilement quantifiables et inopérants pour les géoarchéosites. La valeur esthétique apparaît de façon implicite dans l'étape d'évaluation du potentiel d'usage, notamment à travers le critère de « lisibilité ». Certains géoarchéosites – par les signatures archéologiques et géo(morpho)logiques qu'ils laissent dans le paysage – peuvent constituer le support d'une biodiversité singulière. La valeur écologique est, dans le cadre de notre propos, considéré comme un intérêt

annexe qui ne doit être quantifier qu'*a posteriori* de l'évaluation numérique par un savoir expert. Les valeurs scientifiques archéologiques et géo(morpho)logiques sont prépondérantes dans notre réflexion et se suffisent à elles-mêmes.

Huit nouveaux critères sont donc employés pour caractériser respectivement les valeurs archéologiques et géo(morpho)logiques d'un géoarchéosite. Les 4 critères de la valeur archéologique correspondent à : (1) la **qualité de la signature archéologique**, (2) la **continuité temporelle de l'occupation humaine**, (3) le **potentiel de recomposition/recontextualisation dans un réseau de peuplement humain** et (4) l'**intérêt archéologique**. Pour la valeur géo(morpho)logique, les 4 critères proposés sont : (1) la **qualité de la signature géo(morpho)logique**, (2) l'**épaisseur temporelle de l'enregistrement sédimentaire**, (3) le **potentiel de recomposition/recontextualisation dans un réseau géo(morpho)logique** et enfin (4) l'**intérêt paléogéographique et/ou paléoenvironnemental** [fig. 216].

Critères de la valeur archéologique	Éléments de définition
Qualité de la signature archéologique	Caractéristiques intrinsèques de l'occupation humaine. <i>Elle se définit par la nature de l'occupation humaine (gisement, occupation, site) ; la fiabilité de sa caractérisation [ponctuel (découverte fortuite, prospection aérienne, pédestre, géophysique, LiDAR), restreint (sondage) ; discontinu (diagnostic) ; continu (fouille préventive, fouille programmée)] ; le type de vestige associé (artefacts, bâti, aménagement fossoyé, vestiges culturels et funéraires) ; sa fonction (habitat, défensif, exploitation, artisanat, culturel, funéraire, indéterminé) et les éléments de datation (mobilier, datation absolue, typologie), etc.</i>
Continuité temporelle de l'occupation humaine	Permanence/continuité de l'occupation humaine
Potentiel de recomposition/recontextualisation dans un réseau de peuplement humain	Capacité de l'occupation humaine à être remplacée ou non dans un réseau de peuplement
Intérêt archéologique	Importance du site d'occupation humaine pour la caractérisation d'un socio-système (groupe culturel, culture (matérielle) archéologique)

Critères de la valeur géoscientifique	Éléments de définition
Qualité de la signature géo(morpho)logique	Caractéristiques intrinsèques des formes de relief géo(morpho)logique. <i>Elles se définissent par la dilation et l'extension de la séquence géo(morpho)logique ; la présence d'un ou plusieurs niveaux sédimentologiques repères (paléosol, stratotype) ; la qualité de préservation des bioindicateurs (pollen, mollusque, phytolithe) ; la qualité de préservation des matériaux datables en chronologie absolue (OSL, ¹⁴C, AMS) ; la qualité de préservation des vestiges archéologiques</i>
Épaisseur temporelle de l'enregistrement sédimentaire	Nombre de périodes géochronologiques couvertes par l'enregistrement sédimentaire
Potentiel de recomposition/recontextualisation dans un réseau géo(morpho)logique	Capacité de la signature géo(morpho)logique à être remplacée dans un réseau
Intérêt paléogéographique et/ou paléoenvironnemental	Importance du lieu considéré pour la caractérisation de l'histoire de la Terre (<i>i.e.</i> , dynamiques paysagères) et de son climat dans l'espace de référence retenu pour l'inventaire

216– Descriptifs des critères employés pour définir les valeurs archéologique et géoscientifique d'un géoarchéosite [©T. Piau 2022]

4– Évaluation des besoins de conservation des géoarchéosites

La vulnérabilité d'un géoarchéosite est définie par 4 critères : (1) la fragilité intrinsèque, (2) les aléas naturels, (3) les menaces et pressions anthropiques et (4) le statut de protection du site. L'évaluation numérique des besoins de conservation correspond au produit de la valeur scientifique et de la vulnérabilité (*i.e.*, $V_{\text{Cons}} = \text{product} [V_{\text{Sci}} ; V_{\text{Vul}}]$). Cette étape participe à révéler des géoarchéosites ayant un besoin prioritaire de conservation au sein de l'espace de référence. Le score obtenu est utilisé pour informer les acteurs locaux des actions spécifiques à mettre en œuvre afin de réduire et/ou de s'adapter à ces risques potentiels [fig. 216].

5– Évaluation des potentiels d'usage des géoarchéosites

Dans cette étape, deux nouvelles valeurs sont ajoutées : les conditions de visite et le potentiel éducatif du site. En accord avec la méthodologie proposée par Reynard *et al.* [2007], les conditions de visite se définissent par 4 critères : (1) l'accessibilité, (2) la sécurité, (3) le contexte du site et (4) les infrastructures touristiques associées. Le potentiel éducatif du site concerne (1) son intérêt pédagogique et (2) sa lisibilité (*i.e.*, $V_{\text{Up}} = \text{product} (\text{différence} [V_{\text{Sci}} ; V_{\text{Vul}}]) (\text{moyenne} [V_{\text{CnV}} ; V_{\text{Edu}}])$) [fig. 217].

Critères de vulnérabilité	Éléments de définition
Fragilité intrinsèque	Degré de sensibilité du lieu considéré aux aléas naturels, menaces et pressions anthropiques au sein de l'espace de référence retenu pour l'inventaire
Aléas naturels	Probabilité d'occurrence d'un ou plusieurs processus naturels au sein de l'espace de référence retenu pour l'inventaire.
Menaces et pressions anthropiques	Probabilité d'occurrence d'une ou plusieurs menaces et/ou pressions anthropiques au sein de l'espace de référence retenu pour l'inventaire <i>4 types de menaces sont identifiés : (1) les activités agricoles, (2) l'artificialisation des sols (urbanisation), (3) les activités industrielles et minières, (4) les infrastructures de transport</i>
Statut de protection	Niveau de protection du lieu considéré dans l'espace de référence retenu pour l'inventaire <i>Il peut s'agir de protection juridique (site protégé), physique (barrières) et/ou de règles plus informelles</i>
Critères des conditions de visite	Éléments de définition
Accessibilité	L'accessibilité est définie par trois caractéristiques : localisation des arrêts de transport public (gare, bus) ou du parking le plus proche ; temps de marche depuis l'arrêt de transport public ou le parking le plus proche ; difficulté de la marche (pentes raides, sentier glissant, absence de pistes, accessibilité du sentier en hiver ou par temps de pluie) et/ou infrastructure pour les visiteurs handicapés
Sécurité	Probabilité d'occurrence d'un risque d'accident d'origine naturelle, liés à l'état des sentiers ou aux caractéristiques intrinsèques du site (chutes de pierres potentielles, hautes falaises, trous difficiles d'accès, etc.).
Contexte du site	Degré d'accessibilité physique et visuelle du lieu considéré. <i>Les aspects positifs (paysage magnifique, environnement calme) et négatifs (bruit, présence de végétation ou de bâtiments masquant le site) sont documentés</i>
Équipements et infrastructures touristiques	Niveau de développement des éléments matériels valorisant l'accès au lieu considéré <i>Sont documentés les moyens de transports (téléphériques, funiculaires), les lieux d'hébergement (hôtels, campings, refuges de montagne, etc.), restaurants, office du tourisme</i>

Critères éducatifs	Éléments de définition
Dispositif d'interprétation	Les dispositifs d'interprétation facilitant la lecture du site, qu'ils soient <i>in situ</i> (panneaux) et/ou <i>ex situ</i> (brochure, site web, dépliant, visite virtuelle, etc.), ainsi que les visites guidées. La qualité générale de l'ensemble des dispositifs est évaluée qualitativement
Intérêt pédagogique/éducatif	Importance du lieu considéré pour l'éducation et la formation. <i>L'évaluation prend en compte le type de visiteurs et la lisibilité du site</i>

217– *Descriptifs des critères employés pour l'évaluation des conditions de visite et de la valeur éducative d'un géoarchéosite, en accord avec la méthodologie proposée par Reynard et al. 2007 & 2016 [©T. Piau 2022]*

– Premiers résultats –

1– Inventaire et caractérisation des géoarchéosites en vallée moyenne de l'Eure

L'inventaire cartographique, susceptible d'évoluer dans le temps et d'être enrichi, fait émerger une sélection de 19 géoarchéosites potentiels à l'échelle de la moyenne vallée de l'Eure. Cinq grandes catégories se dessinent [fig. 218-219] :

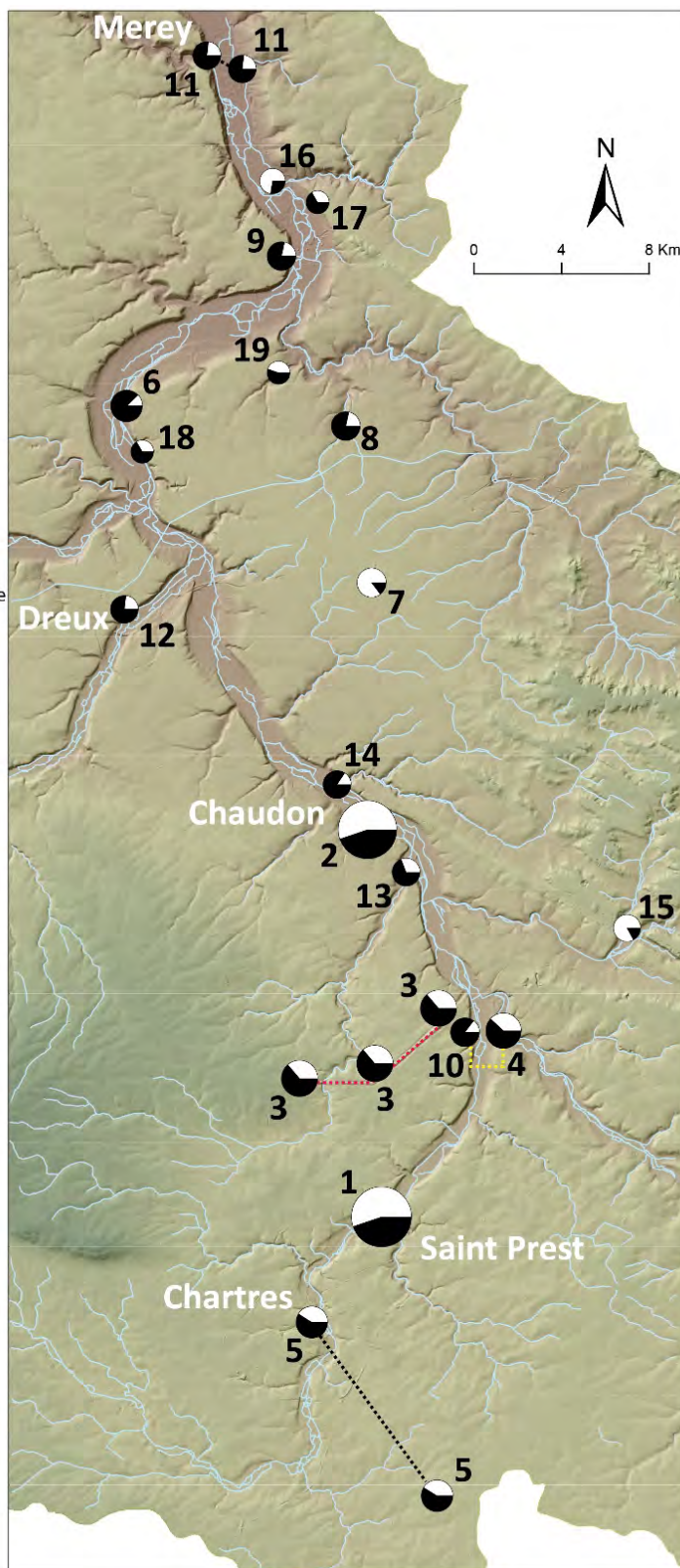
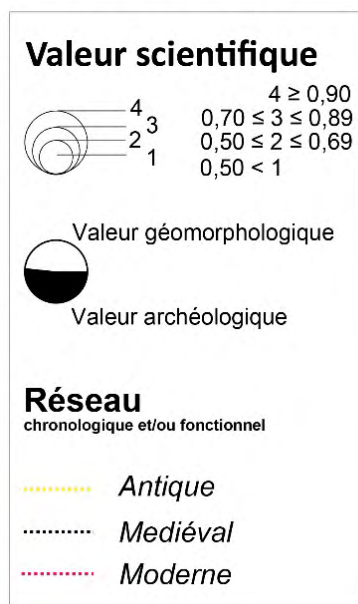
- 1/ les coupes dans les formations superficielles quaternaires (alluvions, lœss, biefs à silex) recelant des vestiges préhistoriques (matériels lithiques, restes fauniques) ;
- 2/ les sites défensifs d'âge protohistorique, antique et/ou médiéval (éperons barrés, mottes castrales, forts) en position géo(morpho)logique 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).



218– *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 lœss-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]

1. Alluvions pléistocènes de l'Eure à Saint-Prest
2. Séquence de loess-paléosols à Chaudon
3. Canal Louis XIV- Aqueduc de Maintenon
4. Mégalithes de Changé - paléochenaux de l'Eure
5. Cathédrale de Chartres et sa carrière historique
6. Fort-Harrouard - éperon barré
7. Sablière de Broué - vestiges paléolithiques
8. Sanctuaire de Bû - rebord de plateau
9. Château d'Ivry-la-Bataille - rebord de plateau
10. Camp de César de Changé - éperon barré
11. Mottes castrales de Breuilpont et de Meroy
12. Forteresse de Dreux - butte
13. Oppidum de Nogent-le-Roi - éperon barré
14. Moulin de Mormoulins - chenal de l'Eure
15. Carrière de la Diane d'Epéron - château
16. Sanctuaire de Bellevue et paléochenaux
17. Le "Vieux Château" à Guainville
18. Château de la Robertière
19. Vallée des Cailles - vestiges diachroniques



219- Carte synthétique des 19 géoarchéosites inventoriés et évalués en moyenne vallée de l'Eure [©T. Piau, 2022]

2- Évaluation numérique des géoarchéosites

L'évaluation numérique a fait émerger 19 géoarchéosites ayant des valeurs scientifiques contrastées ($0,28 \leq V_{Sci} \leq 0,91$), allant de sites de rang national (e.g., Saint-Prest et Chaudon) à des sites plus confidentiels (i.e., $0,28 \leq V_{Sci} \leq 0,69$), d'intérêt régional (e.g., cathédrale de Chartres et sa carrière historique, aqueduc de Maintenon,

mégolithes de Changé à Saint-Piat et paléochenaux de l’Eure) ou local (*e.g.*, moulins de Mourmoulins, vallée des Cailles, Fort-Harrouard). Parmi les sites à haute valeur scientifique (*i.e.*, VSci = 0,91), la coupe de Chaudon (séquence de loëss-paléosols et vestiges préhistoriques du Paléolithique moyen ; Borderie *et al.* 2016) et le gisement de Saint-Prest font figure de référence nationale pour la géologie du Quaternaire et la Préhistoire [fig. 220]. Le site fossilifère de Saint-Prest est localisé sur une haute terrasse de l’Eure au nord de la ville Chartres (Eure-et-Loir). Il est notamment connu pour avoir livré une série paléontologique datée entre 800 000 ans et 1 millions d’années et préservée à la faveur du « piégeage des alluvions lors d’un soutirage karstique vraisemblablement dû à la tectonique locale » [Guérin *al.* 2003]. Bien que le contexte stratigraphique de ce gisement a été relativement bien documenté à la fin des années 1990 [Dewolf *et al.* 1980], aucune analyse taphonomique ou archéozoologique n’avait été menée sur les restes osseux et lithiques mis au jour depuis la milieu du XIX^e siècle. En 2021, le réexamen de la collection de Saint-Prest menée par Amélie Vialet et collaborateurs a permis de confirmer et/ou de démontrer : (1) la nature partiellement anthropique du site et (2) son attribution biochronologique entre 800 000 ans et 1 million d’années. En effet, des stigmates caractéristiques d’intervention humaine (découpe, fracture) ont pu être observés sur les restes osseux. Ces données inédites (ré)affirment la valeur scientifique exceptionnelle de ce site singulier en vallée de l’Eure et sur le territoire national.



220– La coupe de Chaudon – séquence de loëss-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]

Les 19 géoarchéosites inventoriés présentent divers degrés de vulnérabilité et de potentiel d’usage. Les besoins de conservation oscillent entre $0 \leq V_{Cons} \leq 0.63$ et le statut de protection détermine pour partie le degré de vulnérabilité du géoarchéosite au sein de l’espace de référence. Les sites qui obtiennent un score faible sont *de facto* ceux dont la composante archéologique est protégée au titre des Monuments Historiques. Les principales menaces qui pèsent sur le patrimoine géoarchéologique de la vallée moyenne de l’Eure sont d’origine anthropique. Elles sont liées : (1) aux activités agricoles (*i.e.*, labour des surfaces cultivés), (2) à l’artificialisation croissante des sols (*i.e.*, urbanisation, développement d’infrastructure de transport) et/ou (3) à des travaux privés ponctuels. À ce titre, quelques sites sont potentiellement menacés en raison de leur proximité avec des zones urbanisées (*i.e.*, mottes castrales de Merey et de Breuilpont) ou des activités extractives. Il peut s’agir de l’ouverture (*e.g.*, carrière de Berchères-les-Pierres) et/ou de l’abandon de carrières (*e.g.*, sablière de Broué). Dans le second cas, l’apport de remblai participe à masquer le site tout en protégeant son intégrité (*e.g.*, Saint Prest). Aussi, les entités dont la composante archéologique est voilée d’un masque d’avisibilité taphonomique peuvent être impactées par la mécanisation agricole et/ou le pillage archéologique (*e.g.*, sanctuaire de Bellevue – paléochenaux de l’Eure, vallée des Cailles).

Les aléas d'origine naturelles sont peu documentés à l'échelle de la moyenne vallée de l'Eure. Ils concernent principalement le patrimoine bâti et les formations superficielles quaternaires meubles (*i.e.*, loess, alluvions). L'altération des matériaux lithiques employés dans la construction de plusieurs géoarchéosites a pu être documenté localement (*e.g.*, « Vieux Château », la Robertière). La nature du sol peut aussi affecter la stabilité de certains géoarchéosites : front de taille dans des formations superficielle meubles (Chaudon, Saint Prest) et/ou structure fossoyée de sites de hauteur fortifiés (*e.g.*, Fort-Harrouard, Camp de César de Changé à Saint-Piat). Toutefois, aucune quantification précise du degré d'altération des géoarchéosites inventoriés n'a été menée jusqu'à présent. Les besoins prioritaires de conservation concernent principalement les sites dont la valeur géo(morpho)logique présente une fragilité intrinsèque importante (*i.e.*, formations superficielles sensibles à l'érosion) [fig. 221-223].

Les potentiels d'usages des géoarchéosites en vallée de l'Eure moyenne sont limités (*i.e.*, $0 \leq VUp \leq 0,69$) puisqu'ils concernent une majorité de site d'intérêt local (ou un patrimoine géoarchéologique « ordinaire »). Les géoarchéosites qui ont obtenu une note élevée sont ceux dont la composante archéologique présente un intérêt patrimonial reconnue par un classement au titre des Monuments Historiques. C'est le cas des géoarchéosites dont les vestiges en élévation sont rapportés à la période médiévale et/ou moderne (*e.g.*, cathédrale de Chartres, aqueduc de Maintenon). Ces derniers sont souvent bien insérés dans le tissu urbain actuel, ce qui facilite leur accès (*e.g.* château d'Ivry-la-Bataille, forteresse de Dreux, carrière de la Diane d'Épernon). Le camp de César et les mégalithes de Changé à Saint-Piat, ou encore la coupe du Chaudon font figure d'exception en vallée de l'Eure. Bien qu'en périphérie de centre urbain, ils obtiennent un score élevé en raison d'importants travaux de mise en valeur par la Direction régionale des affaires culturelles.

Géoarchéosites		Valeurs scientifique*			Niveau d'intérêt patrimonial**
N°	Dénomination	V_Geo	V_Arc	V_Sci	
1	Alluvions pléistocènes de l'Eure à Saint-Prest – vestiges du Paléolithique ancien	1	0,81	0,91	National
2	Séquence de loess-paléosols à Chaudon – vestiges du Paléolithique moyen	1	0,81	0,91	National
3	Canal Louis XIV – Aqueduc de Maintenon	0,50	0,88	0,69	Régional
4	Mégalithes de Changé à Saint-Piat – paléochenal de l'Eure	0,50	0,81	0,66	Régional
5	Cathédrale de Chartres – carrière historique (Berchères-les-Pierres)	0,44	0,63	0,53	Régional
6	Fort-Harrouard – éperon barré (Néolithique / Moyen Âge)	0,13	0,94	0,53	Local
7	Sablère de Broué – vestiges du Paléolithique	0,75	0,13	0,44	Local
8	Sanctuaire de Bû – rebord de plateau	0,19	0,69	0,44	Local
9	Château d'Ivry-la-Bataille – rebord de plateau	0,19	0,69	0,44	Local
10	Camp de César de Changé à Saint-Piat – éperon barré	0,13	0,75	0,44	Local
11	Mottes castrales de Breuilpont et de Mery – rebord de plateau	0,19	0,63	0,41	Local
12	Forteresse de Dreux – butte	0,19	0,63	0,41	Local
13	Oppidum de Nogent-le-Roi – éperon barré	0,25	0,56	0,41	Local
14	Moulin de Mormoulins – chenal de l'Eure	0,13	0,69	0,41	Local
15	Carrière de la Diane d'Épernon - château	0,63	0,13	0,38	Local
16	Sanctuaire de Bellevue – paléochenaux de l'Eure	0,50	0,19	0,34	Local
17	Le « Vieux Château » à Guainville – rebord de plateau	0,19	0,38	0,28	Local
18	Château de la Robertière – rebord de plateau	0,19	0,38	0,28	Local
19	Vallée des Cailles – vestiges d'occupation diachronique	0,25	0,31	0,28	Local

221– Résultats de l'évaluation numérique de la valeur scientifique des géoarchéosites de la vallée moyenne de l'Eure [©T. Piau 2023]

* Valeurs de 0 à 1. VGéo=Valeur géomorphologique ; VArc=Valeur archéologique, VSci=Valeur scientifique (= moyenne [VGéo ; VArc]).

** National : VSci ≥ 0,90 ; Inter-régional : 0,70 ≤ Vsci ≤ 0,89 ; Régional : 0,50 ≤ Vsci ≤ 0,69 ; Local : Vsci < 0,50

Géoarchéosites		Besoins de conservation *		
N°	Dénomination	V_Vul	V_Sci	V_Cons
1	Alluvions pléistocènes de l'Eure à Saint-Prest – vestiges du Paléolithique ancien	0,69	0,91	0,63
2	Sablère de Broué – vestiges du Paléolithique	0,69	0,44	0,30
3	Séquence de loess-paléosols à Chaudon – vestiges du Paléolithique moyen	0,25	0,91	0,23
4	Mottes castrales de Breuilpont et de Merey – rebord de plateau	0,38	0,41	0,15
5	Oppidum de Nogent-le-Roi – éperon barré	0,31	0,41	0,13
6	Sanctuaire de Bellevue – paléochenaux de l'Eure	0,31	0,34	0,11
7	Cathédrale de Chartres – carrière historique (Berchères-les-Pierres)	0,13	0,53	0,07
8	Château de la Robertière – rebord de plateau	0,06	0,28	0,02
9	Canal Louis XIV – Aqueduc de Maintenon	0	0,69	0
10	Fort-Harrouard – éperon barré	0	0,53	0
11	Mégalithes de Changé à Saint-Piat – paléochenal de l'Eure	0	0,66	0
12	Camp de César de Changé à Saint-Piat – éperon barré	0	0,44	0
13	Sanctuaire de Bû – rebord de plateau	0	0,44	0
14	Château d'Ivry-la-Bataille – rebord de plateau	0	0,44	0
15	Carrière de la Diane d'Épernon - château	0	0,38	0
16	Forteresse de Dreux – butte	0	0,41	0
17	Vallée des Cailles – vestiges d'occupation diachronique	0	0,28	0
18	Moulin de Mormoulins – chenal de l'Eure	0	0,41	0
19	Le « Vieux Château » à Guainville – rebord de plateau	0	0,28	0

222– Résultats de l'évaluation numérique des besoins de conservation des géoarchéosites de la moyenne vallée de l'Eure

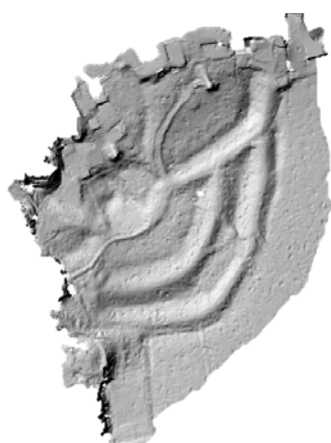
*Valeurs de 0 à 1. VVul=Vulnérabilité ; VSci=Valeur scientifique ; VCons= Besoins de conservation(= produit [VVul ;Sci]) [©T. Piau 2022]

Géoarchéosites		Potentiel d'usage*		
N°	Dénomination	V_CnV	V_Edu	V_Up
1	Canal Louis XIV – Aqueduc de Maintenon	1	1	0,69
2	Mégalithes de Changé à Saint-Piat – paléochenal de l'Eure	1	1	0,66
3	Séquence de loess-paléosols à Chaudon – vestiges du Paléolithique moyen	0,63	1	0,54
4	Camp de César de Changé à Saint-Piat – éperon barré	1	1	0,44
5	Château d'Ivry-la-Bataille – rebord de plateau	1	1	0,44
6	Fort-Harrouard – éperon barré	0,56	1	0,41
7	Forteresse de Dreux – butte	1	1	0,41
8	Moulin de Mormoulins – chenal de l'Eure	1	1	0,41
9	Cathédrale de Chartres – carrière historique (Berchères-les-Pierres)	0,94	1	0,39
10	Carrière de la Diane d'Épernon – château	1	1	0,38
11	Sanctuaire de Bû – rebord de plateau	0,56	1	0,34
12	Le « Vieux Château » à Guainville – rebord de plateau	0,69	1	0,24
13	Château de la Robertière – rebord de plateau	0,56	1	0,17
14	Vallée des Cailles – vestiges d'occupation diachronique	0,81	0,38	0,17
15	Alluvions pléistocènes de l'Eure à Saint-Prest – vestiges du Paléolithique ancien	0,31	1	0,14
16	Oppidum de Nogent-le-Roi – éperon barré	0,31	0,50	0,04
17	Sanctuaire de Bellevue – paléochenaux de l'Eure	0,38	1	0,02
18	Mottes castrales de Breuilpont et de Merey – rebord de plateau	0,06	1	0,02
19	Sablère de Broué – vestiges du paléolithique	0,44	1	0

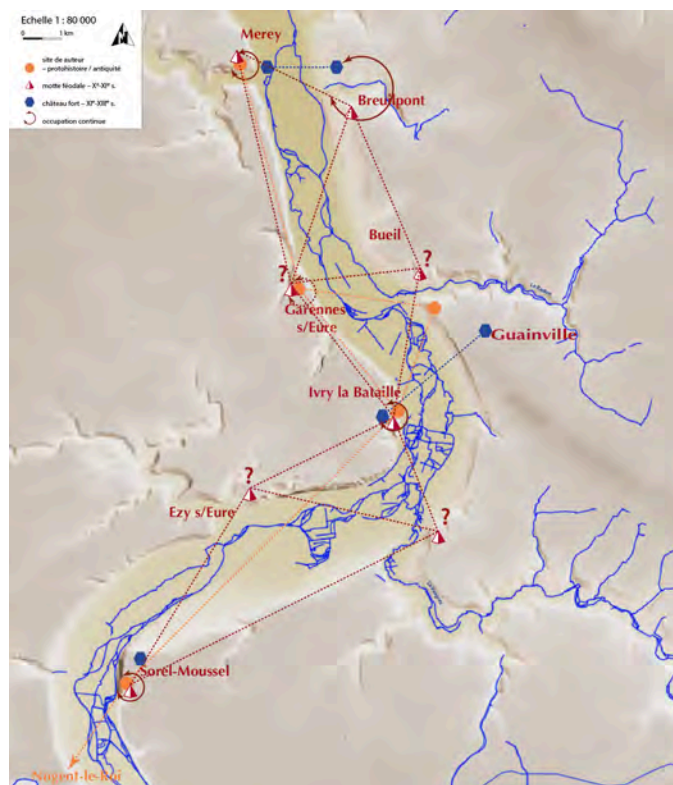
223– Résultats de l'évaluation numérique des potentiels d'usage des géoarchéosites de la moyenne vallée de l'Eure.

*Valeurs de 0 à 1. VCnV=Besoins de conservation ; VEd= potentiel éducatif ; VUp= potentiel d'usage (= produit (différence, [VSci ; VVul]) ; (moyenne, [VConc ; VEdu]) [©T. Piau 2022]

Bien que certains géoarchéosites inventoriés conservent un caractère monumental, la grande majorité reste réduite à d'épars vestiges et/ou formes de relief en périphérie du tissu urbain. Ces sites plus modeste et/ou « ordinaires » en zone rurale, dont les composantes archéologique et géo(morpho)logique ont une valeur monumentale et/ou esthétique limitée, obtiennent généralement une note faible. 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 de ces sites « ruraux ordinaires ». Ces derniers constituent un patrimoine structurant et fonctionnel de la vallée de l'Eure qui demeure particulièrement vulnérable face aux pressions anthropiques en l'absence d'un véritable « commun » territorial. 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 disjointes du Canal Louis XIV et de l'Aqueduc de Maintenon ainsi que des différentes carrières utilisées pour la réalisation du projet. 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. Entre Sorel-Moussel au sud et Merrey au nord notamment, une série d'implantations humaines (*i.e.*, « éperons barrés », places fortes d'époque médiévale et/ou plus tardive) privilégie une position géo(morpho)logique dominante. Dressée sur le plateau, en rive gauche de la vallée du Robinson et entamée dans sa portion nord-est par le village actuel, la motte féodale de Breuilpont (qui peut être associée à celle de Merrey en rive gauche de l'Eure) est encore lisible dans la topographie actuelle de par ses vestiges caractéristiques (tour centrale, terrassement de la basse court). Un changement d'échelle met en évidence de manière plus cohérente l'organisation en « réseau » de ces places fortes faisant de ces témoins matériels à première vue isolés des marqueurs forts en termes : (1) de structuration des paysages mais également (2) de génération historique structurelle des territoires de la moyenne vallée de l'Eure. L'intérêt du géoarchéosite en « réseau » réside ainsi moins dans ses caractéristiques intrinsèques que dans ses modalités d'implantation au sein du système géo(morpho)logique [fig. 224].



224– La motte féodale de Breuilpont
d'après un levé LIDAR [© I. Le Teillier 2021]
et cartographie synthétique
des « sites de hauteur » de la moyenne vallée
de l'Eure [©F. Dugast 2022]



3– Discussions

Compte tenu du contexte (géo)archéologique général de la moyenne vallée de l'Eure où la notion de patrimoine, géo(morpho)logique comme archéologique, est peu marquée, l'évaluation numérique fait ressortir une majorité de géoarchéosites « ordinaires ». Une distinction nette s'opère alors avec les sites plus « remarquables ». Ces derniers se singularisent par leur caractère monumental et/ou esthétique. Leur valeur archéologique et/ou géo(morpho)logique est déjà reconnue et inscrite sur la liste de l'INPG et/ou des Monuments Historiques. A *contrario*, les sites « ordinaires » sont généralement réduits à d'épars vestiges et/ou formes de relief en périphérie du tissu urbain. Ils souffrent d'un masque d'avisibilité et leur potentiel de valorisation touristique est limité. L'absence de reconnaissance et/ou la méconnaissances de ce « petit » patrimoine par le plus grand nombre peut entraîner une perte irréversible de ce dernier du fait de l'artificialisation croissante des sols. Ce constat amène alors à s'intéresser au « patrimoine ordinaire » de la vallée moyenne de l'Eure, qui est le propre de l'archéologie. Les sites ordinaires constituent en effet des objets de recherche important et un support propice pour :

- 1/ engager de nouvelles recherches interdisciplinaires,
- 2/ réaliser une analyse sur les dynamiques de peuplement.

Ils doivent donc être pris en compte par les acteurs du territoire dans une optique d'aide à la planification et à l'aménagement de l'espace.

Le concept de « géoarchéosite » est dès lors particulièrement intéressant. Tel qu'il est proposé jusqu'à présent, il met en exergue des sites archéologiques localisés sur des géomorphosites [Foauche, Rasse, 2009]. Il peut assez bien se plier à la conjonction de ces deux ensembles remarquables (un site archéologique et un site géomorphologique) dès l'instant qu'un lien entre les deux est établi. Il met en avant des critères de sélection qui s'appuient sur le principe de représentativité patrimoniale. Le principe de « disconnected site » – dans la suite des réflexions d'Emmanuel Reynard sur les « disconnected geomorphosites » – ajoute un critère supplémentaire appuyé sur la notion de réseau, qui permet à des témoins matériels sous-évalués – archéologiques ou géomorphologiques – de prendre un peu plus d'importance dans la grille de lecture en raison de leur relation chronologique et/ou fonctionnelle à un ou d'autres témoins matériels géomorphologiques ou archéologiques.

III – Bilans et perspectives de recherche

En apparence négatifs, les premiers éléments d'analyse sur les modalités de construction des territoires renforcent l'intérêt d'une approche en réseau, fondée non sur la hiérarchisation des habitats, trop peu documentés, mais sur la cohérence temporelle et spatiale des établissements et des couloirs de circulation qui permet d'aborder les questions d'exploitation au sens large d'utilisation d'un espace qu'on peut concevoir comme l'accès à une ressource, qu'elle soit biotique ou abiotique.

À ce titre, 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, qu'il s'agisse de l'exploitation humaine d'une ressource matérielle (la proximité de l'eau ; une carrière de pierre ou de tout autre matériau jugé utile ou de valeur...), ou des modes d'implantation comme les sites de hauteur établis sur des formations géomorphologiques spécifiques qui constituent une véritable mise en réseau le long de la vallée et en font de ce fait des marqueurs forts en termes à la fois de structuration des paysages et de génération de l'histoire du secteur, qu'il devient plus facile d'interroger, de représenter et de modéliser. La réflexion et le développement de cette approche novatrice, qui met en dialogue à part égale archéologie et géomorphologie, s'insèrent dans une approche résolument intégrative.

Dans la continuité de l'année 2021, l'année 2022 s'est ainsi attachée à affiner la démarche méthodologique d'inventaire et d'évaluation numérique du patrimoine géoarchéologique à l'échelle régionale, appliquée en vallée moyenne de l'Eure. La méthodologie et les critères employés par Reynard *et al.* [2007, 2016] et testée en 2021 se sont avérés finalement peu opérants pour dans le cadre des objectifs affichés du PCR. Plusieurs ajustements méthodologiques ont été nécessaires. Le processus de sélection a été mis à jour selon trois axes: spatial, temporel et spatio-temporel. La volonté de se positionner à l'interface des Sciences de la Terre, de l'Environnement et de la Société a également imposé d'examiner conjointement et sur le même plan de valeur scientifique, la dialectique chronologique et/ou fonctionnelle entre les composantes archéologiques et géo(morpho)logiques d'un paysage anthropisé. Les valeurs additionnelles (*i.e.*, culturelle, écologique, esthétique) ont été supprimées, ainsi que certains critères relatifs à la valeur géoscientifique. Une nouvelle combinaison de critères est adoptée pour caractériser les composantes archéologiques et géo(morpho)logiques dans l'optique d'un inventaire binomial. En ce sens, une correspondance systématique entre les critères définissant les composantes d'origine géo(morpho)logique (la géodiversité) et celle d'origine humaine (l'« archéodiversité ») a été établie.

Ce premier inventaire cartographique devrait servir en outre à poser les fondements de futures actions de conservation et/ou de valorisation des paysages culturels de la vallée 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.

Enfin, ces premiers éléments d'analyse ont montré l'absolue nécessité de mettre en place un outil interdisciplinaire qui permette de confronter et d'interroger de manière synchrone différents types de données avant même un retour à la source [cf. **Partie V**].

Partie V

Développement d'un outil collaboratif interdisciplinaire

[coord. Caroline Font]

L'orientation générale du PCR – qui se développe volontairement dans un contexte de faible documentation – a conduit, dès la 1^{re} année, à entamer une démarche réflexive – théorique, conceptuelle et méthodologique – sur la **formalisation du processus de production d'information** acquise à l'interface entre les Sciences de la Terre, de l'Environnement et de la Société. Cette démarche vise à répondre par ailleurs au principe de l'OpenAccess et du FaiR Data [données *Faciles à trouver, Accessibles, Interopérables et Réutilisables*], mais aussi à l'affirmation des Sciences participatives.

À l'inverse des études courantes, l'approche vise à considérer les arguments pertinents que peuvent apporter l'archéologie et l'étude de la morphologie du territoire dans une stratégie d'acquisition et de traitement des données. Elle repose sur l'utilisation, la validation et/ou la création de nouveaux outils d'investigation issus de la pluridisciplinarité, avec en parallèle un cadre théorique d'évaluation. En ce sens, elle se propose :

- 1/ de mettre à l'épreuve 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... ;
- 2/ de tester une approche régressive et évolutive des transformations (phénomènes de résilience, réappropriation...) à l'aide de référentiels et d'indicateurs pertinents – en lien avec l'étude des documents cartographiques et de l'étude de l'ensemble des paléo-reliefs *in situ* et leur lien, ou non, avec les structures archéologiques connues ;
- 3/ de tester des méthodes non invasives sur le terrain par l'utilisation d'outils classiques d'investigation (géophysiques, géoradar) associées à de nouvelles technologies appliquées à l'archéologie – notamment capteurs montés sous drone : LiDAR pour les paléoreliefs, photographiques pour la photogrammétrie, thermiques pour les signatures géophysiques, etc. [cf. *supra*].

Pour ce faire, la visualisation de l'ensemble des données dans une application SIG est apparue incontournable. Le PCR vise ainsi à s'appuyer sur le développement d'une plateforme web regroupant les technologies de la géomatique et du web sémantique. En alliant ces deux technologies, l'objectif est de proposer un outil permettant de relier les données issues des différentes disciplines engagées (archéologie, histoire, géographie physique, géomorphologie, géographie contemporaine, science de l'environnement...), de les traiter à la fois dans l'espace et le temps et de les valoriser sur le web à l'aide de productions cartographiques et figuratives (via le Sharedocs d'Huma-Num), et à terme de les rendre dynamiques et interactives.

Ce volet s'est déroulé en cinq phases principales.

I – Un Modèle conceptuel de données (MCD)

[Fabienne Dugast]

Tout objet archéologique – qu'il soit artefact, habitat ou tout autre aménagement du fait de l'être humain – s'insère dans un contexte historique en même temps qu'environnemental. Les études géomorphologiques s'inscrivent de ce fait de plus en plus naturellement dans le cadre de la fouille d'un site, notamment pour déterminer l'évolution sédimentaire d'un fond de vallée (présence de paléochenaux par ex.) ou d'une installation

particulière (silos, fonds de cabane...). Dans le cadre d'études plus larges – relations extra-sites, dynamique de peuplement – qui concernent un territoire donné, défini en fonction de l'objet d'étude – bassin versant, cours d'eau, système politique ou administratif –, il ne s'agit plus de simplement décrire et interpréter les couches sédimentaires, mais de retracer les modalités d'interactions entre les phénomènes naturels et anthropiques sur l'évolution des environnements et des sociétés, compris comme étant étroitement interconnectés. Les projets s'inscrivent de ce fait aujourd'hui au croisement des sciences de la Terre, de l'Environnement et de la Société pour mettre en exergue la perception que nous avons, rétrospectivement, de ces interactions. Il ressort des approches dans ce domaine – depuis Archaeomedes [Favory, van der Leeuw 1998 ; Favory *et al.* 2003] – non seulement la **complexité** mais aussi et surtout la **multifactorialité** des relations sociétés/milieus qui ne peuvent se résumer à de simples rapports de cause à effet déterministes ou mécanistes.

Le développement d'outils méthodologiques qu'accompagnent aujourd'hui les systèmes d'information géographique vise à permettre de restituer avec plus de finesse l'impact respectif des processus naturels (climatiques essentiellement) et anthropiques dans les dynamiques sociales et environnementales [Bertoncello, Braemer (dir.) 2012]. On s'accorde en effet à dire que les modèles de représentation et d'interprétation doivent être de plus en plus nuancés et adaptés à la variabilité des situations étudiées qui relèvent de la rencontre complexe entre les fonctionnements des géosystèmes – régionaux à locaux – et ceux des anthroposystèmes – locaux aux relations extérieures (potentiellement) multiples. Par ailleurs, si la question de l'impact des différents processus occupe la première place au sein des réflexions de la communauté scientifique, il est nécessaire de garder à l'esprit qu'elle reste un simple dénominateur commun qui doit permettre de restituer les phénomènes d'interactions en matière de causalité – en amont – et de résultante – en aval –, à court et moyen, voire long terme. Dans ce cadre, le processus de modélisation doit moins constituer un modèle ou une référence en soi qu'un **outil à réinterroger et à réévaluer en permanence**, voire à refondre au besoin, en fonction de l'évolution des données autant que de la réflexion à l'échelle de l'interdisciplinarité [van der Leeuw 2017].

Se positionner à l'interface des sciences de la Terre, de l'Environnement et de la Société impose concrètement de confronter – et/ou de conjuguer – des jeux de données hétérogènes, dans ce qu'ils proviennent de différentes sources disciplinaires (climatiques, paléoenvironnementales, archéologiques, historiques...) et se présentent sous des types de formats (cartographie, photographie, descriptifs résumés ou détaillés, textes bruts...) et supports variés (papier, numérique, raster, vectoriel...). Ces jeux de données restent encore très souvent lacunaires, avec des résolutions chronologiques et spatiales variées, mais également avec des degrés de précision qui diffèrent, selon l'époque de leur restitution et/ou tout simplement selon les connaissances. Ils correspondent en outre à des enregistrements de phénomènes climatiques et anthropiques d'intensité tout aussi variée, qui se développent selon des rythmes et à des échelles – spatiales et temporelles – très différents. La difficulté réside dans la mise en forme organisationnelle de ces différents jeux dont l'objectif est de les faire dialoguer entre eux quelle que soit l'échelle d'analyse, et ce sur un espace plus large que le kilomètre carré autour d'une zone de fouille. À ce titre, un premier MCD a été réalisé, qui tend à montrer que les plateformes qui se développent par ailleurs – Chronocarto (ENS/AOOrC) ou au sein d'ArchéoFab (ArScAn) – ne répondent que partiellement aux besoins du PCR.

– Objectifs du MCD – 22

L'organisation d'un MCD n'a pas vocation à dicter une forme structurelle des données : elle vise en l'occurrence à mettre en exergue l'absolue nécessité, en raison de l'**état lacunaire** des données et de leur **imprécision relative**, de collecter différents types de données provenant d'horizons disciplinaires divers [*approche intégrée*] et de les mettre en connexion. Cette nécessité se traduit par la mise en place d'un système de gestion de plusieurs bases de données descriptives [SGBD] – géomorphologie, archéologie, histoire, environnement, analyses – dont le ou les dénominateurs communs – *a priori* le temps et l'espace – doivent permettre de les faire dialoguer entre elles sur la base d'un SIG.

La zone d'étude concernée par le PCR étant peu connue et peu investie par les opérations archéologiques, il est apparu toutefois que les requêtes ne pouvaient aboutir qu'à une résolution minimaliste et que le dialogue entre les différents jeux de données restait de ce fait stérile. Il a semblé dès lors important de pouvoir croiser (et non seulement interconnecter) des données de différentes échelles temporelles et spatiales (géomorphologie et archéologie, géomorphologie et topographie, archéologie et topographie, archéologie et histoire, etc.) de manière à pouvoir établir des modélisations prédictives en fonction des éléments en présence à un instant T. En ce sens, il s'avère important d'intégrer deux approches en apparence antinomique :

- 1/ l'approche **taphonomique** – en tant qu'observation de la relation entre localisation des restes observés et phénomènes naturels en cause dans l'accumulation [Thiébaud *et al.* 2010] ;
- 2/ l'approche **régressive** et les processus de résilience – en tant que capacité d'un système (de nature anthropique ou écologique) à absorber une perturbation et à retrouver ses fonctions à la suite de cette perturbation dont il conserve en partie la trace.

L'une et l'autre sont également multifactorielles dans leurs processus, mais intègrent en elles un paramètre temporel – de transition entre différents états – qu'il est important de mettre en relation avec les autres temporalités.

– Description du MCD –

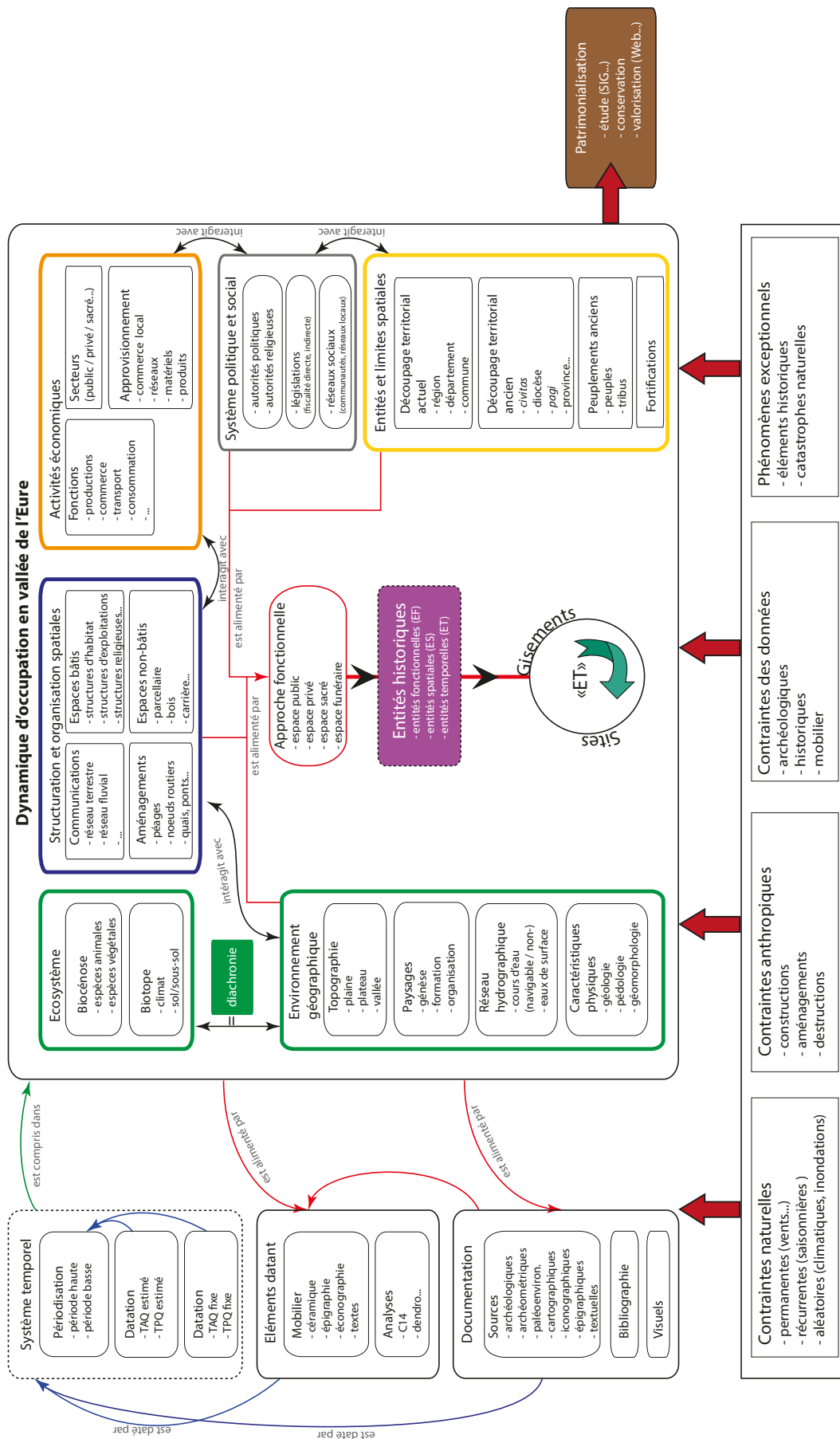
Le MCD présente un format d'organisation de l'information susceptible d'être collectée sous trois grands volets interconnectés : 1/ données directes ; 2/ traitement des données ; 3/ contraintes [fig. 225].

Le volet principal – (2) au centre – est au croisement des disciplines concernées (géosciences, sciences de la terre, de l'environnement et des sociétés) et fait intervenir les données issues :

- 1/ de l'environnement géographique (topographie, géologie et caractères physiques, paysage, réseau hydrographique) et de l'écosystème (dont les géo-sites et les géoarchéosites) d'un côté,
- 2/ de l'organisation et de la structuration de l'espace par l'homme (aménagements bâtis, exploitation des ressources – et géoarchéosites –, circulation...) en étroite corrélation avec les activités de subsistance (productions, approvisionnements...) de l'autre, qui interviennent [*interagissent*] sur l'environnement géographique et l'écosystème en même temps qu'ils en dépendent.

Ces données décrites respectivement par le géomorphologue et l'archéologue sont complétées – dans le cas de documents textuels notamment – et/ou induisent des données relatives aux modalités socio-politico-économiques qui les régissent [*interagissent*] et dont découlent les mouvements humains de plus ou moins forte intensité, à travers notamment la structuration des territoires, du plus petit (*nucleus*) au plus grand (gouvernement). L'interconnexion entre ces différents paramètres – décrits et déductibles ou accompagnés par des sources de seconde main – construit [*alimente*] « l'approche fonctionnelle » de l'espace investi à l'échelle d'un groupe d'habitats ou d'un territoire à plus large échelle.

Le volet principal constitue en l'espèce une série d'interprétations à différentes échelles interconnectées [approche intégrée] qui sont issues de divers traitements de données primaires [ou *directes*] – volet (1) de gauche. Ces données primaires correspondent aux sources disponibles en tant que données matérielles observables, sur le terrain (prospections, fouilles, sondages), de témoignages de seconde main (textes, iconographie) ou encore d'analyses (archéométrie, sédimentologie, datation). Elles correspondent en ce sens à une documentation issue de sources hétérogènes dans ce qu'elles proviennent de différents horizons – disciplinaires et analytiques – qui construisent [*alimentent*] et doivent trouver leur cohérence au sein du volet principal (2). Elles permettent également de construire un système temporel sans lequel les corrélations restent indéterminées.



225- Modèle conceptuel de données pour le projet ValEuRT [© I. Renault & F. Dugast]

L'ensemble des deux volets de données – directes et traitées – ne suffit pas toutefois à construire « les objets historiques » qui rendent compte des états successifs et donc des rythmes d'occupation, à différentes échelles de temps et d'espace. Ils sont chacun et ensemble soumis à des contraintes dont il faut tenir compte – volet (3) en bas – et qui complexifient le cheminement. À celles liées aux phénomènes naturels (climatiques permanents, récurrents, aléatoires) et anthropiques (construction/dé[con]struction/abandon) qui s'exercent à un instant T et qui président à la succession ou au développement des occupations dans un espace S, s'ajoutent celles liées aux mêmes phénomènes mais sur le temps long qui sont à l'origine des lacunes et de l'imprécision de la donnée et qui amènent à s'interroger sur les modalités d'enfouissement, de transformation, voire de transfert des témoins matériels, paysagers et anthropiques – éco- et arte-facts. En ce sens, les contraintes génèrent l'appréciation entre « gisement » – lieu de concentration ou amas d'éléments d'origine anthropique non identifié et de fait fluctuant dans le temps et l'espace –, « entité archéologique » – ensemble cohérent de vestiges sur un espace circonscrit par le périmètre de fouille – et « site » – forme d'occupation datée et identifiée de manière unique sur un espace parfaitement délimité.

II – La structuration de l'outil

[Caroline Font]

L'outil envisagé doit se présenter comme un ensemble organisé de dispositifs permettant l'abstraction, l'affichage, l'acquisition, l'archivage et l'analyse de données qui se répartissent en parallèle entre les deux principaux canaux identifiés :

- les **données archéologiques** issues des bases de données des Services archéologiques régionaux, de la base PatriArche, de données historiques, de prospections pédestres ou encore de la télédétection ;
- les **données liées aux sciences de la Terre** (géologie, géomorphologie, topographie...) issues des sources mises à disposition par les établissements publics : IGN, BRGM, données LiDAR..., ainsi que des campagnes de prospection sur le terrain.

– Recueil des besoins –

Bien que parallèle, l'un des objectifs de l'outil est de trouver les points de résonance formels entre les occupations humaines et leurs implantations dans le milieu naturel : le plus directement accessible est la relation spatiale que pourra mettre en évidence la base de données spatiales [projection SIG]. L'outil devant être interopérable et interdisciplinaire, les technologies envisagées sont avant tout celles du web, avec une architecture « client-serveur » dans laquelle le « client » est un navigateur capable d'interpréter du code HTML et le « serveur » est à la fois une machine qui archive des documents et des programmes susceptibles de les générer à la demande et un programme permettant le dialogue avec le « client » ; avec un protocole HTTP pour les échanges entre le « client » et le « serveur » ; un stockage des données dans des fichiers et des bases relationnelles [PostgreSQL, MySQL] interrogeables à l'aide du standard SQL ; enfin les standards HTML, Javascript, AJAX, XML, SVG élaborés par le World Wide Web Consortium [W3C] pour le développement de l'application grand public à proprement parler.

L'objectif général est de pouvoir interroger les données cartographiées afin d'accéder à leur sémantique, d'effectuer des recherches portant sur la sémantique ou la géométrie des données cartographiées, d'effectuer des traitements complexes (statistiques ou autres), mais aussi de saisir de l'information et d'alimenter la base de données stockée sur le serveur. Il est également envisagé l'acheminement de documents hypertextes pouvant contenir non seulement les cartes mais aussi des images (photos, relevés, scans divers – la question des notices bibliographiques associées devra être posée) à partir d'un serveur où ils seront stockés [hébergement

Huma-Num] – ce que permet aisément le web. Les documents devront eux aussi pouvoir être produits à la demande, à l'aide d'un programme distant chargé de générer le document et en fonction de critères qui font sens au regard des besoins du PCR. Il s'agit par conséquent de mettre en place une architecture logicielle multicouches ainsi que, à mesure du développement du PCR, diverses solutions techniques.

La communauté scientifique amenée à travailler sur les données réunies par le PCR pourra compter sur les outils complets et puissants (interrogations, analyses, modélisations...) des logiciels de SIG dédiés (QGIS, ArcGIS) en appelant directement depuis le serveur les bases de données ainsi mises en ligne.

– Inventaire des différentes entités « primaires » –

Pour répondre à ces besoins, un premier inventaire des différentes entités devant constituer le corps principal de la base de données spatiales a été effectué. Comme pour tout système d'information spatial [SIG] – et archéologique [SIA] –, la position des différents éléments de la base de données doit s'inscrire dans un environnement défini par le projet. Cependant, certaines données ne seront spatialisées qu'au travers des mentions plus ou moins précises de leur contexte administratif. De plus, certains territoires pourront faire l'objet de recherches (ou requêtes) à des échelles plus ou moins grandes et nécessitent un cadre géographique sur lequel s'appuyer. Les données mises à disposition par les institutions nationales et en particulier l'Institut géographique national (IGN) constitueront ainsi l'environnement administratif de la base de données spatiales. Seront par conséquent pris en compte, en tenant compte des différentes échelles du territoire exploré :

Données	Source – Produit	Géométrie
département	IGN - © ADMIN EXPRESS	polygone
commune	IGN - © ADMIN EXPRESS	polygone
lieu-dit	DGFIP - © PCI cadastre	polygone
parcelle	IGN - © BDPARCELLAIRE	polygone

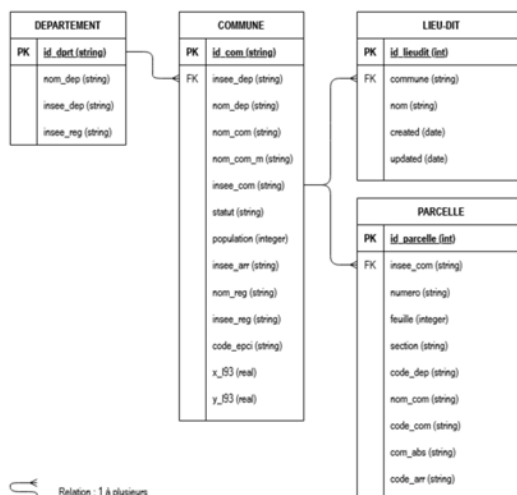
Les différentes entités administratives produites par l'IGN sont inscrites les unes dans les autres en respectant les règles de topologie (adjacence stricte des polygones). Une réserve est à retenir concernant les données des lieux-dits fournies par la Direction générale des Finances publiques (DGFIP) dont la validité spatiale n'est pas garantie. Il est à noter également que l'ensemble des parcelles numérisées ne sont pas disponibles sur l'intégralité du département de l'Eure. L'emboîtement des polygones permet une analyse et un positionnement spatial administratif de l'échelle la plus petite (le département) à la plus grande (parcelle) [fig. 226]. Les attributs de ces différentes entités reprennent la structuration proposée par l'IGN [fig. 227].



226– Relations spatiales et cardinalités entre les différentes entités administratives considérées [© C. Font 2020]

227– Tables des attributs et relations entre les différentes entités considérées [© C. Font 2020]

À noter que Les identifiants des établissements publics peuvent présenter une complexité handicapante dans l'utilisation de la base de données. Il a été décidé de les conserver mais de ne pas les considérer comme clé primaire de l'enregistrement, qui est auto-incrémentée par la base de données sous forme d'un entier de 1 à n.



– Les entités issues des campagnes de prospection archéologique –

La structuration de la base de données concernant les données directement liées à l'archéologie s'articule grâce aux échelles (ou tables) d'acquisition. Dans une structuration de base de données classique, c'est la plus petite unité d'enregistrement qui est considérée en premier – issue en l'occurrence, et pour l'essentiel dans le contexte des objectifs du PCR, de prospections au sol et de la fiche associée.

Le processus suit le système appliqué dans un contexte de fouille et se décline en « unités d'enregistrement » [UE – équivalent de l'UF, unité de fouille circonscrite spatialement] qui se définissent au sein d'une opération donnée [PRO] en fonction de la méthode adoptée :

- à vue – pour déterminer des traces en surface, anomalies de topographie ou différence de nature des sols indiquant la présence probable d'un gisement ;
- en lignes – ramassage préliminaire et régulier par intervalles de 5 m sur la longueur de la parcelle ;
- par quadrillage géo-référencé – ramassage fin et ciblé de tout mobilier affleurant par carré de 10 à 20 m de côté.

Le ramassage du mobilier n'étant jamais exhaustif, il constitue avant tout un échantillonnage sur une unité pédosédimentaire donnée [UPS]. Il concerne tout élément dont la présence résulte d'une mobilisation qui peut être soit d'ordre naturelle – résultat de phénomènes d'érosion ou autre –, soit d'ordre anthropique – résultat d'une installation ou d'un aménagement volontaire. En ce sens, il apparaît prudent de le considérer comme l'indicateur d'un « gisement » [GIS] – au sens de lieu d'accumulation importante d'éléments anthropiques ou naturels susceptibles d'être exploités sur le plan archéologique –, avant d'être identifié définitivement en tant que « site » – défini en tant que forme d'occupation effective, datable en prospection par sa phase d'abandon [TAQ].

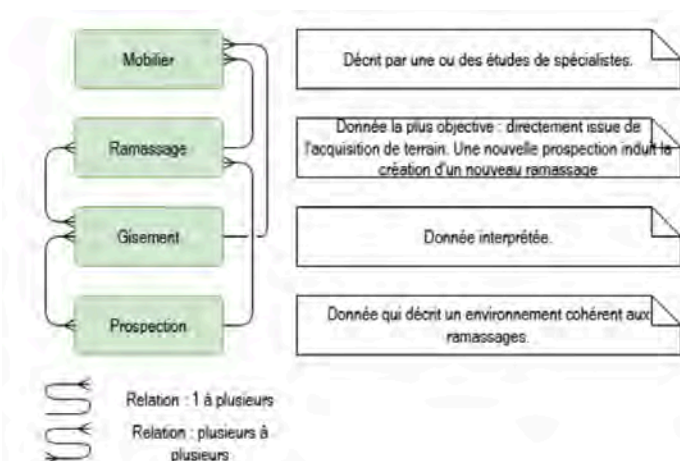
La notion de cohérence de la prospection suppose de multiplier les enregistrements, dont l'avantage réside dans la possibilité de rattacher sans équivoque un ramassage à des conditions de prospection homogènes. Il est également possible d'ajouter des tables satellites permettant de lister l'environnement et les conditions climatiques à la fois du ou des ramassages, mais aussi de la ou des prospections, ce qui a pour avantage la possibilité de quantifier et de qualifier des conditions types de prospection.

Les unités qui suivent impliquent un changement d'échelle d'analyse : de l'unité d'enregistrement – artificielle et aléatoire, définie par un ou plusieurs échantillonnages de mobilier destinés à l'analyse et auxquels peuvent être attribuées des données quantitatives (poids, effectif) et des données qualitatives (présence/absence de certains matériaux notamment) – au gisement, défini par l'ensemble d'UE constitué à l'aide d'échantillons probants de mobilier issu d'une même action – naturelle ou anthropique (épandage, déplacement par colluvionnement, mobilisation agricole d'une occupation archéologique sous-jacente...). La notion de gisement entre dans le cadre de données interprétatives (subjectivité) et peut intégrer des éléments chronologiques.

Entité	Temporalité	Description	Géométrie
Mobilier [MOB]	acquisition	s'entend par « mobilier » tout élément dont la présence résulte d'une mobilisation, qu'elle soit naturelle ou anthropique. Cette entité ne figurera peut-être pas systématiquement dans la base de données. Elle pourra être fonction d'études plus fines sur le mobilier issu du ramassage	• point (facultative)
Échantillonnage [ECH]	acquisition	s'entend par « échantillonnage » le lot de mobilier issu du ramassage. Le ramassage se définit dans un temps et un espace donné. On peut lui attribuer des données quantitative (poids, effectif) et des données qualitatives (présence/absence de certains matériaux notamment)	• point (centroïde de la ou des parcelles prospectées) • ligne du parcours de ramassage • polygone (surface des parcelles prospectées)

Entité	Temporalité	Description	Géométrie
Prospection [PRO]	acquisition	s'entend par « prospection » toute opération définie dans un espace et un temps cohérent. Les conditions de la prospection (espace, temps, facteur climatique, environnemental) seront décrites : à chaque changement de condition, une nouvelle prospection est créée	<ul style="list-style-type: none"> • polygone la géométrie est déduite des échantillonnages issus des ramassages pour une prospection donnée
Gisement [GIS]	interprétation	s'entend par « gisement » tout ou partie d'un ou plusieurs ramassages dont le mobilier est issu d'une même action – naturelle ou anthropique (épandage, déplacement par colluvionnement, mobilisation agricole d'une occupation archéologique sous-jacente... De premières notions chronologiques peuvent être abordées.	<ul style="list-style-type: none"> • polygone la géométrie est déduite des ramassages

Autour de ces premières tables se développent des tables complémentaires liées aux sujets abordés et à la documentation disponible (spécialités sollicitées, analyses, tables ressources sous forme de listes ou thesaurus). Des tables interprétatives supplémentaires s'ajouteront pour tenter de définir les caractéristiques de l'UPS et/ou de l'occupation humaine repérée – en termes de structures, de type défini de mobilier, etc. [fig. 228].



228– Relations et cardinalités entre les différentes entités d'enregistrement liées aux prospections archéologiques [© C. Font 2020]

– Les entités issues des données liées aux sciences de la Terre –

La difficile corrélation temporelle entre les données paléoenvironnementales (bio-indicateurs, marqueurs géomorphologiques) et les vestiges archéologiques associés constitue un écueil récurrent qui soulève plusieurs questionnements scientifiques sur la temporalité des données de la recherche géoarchéologique (collectées et produites). Partant du constat que la trajectoire d'archivage des données naturalistes (graphique et sémantique) est loin d'être systématisée, souvent imprécise et fragmentaire, cette réflexion amène à tenter de combler cette lacune en s'appuyant sur le savoir-faire et l'expérience de la communauté scientifique des archéologues.

La structuration de la base de données concernant les données liées aux sciences de la Terre a été par conséquent – et dans un premier temps – réfléchi de façon similaire, en l'articulant grâce aux échelles d'acquisition ou d'observation. Comme pour les données de l'archéologie de prospection, le premier niveau d'enregistrement est le plus petit : l'**unité sédimentaire [USE]**. Elle se définit par ses caractéristiques observables sur le terrain : texture, couleur [Code Munsell], structure, compacité, constituants, traits, lithofaciès [Miall 1996], épaisseur estimée, altitude par rapport à la surface du sol. Sa présence résulte d'une morphogenèse géomorphologique, anthropique ou mixte. Les caractéristiques des USE (traits microscopiques, traces d'altération naturelle ou anthropique, pédogenèse), leur délimitation (interface d'érosion, de dépôt,

d'altération) et leur chronologie (date plancher TPQ, date plafond TAQ) peuvent être précisées, *a posteriori*, par des analyses en laboratoire. L'interface d'érosion est entendue comme une unité sans épaisseur matérielle (*i.e.* USE négative). Il est fondamental de dissocier la description de chaque USE sur le terrain et leur description / interprétation de rang 1 en termes de Forme / Séquence sédimentaire (*i.e.* un regroupement cohérent d'USE) qui fait appel aux analyses.

La donnée la plus objective et directement issue de l'acquisition d'USE passe par le prélèvement – **échantillonnage** –, pour analyse, d'une quantité variable de matière sédimentaire au sein de l'USE. On peut lui attribuer des données quantitatives (poids, nombre, espacement, durée, altitude) et des données qualitatives (méthode : log, coupe, sondage en puits, carottage, bloc micromorphologique, maillage palynologique). Un regroupement d'USE pourvu d'une épaisseur matérielle et situable spatialement avant ou après d'autres formes sédimentaires (superposition, recoupement) constitue une **forme/séquence sédimentaire [FSE]**. La forme sédimentaire est entendue comme une stratification géoarchéologique. Elle se définit par des **agents** – anthropogène, exogène ou endogène (eau, vent, glace, l'Humain, température, végétation) – et des **processus érosifs** mécaniques ou chimiques d'intensité variable (ruissellement diffus, concentré, gravitaire, déflation, corrasion, dissolution, glissement, cryoclastie, gélifluxion, bioturbation, suspension graduée) à l'origine du **cycle dynamique des USE** de la forme sédimentaire (érosion, transport ou dépôt). Cette entité se matérialise sur le terrain par :

- une **formation** simple ou mixte : structurale [STR] ; fluviatile [FLU] ; karstique [KAR] ; glaciaire [GLA] ; périglaciaire [PER] ; gravitaire [GRA] ; nival [NIV] ; éolienne [EOL] ; littorale [LIT] ; lacustre [LAC] ; volcanique [VOL] ; anthropique [ANT] ;
- une **forme sédimentaire** associée : forme d'accumulation (simple ou mixte) – terrasse fluviale, levée de berge, barre d'accrétion latérale, glaciaire colluvial ou alluvial, lœss, bief à silex, argile à silex, éboulis en cône ou en tablier, terres noires, remblais – ; forme d'érosion (simple ou mixte) – labour, doline, cluse, etc. ;
- un **environnement topographique de dépôt** associé (ou bassin de sédimentation) : plateau, versant, vallon, fond de vallée, pied de versant, plaine d'inondation, chenal ;
- éventuellement un **modèle d'érosion** : vallon en V, en berceau, à fond plat, vallée en auge, rupture de pente concave, convexe, convexo-concave, versant régulier. Les modèles d'érosion concernent principalement les formes structurales.

Les formations superficielles et formes sédimentaires mixtes seront classées sous le processus dominant. Les formes sédimentaires sont plus ou moins altérées (bioturbation, modèle d'érosion) / pédogénisées au cours du temps. On peut attribuer aux FSE des variables qualitatives (paléoenvironnements associés) et quantitatives (extension, épaisseur, profondeur, âge) précisées *a posteriori* par les analyses en laboratoire.

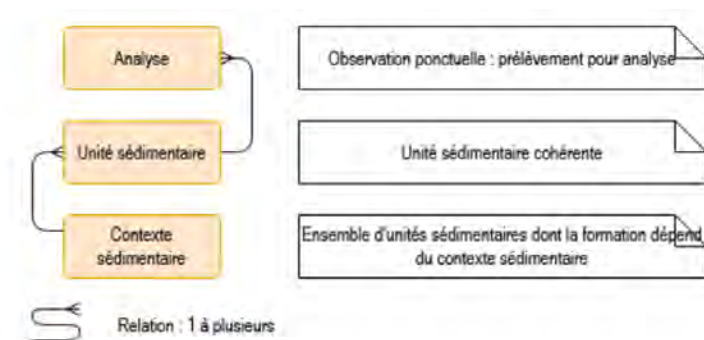
L'association ou la combinaison complexe de plusieurs formes sédimentaires correspond à une **forme du relief [FRE]**. Sont associés aux formes du relief des paramètres morpho-structuraux (lithologie, tectonique), hydrographiques actuels (style fluvial, densité, rang), et le couvert végétal actuel. Y sont également associées des variables quantitatives (extension).

La définition des USE, FSE et FRE résulte, comme pour l'archéologie, d'opérations de prospections et d'analyses spécifiques qui viennent enrichir l'inventaire constitué, en amont, par la collecte de données existantes (qualitatives et quantitatives) tirée de recherches antérieures ou via des ressources numérisées et/ou disponibles en ligne : Géoportail et Remonter le Temps (IGN), InfoTerre (BRGM), Patriarche, données altimétriques de l'IGN (BD Alti 75 et 25 m ; RGE Alti 5 et 1 m). Principalement issues des recherches antérieures et de la bibliographie existante, les données textuelles collectées (articles scientifiques, notes de terrain) sont ponctuellement complétées par des documents d'archives départementales généralement numérisés et disponibles en ligne : elles constituent des **données sémantiques**. Elles sont complétées par des **données graphiques** (cartographiques, photographiques et/ou iconographiques), scannées et/ou vectorisées, issues des archives

départementales (planches du cadastre napoléonien, cartes postales), de l'IGN (photographie aérienne), du BRGM (cartes géologiques et géomorphologiques) et des collectivités territoriales (DRAC-SRA ; photographie aérienne oblique).

Entité	Temporalité	Description	Géométrie
Unité sédimentaire [USE]	acquisition	s'entend pas USE la plus petite unité pourvue d'une épaisseur matérielle et situable spatialement avant ou après d'autres unités sédimentaires (superposition, recoupement)	<ul style="list-style-type: none"> • polygone • point
Échantillonnage [ECH]	acquisition	s'entend par échantillonnage tout prélèvement, pour analyse, d'une quantité variable de matière sédimentaire au sein de l'USE. Une nouvelle prospection induit la création d'un nouvel échantillonnage. L'échantillonnage se définit dans un espace-temps donné	<ul style="list-style-type: none"> • polygone • point
Prospection [PRO]	acquisition	s'entend par prospection toute opération invasive ou non définie dans un espace-temps. Sont associés à la prospection les conditions environnementales dans lesquelles elles se sont déroulées (pluviométrie, température, hygrométrie, niveau piézométrique) et l'état de surface du sol. À chaque changement de ces deux paramètres, une nouvelle prospection est créée	<ul style="list-style-type: none"> • polygone • ligne • point
Analyse [ANA]	acquisition	s'entend par analyse tout analyse de la matière sédimentaire et de son contenu (éco- et artefact) issus de tout échantillonnage d'USE par des méthodes variées en laboratoire : granulométrie, radiocarbone, géochimie, palynologie, malacologie, micromorphologie, entomologie, carpologie, anthracologie, etc.	<ul style="list-style-type: none"> • point
Forme / séquence sédimentaire [FSE]	interprétation de rang 1	s'entend par forme/séquence sédimentaire un regroupement d'USE pourvu d'une épaisseur matérielle et situable spatialement avant ou après d'autres formes sédimentaires (superposition, recoupement). Peuvent lui être attribuées des variables qualitatives (paléoenvironnements associés) et quantitatives (extension, épaisseur, profondeur, âge) précisées <i>a posteriori</i> par les analyses en laboratoire	<ul style="list-style-type: none"> • polygone • ligne • point

Comme pour le volet archéologie, autour de ces premières tables devront se développer des tables satellites liées aux sujets abordés et à la documentation disponible (spécialités sollicitées, tables ressources sous forme de listes ou thesaurus) [fig. 229].



229– Relations et cardinalités entre les différentes entités d'enregistrement liées aux prospections géo[morpho]logiques [© C. Font 2020]

– L’approche des géosystèmes transposable en archéologie –

[Théophile Piau]

Le point de résonance formelle le plus tangible entre les traces d’occupation humaine et leur ancrage dans le milieu naturel se résout dans leur relation spatiale et temporelle, à l’échelle des sous-ensembles régionaux et en diachronie. Il est apparu à ce titre intéressant de rapprocher le raisonnement archéologique – des temps anciens – de celui de la géographie et des sciences de l’environnement – des temps actuels – qui ne doit pas lui être fondamentalement étranger.

Le concept de « **géosystème** » utilisé en géographie permet d’analyser les combinaisons dynamiques de facteurs biotiques, abiotiques et anthropiques associés à un territoire. S’inspirant du concept d’« **écosystèmes** » des biologistes qui porte principalement sur les relations entre les espèces vivantes et leur biotope [Blandin, Bergandi 2003], il prend en compte la place et le rôle de l’être humain et se définit comme un système spatialisé dynamique formé d’un ensemble d’éléments aussi bien naturels qu’anthropiques interconnectés et en interrelations. Il est ainsi utilisé pour étudier les interactions entre nature et sociétés dans une dimension à la fois spatiale et temporelle et s’inscrit de ce fait dans une démarche systémique. Il permet en outre d’appréhender des superficies étendues en ouvrant aussi la voie à une approche diachronique aussi bien dans l’évolution des différents processus naturels que dans celle des actions anthropiques.

Sans entrer dans les détails de l’outil conceptuel tel que Georges Bertrand l’a énoncé à la fin des années 1960 [Bertrand 1968], repris et développé dans les années 1990 [Bertrand 1991] ou encore par l’École de Besançon [Wieber 1977] dans l’appréhension de l’évolution des paysages, il s’agit ici d’interroger les trois niveaux scalaires d’observation qui y ont été définis – du géosystème proprement dit aux sous-ensembles emboîtés dont l’évolution conditionne la dynamique globale :

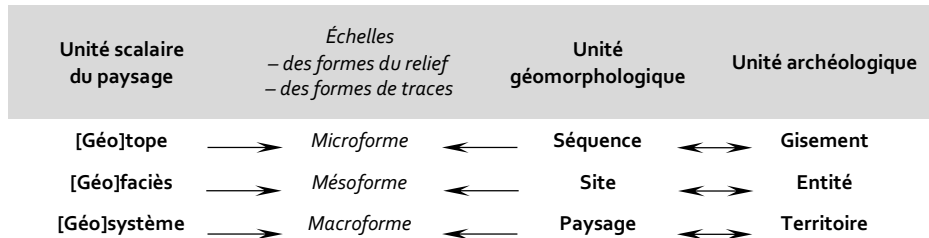
- le **géotope** – comme la plus petite unité géographique homogène directement discernable sur le terrain : méandre, paléochenal, doline, ravine (forme d’érosion) ; tourbière, montille sablo-graveleuse (forme d’accumulation) : il relève donc de l’observation ponctuelle, étant entendu que les éléments inférieurs à l’échelle du géotype (unités sédimentaires, artefacts) « relèvent de l’analyse fractionnée » de terrain ou de laboratoire [Bertrand 1968] ;
- le **goéfaciès** – comme une unité spatiale homogène : terrasse alluviale, glacis colluvial, cône de déjection, plaine d’inondation, fonds de talwegs à remblaiement limoneux, versant de vallée ; il relève d’un ensemble de géotypes ;
- le **géosystème** – comme « système géographique homogène lié à un territoire » (dimension paysagère) : bassin hydrographique, vallée, surface (sub)structurale (plateau de St-André, plateau du Mantois). Unité d’interprétation de l’espace géographique, il met l’accent sur le complexe géographique et la dynamique d’ensemble.

Cette grille d’interprétation géosystémique trouve une résonance en archéologie dans un rapport entre deux sous-ensembles emboîtés – du gisement à l’implantation identifiée comme telle –, constitutifs de la construction d’un territoire :

- le **gisement** – défini par l’accumulation de mobilier archéologique issu d’une même action, naturelle ou anthropique (épandage, déplacement par colluvionnement, mobilisation agricole, vestiges de destruction...), sans cohérence immédiate en dehors de l’action de « rupture » (taphonomie) ;
- le **site** (ou entité) – vestiges d’occupation locale (de la simple structure créée – tombe, cabane, dépôt – à l’agglomération d’éléments organisés – nécropole, sanctuaire, complexe agricole, hameau, ville, place forte...), définis à travers une cohérence spatiale **et** temporelle : *i.e.* sur un même espace, peuvent coexister plusieurs « sites » ou « entités » successives identifiées par la fouille ou le diagnostic (sondages / stratigraphie) – on parlerait d’**archéofaciès** ;

- le **territoire** – défini comme un ensemble, cohérent sur le plan spatial et temporel, de « sites » ou « entités » identifiées archéologiquement comme relevant de l’organisation d’un même système économique et/ou politique (terroir, territoire / cité, domaine...) – on parlerait d’**archéosystème**.

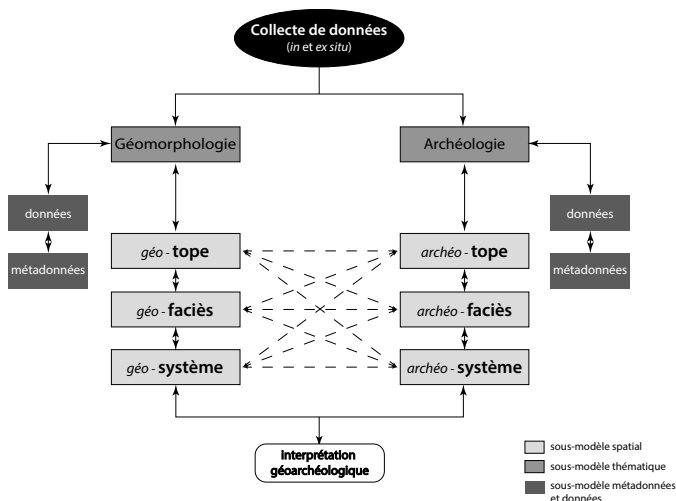
Sur le plan analytique, ces trois niveaux correspondent à trois unités géomorphologiques – microforme, mésoforme, macroforme – que l’on peut aisément transposer également en archéologie sous forme d’échelles de « signatures » :



L’architecture générale apparaît de ce fait pouvoir se structurer de façon identique d’une discipline à l’autre, les opérations de même type (prospections de terrain) pouvant se calibrer *a priori* en unités d’enregistrement [UE], qu’elles soient synchrones ou non, sans proscrire une observation différente selon la discipline, sauf à considérer l’observation d’un phénomène en tant que signifiant. Trois niveaux peuvent ainsi être identifiés, du plus petit à différents types d’assemblages :

- la **séquence** : niveau d’**acquisition** de données brutes avec descriptif de localisation, d’identifiant, etc. ; elle prend en compte les méthodes et les types d’acquisition pour alimenter la base d’information primaire ;
- le **site** (ou entité) : niveau de **traitement** ou de débouchés, correspondant à des descriptions à l’échelle sédimentaire –pédosédimentaire en archéologie : il s’agit d’observations d’ordre « immatériel » (analyses sédimentaires, traitements des relevés, étude céramologique, etc.) ;
- le **paysage** : niveau d’**interprétation** (paléoenvironnement, territoire organisé), résultat de différents assemblages et emboitements des niveaux précédents.

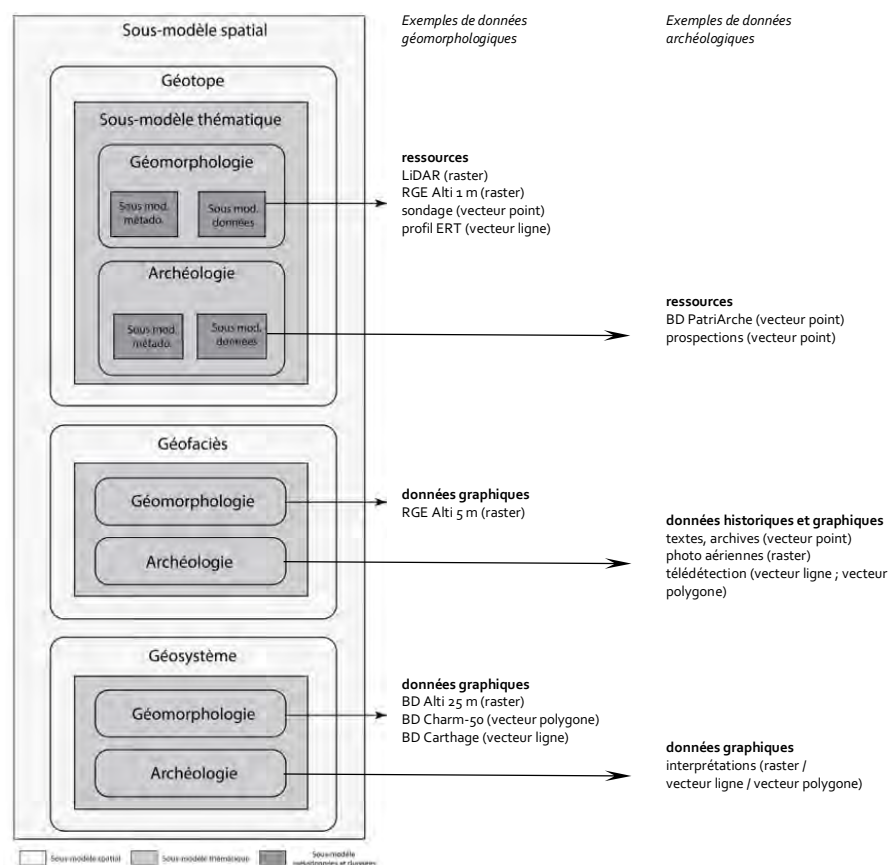
Toutefois, si certains types d’opération peuvent être communs à l’archéologie et à la géomorphologie, il apparaît clairement que les attendus et les données relevant de la géomorphologie (par sondages, résistivité géophysique sur une ligne de résolution moyenne, ou tout simplement relevés LiDAR) lui sont spécifiques et ne répondent pas directement aux attendus de l’archéologie. De façon similaire, il importe de prendre en compte la précision en termes de positionnement spatial des données, qui diffère selon les 3 échelles et les disciplines.



230– Schéma de collecte et d’enregistrement communs des données [© T. Piau 2020]

Il en va de même des temporalités, dont la définition, la signification et la précision varient également selon les échelles. Il importe de ce fait de distinguer dans l'architecture ce qui provient de l'une ou l'autre des disciplines tout en prévoyant des relations à toutes les échelles [fig. 230].

L'inventaire des types de représentation spatiale effectué à ce stade conduit à établir les relations sous forme de trois tables conteneurs avec des formes de représentation différentes (point / ligne / polygone), que les données, identifiées par des clés primaires, vont appeler en fonction des besoins ou requêtes à l'aide de clés étrangères. Une liste de « concepts » – qui figure dans un classeur et dont les niveaux peuvent se multiplier au besoin – permet de définir les relations et d'effectuer les jointures [fig. 231].



231- Schéma d'enregistrement commun et des géométries associées [© T. Piau 2020]

– Modèle structurel des données –

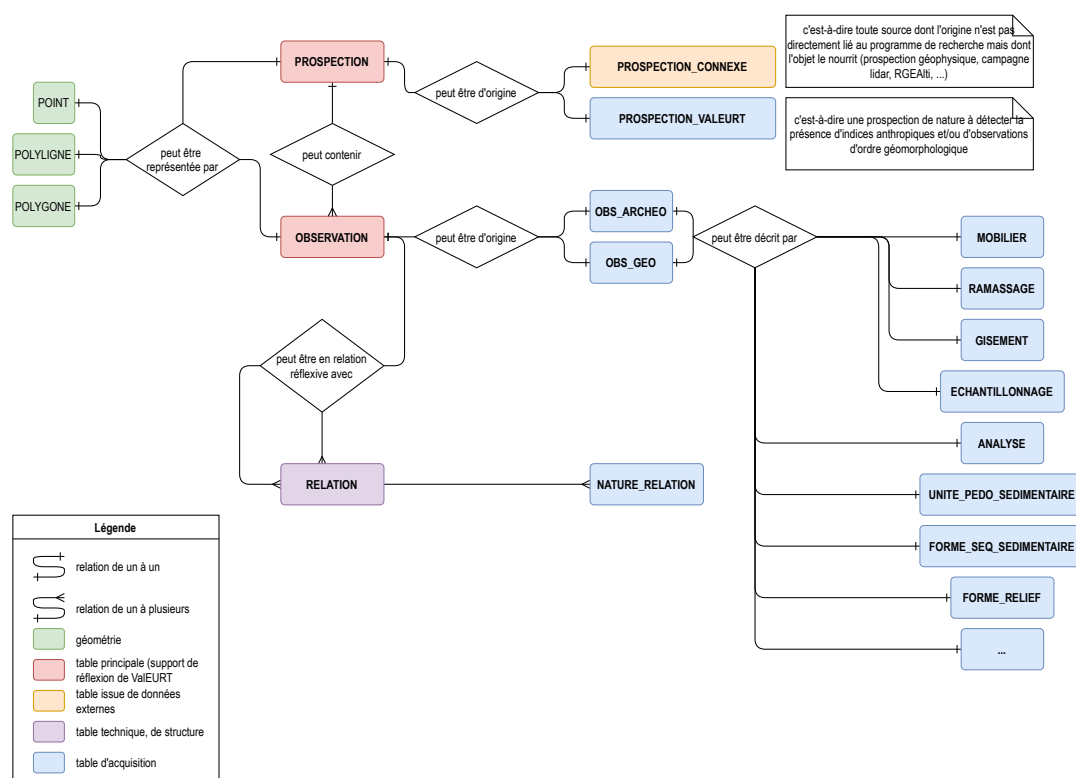
[Caroline Font]

Les relations entre les communautés humaines et leur environnement peuvent être résumées par la notion de « paysage culturel ». La définition de ce dernier doit s'appuyer sur des données les plus objectives possibles sans postulat de départ. Ainsi, 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 est nécessaire de définir et de tester des contraintes de différentes natures pour influencer les modèles générés.

En ce sens, la modélisation peut éventuellement s'envisager sous la forme d'un « réseau ». Le réseau est une structure qui permet la pondération de tel ou tel paramètre et d'en changer ainsi le centre de gravité et la forme. 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.

Il est important de considérer la possibilité que certaines contraintes intangibles (contraintes culturelles par exemple) influencent les modèles. Ce constat nous oblige à tenir compte de la notion d'aléas dans les modèles produits. Afin de mettre en évidence des relations qui ne seraient pas *a priori* modélisées dans la structure de la base de données, il est possible de considérer ces dernières *a posteriori*. En effet, l'ajout d'une **table de relation** permet de collecter l'ensemble des relations nécessaires à un instant T entre différentes entités de la base de données. L'étude et l'analyse de ces relations *a posteriori*, c'est-à-dire après l'acquisition et la définition des relations existantes, pourraient permettre la mise en évidence de « schémas relationnels » qui n'auraient pas été anticipés en amont [fig. 232].



232– Modèle structurel de données [C. Font 2020]

III – La constitution de la base de données attributaire et spatiale d'enregistrement des données

[Caroline Font]

La formalisation du processus de production d'information dans le cadre particulier du PCR a permis de mettre en place une structuration et un référencement des différents types de données à l'interface entre les Sciences de la Terre, de l'Environnement et de la Société, de manière à ce qu'ils soient interopérables. Cette structuration est passée 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.

Au sein de cette structure, l'implémentation des rubriques doit résister à l'expérience. Des fiches d'enregistrement différenciées ont été établies pour chaque domaine (cf. *supra*). La formalisation des processus

de travail et la vérification de la viabilité des fiches sur le terrain ont été étroitement associées à l'établissement d'une stratégie d'acquisition et de traitement des données primaires en vue d'aider à la caractérisation et à l'analyse prédictive de l'espace étudié.

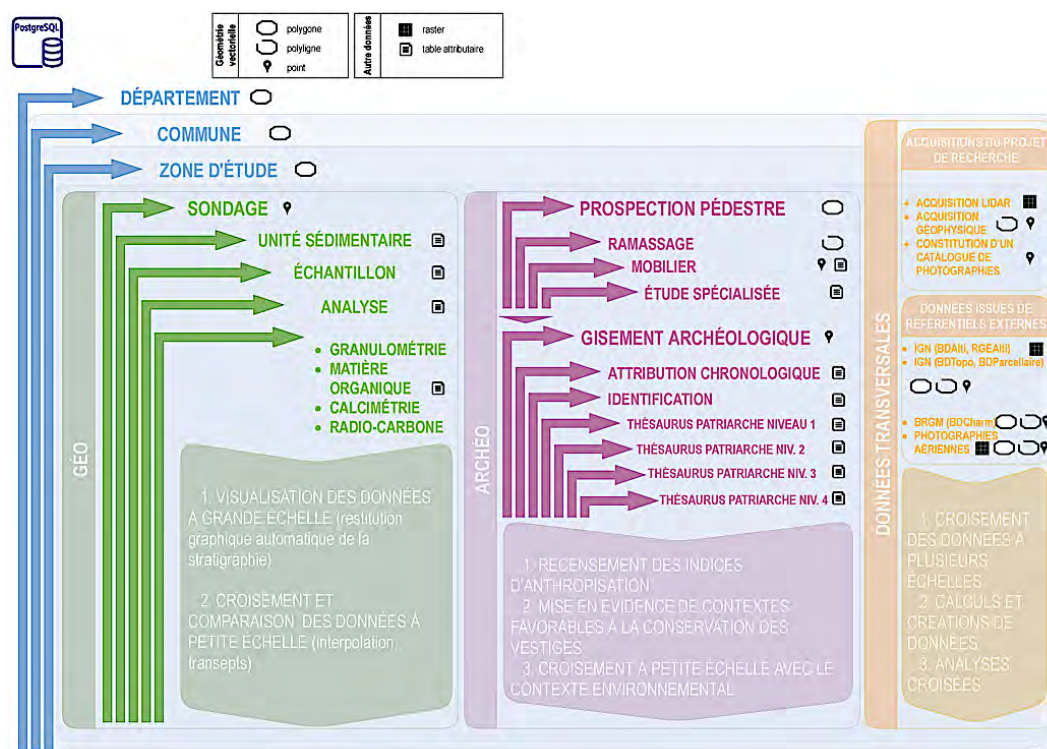
– Structure générale de la base de données (schéma simplifié) –

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. 233] :

- 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).



233– Structure de la base de données attributive et spatiale [réalisation C. Font 2021]

– Le volet dévolu aux sciences de la Terre –

Dans la suite des réflexions précédentes, 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 d'un point et d'une table attributaire « **sondage** » qui 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-IGN69). 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 « **unitesedimentaire** ». 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-IGN69). Là aussi, deux champs complètent la table : un texte libre de commentaire et surtout une clé étrangère d'attribution à un sondage donné.

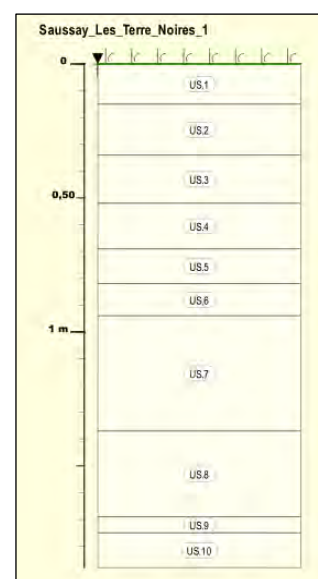
Un ou plusieurs échantillons, ou prélèvements sédimentaires, sont ensuite réalisés au sein des unités sédimentaires définies et sont décrits dans la table attributaire « **echantillon** » qui se décompose en 8 champs différents : outre son identifiant unique (clé primaire), la méthode d'échantillonnage, sa profondeur maximale et minimale par rapport à la surface du sondage, son altitude maximale [toit] et minimale [base] (selon le référentiel NGF-IGN69). 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.

The screenshot shows the 'log - Attributs d'entités' window for the 'unitesedimentaire' layer. It is divided into several sections:

- IDENTIFICATION:** Fields for 'ID Sondage' (dropdown), 'ID US' (text), and 'Nom' (text).
- DESCRIPTION:** Fields for 'Couleur' (text), 'Texture (niveau)' (text), 'Texture (surface)' (text), 'Granulométrie' (text), and 'Compacité' (text).
- MESURES:** Fields for 'Profondeur maximale (m)' (text), 'Profondeur minimale (m)' (text), 'Épaisseur (m)' (text), 'Altitude maximale (niveau NGF-IGN69) (m)' (text), and 'Altitude minimale (niveau NGF-IGN69) (m)' (text).
- Commentaire:** A large text area at the bottom.

234- Structure de la table attributaire du volet dévolu aux Sciences de la Terre [réalisation C. Font 2021]



235- Log 2D généré dans QGIS à partir des données géomorphologiques [© T. Piau, C. Font 2022]

Les résultats des analyses selon leur type prennent place dans une table dédiée, chaque type étant identifié par une clé primaire de l'analyse générale (*supra*) et de l'analyse spécifique [fig. 234] :

- 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 « **matiereorganique** », spécifiant le pourcentage de matière organique ;
- la table « **calcimetrie** », spécifiant le pourcentage de carbonate de calcium ;
- la table « **carbone14** », 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 [fig. 235].

L'ensemble des données acquises est 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, deux sources de données ont été mises en évidence.

• 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.

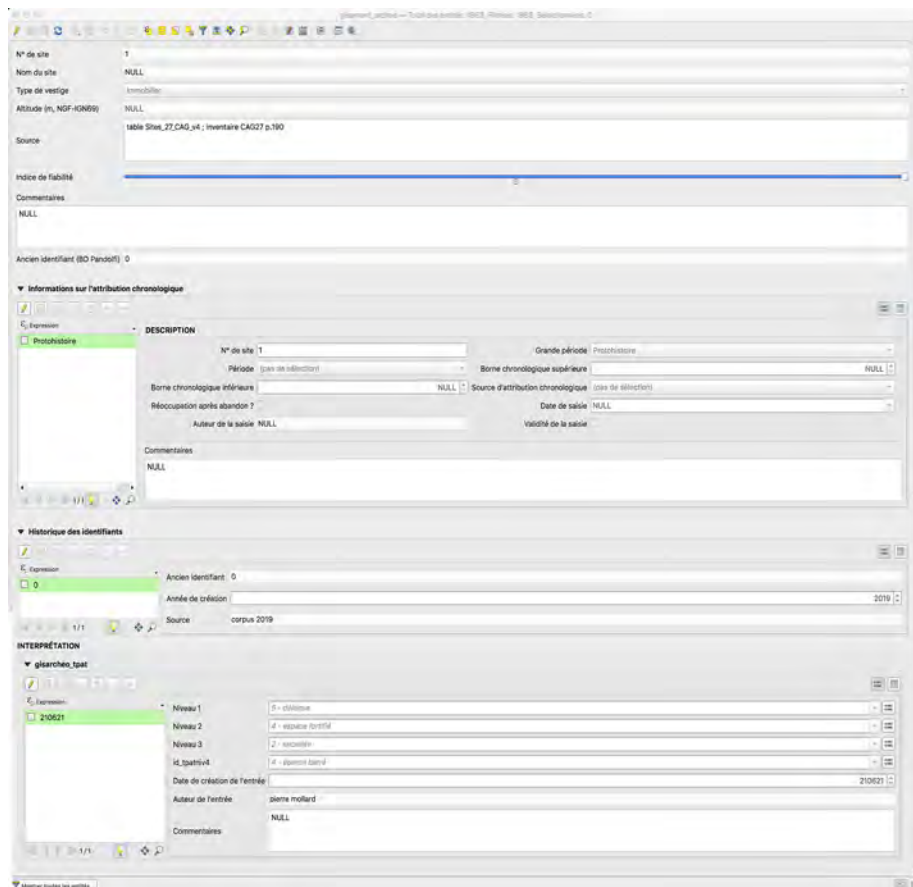
L'analyse croisée des données issues des prospections pédestres et des inventaires archéologiques existants permet de préciser ce qui a été défini comme un « gisement archéologique ». Cette notion avait déjà été amenée dans le précédent rapport [Rapport 2020 : 42] comme une observation subjective faite 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 surfaces, voire de lignes 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 « **gisementarcheo** » est par conséquent structurée à l'aide de 10 champs différents : outre l'identifiant unique du « gisement » (clé primaire) et sa géométrie (point, polyligne, polygone EPSG 2154), ils concernent le type de vestige rencontré (mobilier, immobilier ou les deux), le nom du gisement, son altitude (selon le 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 « **histidgisementarcheo** » 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-périodes. 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 de 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, viennent le nom de l'auteur et la date de la saisie, ainsi qu'une clé étrangère d'attribution à un gisement donné.

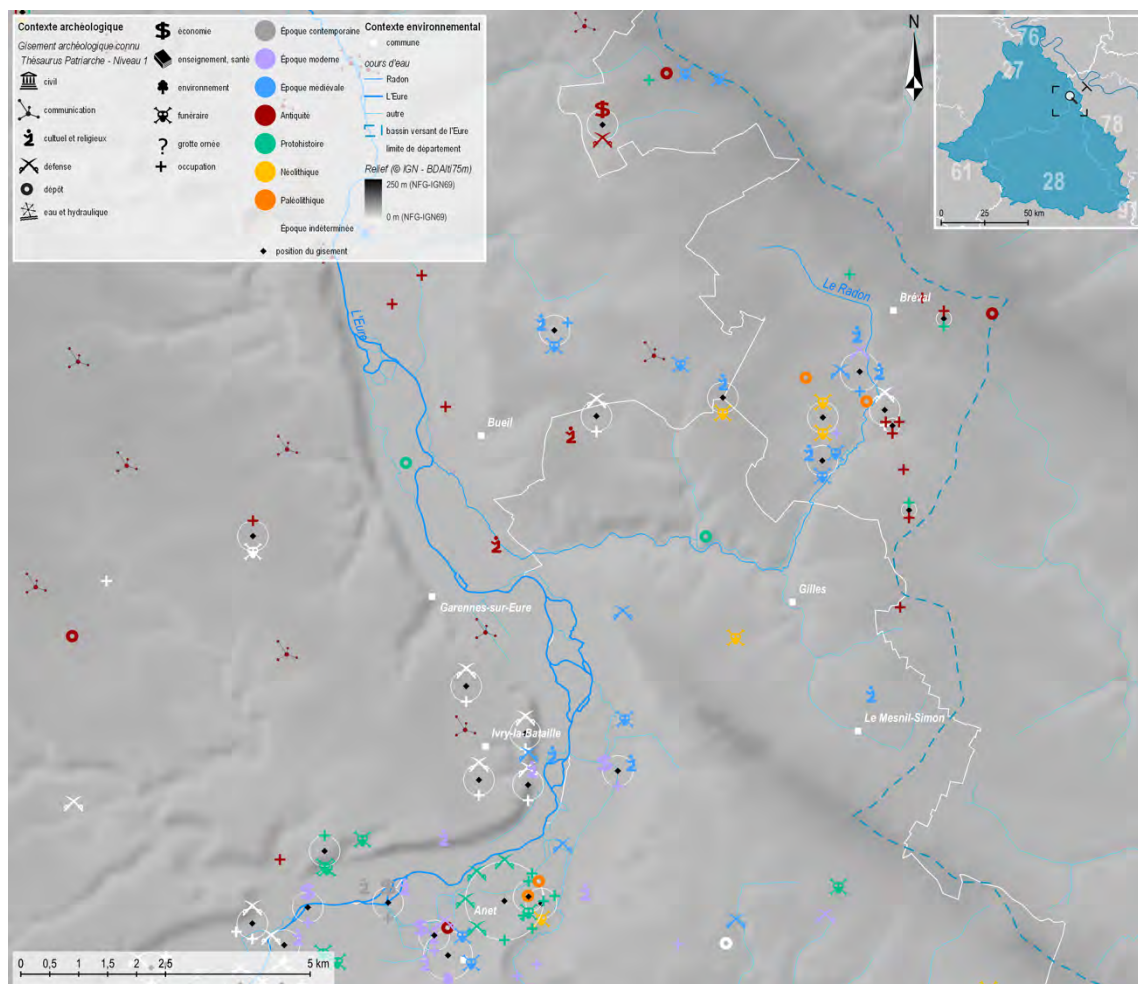
Les grandes périodes et périodes s'appuient sur les thésaurus déjà constitués par les services de l'État au sein de la base de données Patriarche. Il en est de même pour les termes qui permettent, dans la base, de décrire chaque gisement selon quatre niveaux de description. Les quatre niveaux de description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



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

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. 236].

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. 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. 237].



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

IV – Objectifs d'analyse & modélisation des paysages [Théophile Piau]

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 a été de fournir un ensemble cartographique homogène et, à terme, de permettre d'affiner la comparaison, à une échelle régionale, entre la distribution actuelle des gisements archéologiques, leur position topographique dans le paysage et les formations superficielles quaternaires (argile à silex, loess, colluvions, alluvions).

– Les archives cartographiques et historiques –

Un inventaire et un dépouillement exhaustif des archives cartographiques et historiques disponibles à l'échelle de la vallée de l'Eure a été menée. Elle concerne :

- les cartes géologiques au 1/50 000^e,
- les cartes géomorphologiques au 1/50 000^e,
- les cartes topographiques au 1/25 000^e,
- les sondages géotechniques de la BSS (BRGM),
- la carte de Cassini (XVIII^e siècle),
- les planches du cadastre napoléonien (XIX^e siècle),
- les cartes d'État-major (XIX^e siècle),
- les orthophotographies de l'IGN.

La carte géologique au 1/50 000^e a permis d'aborder la nature, l'âge et l'extension des formations fluviales. Identifiées par la lettre « F » et classées des plus anciennes aux plus récentes (Fx, Fy, Fz, etc.) selon leur altimétrie, ces données s'avèrent toutefois souvent approximatives et se doivent d'être affinées par un travail de terrain. La carte géomorphologique au 1/50 000^e, dont la légende est tirée de la méthode RCP 77 [Joly, Tricard 1972], est un outil complémentaire à la carte géologique. Elle a pour finalité de faire figurer, sur un fond topographique, les différents types de formations superficielles, les formes, les modelés et les processus à l'origine de leur genèse (*i.e.*, dynamiques éoliennes, fluviales, périglaciaires, etc.).

Une série de cartes géomorphologiques a été publiée par Yvette Dewolf sur la vallée de l'Eure et les plateaux adjacents. Les sondages géotechniques du BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), réalisés dans le cadre de prospections de gisement de granulats et de travaux privés (*e.g.*, puits, urbanisme), renseignent quant à eux sur la nature, l'épaisseur et l'âge (relatif) des formations superficielles. Ces données parfois anciennes 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 du BRGM a été recensé. Seuls ceux localisés dans le fond de vallée de l'Eure ont fait l'objet d'une attention particulière afin d'identifier l'altitude du substratum crayeux et d'estimer l'épaisseur du remblaiement alluvial. Les attributions chronologiques et les descriptions des faciès sédimentaires holocènes sont toutefois souvent imprécises.

Enfin, l'analyse diachronique et comparative des cartographies historiques (*i.e.*, cadastre napoléonien, État-major et Cassini) et des orthophotographies de l'IGN permettent de retracer, avec une précision elle aussi limitée pour les documents cartographiques les plus anciens, l'évolution paléohydrographique de l'Eure depuis le XVIII^e siècle. L'orientation du parcellaire et les toponymes mentionnés sur les feuilles du cadastre napoléonien apportent également une information non négligeable sur les modalités de l'occupation du sol (*i.e.*, zones humides, zones boisées) ou encore sur le réseau de moulins.

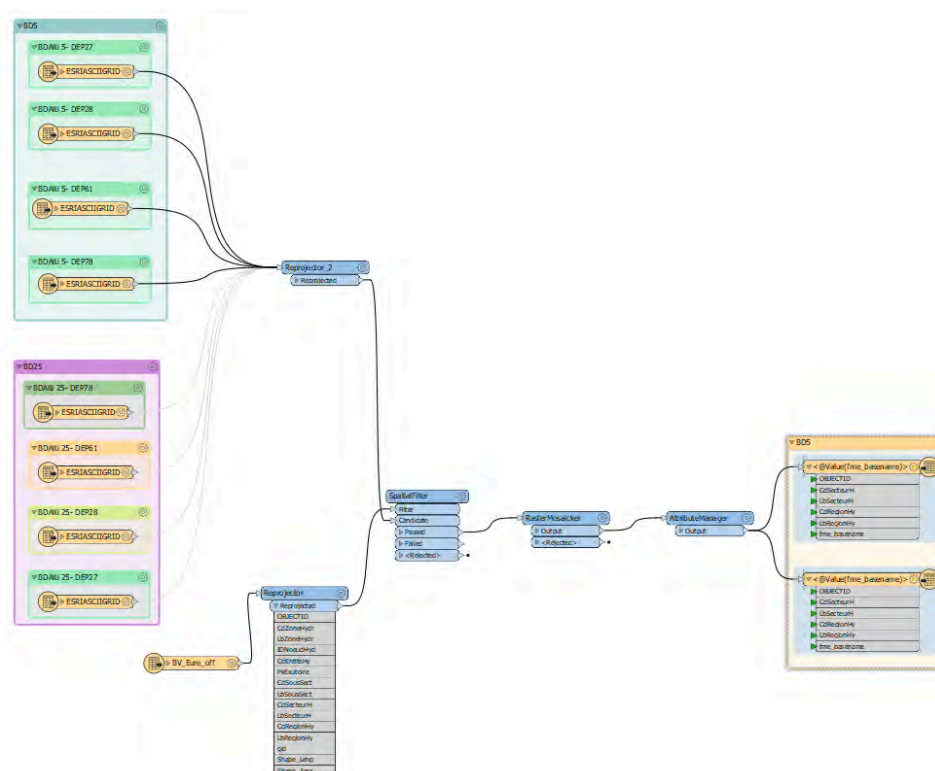
– Traitements automatisés des Modèles Numériques de Terrain de l'IGN (BD Alti 25 m) –

Les données altimétriques fournies par l'IGN (BD alti 50 et 25 m, RGE Alti 1 et 5 m) offrent une vision d'ensemble du territoire investigué. Elles permettent d'analyser la topographie des grande unités géo(morpho)logiques de la vallée de l'Eure et d'optimiser le travail de prospection sur le terrain. En premier lieu, le choix a été fait de se focaliser sur les données topographiques à haute résolution de l'IGN (RGE Alti 1 et 5 m). Il réside dans le fait de pouvoir individualiser rapidement, *via* des traitements statistiques simples réalisés sous un 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 (*e.g.*, 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 volumineux et durée des traitements statistiques longue – pour réaliser des analyses à plus large échelle telle que celle du bassin-versant de l'Eure, ou identifier d'éventuels gisements archéologiques. Un traitement automatisé des fichiers rasters de la BD Alti 25 m de l'IGN a par conséquent été nécessaire. L'ambition de cette démarche visait, à terme, à affiner la comparaison entre la distribution actuelle des gisements archéologiques, leur position topographique dans le paysage et les formations superficielles quaternaires (argile à silex, loess, colluvions, alluvions).

Cette réflexion s'est déroulée en deux temps, avec : (1) un téléchargement systématique, sur le portail Géoservices de l'IGN [<https://geoservices.ign.fr/telechargement>], des fichiers rasters de la BD Alti 25 m pour les départements de l'Eure (27), de l'Eure-et-Loir (28), des Yvelines (78) et de l'Orne (61) afin de couvrir l'ensemble du bassin-versant de l'Eure, et (2) la réalisation d'une chaîne de traitements automatisés via Feature Manipulation Engine (FME) afin de faciliter et de réduire la durée des analyses statistiques [fig. 238].

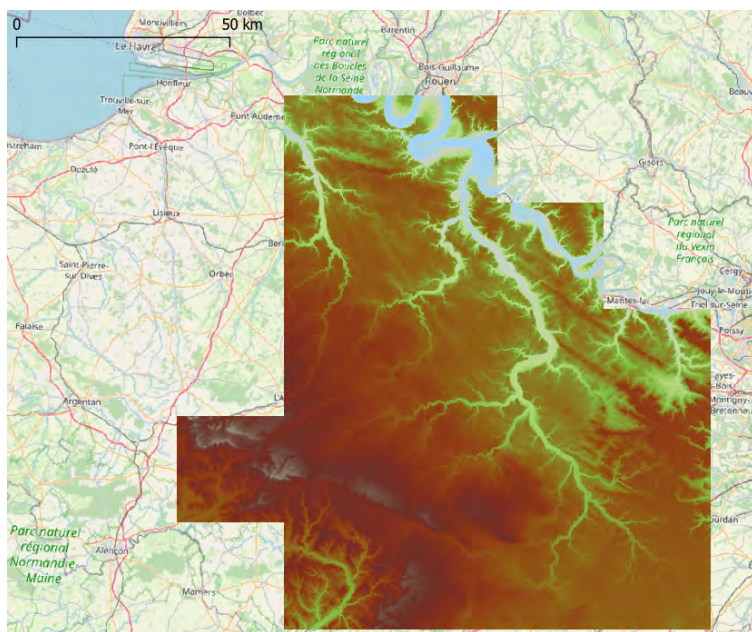
La chaîne de traitements s'est décomposée en cinq étapes successives :

1. l'intégration des fichiers rasters de la BD Alti 25 m de l'IGN des quatre départements concernés (27, 28, 78 et 61) et d'un fichier .shp des limites générales du bassin-versant de l'Eure ;



238– Chaîne de traitements FME, découpage et assemblage du MNT [d'après Deconinck, Ribbe 2021]

2. la projection des différentes entités dans le système (EPSG :2154) propre au territoire national (*Reprojector*) ;
3. le découpage des fichiers rasters de la BD Alti 25 m de l'IGN sur les limites générales du bassin-versant de l'Eure (*Spatialfilter*) ;
4. la fusion des fichiers rasters de la BD Alti 25 m de l'IGN et la suppression des éventuelles superpositions de dalles (*RasterMosaicker*) [fig. 239] ;
5. la gestion des attributs du Modèle Numérique de Terrain (MNT) nouvellement créée (*Attribute Manager*).

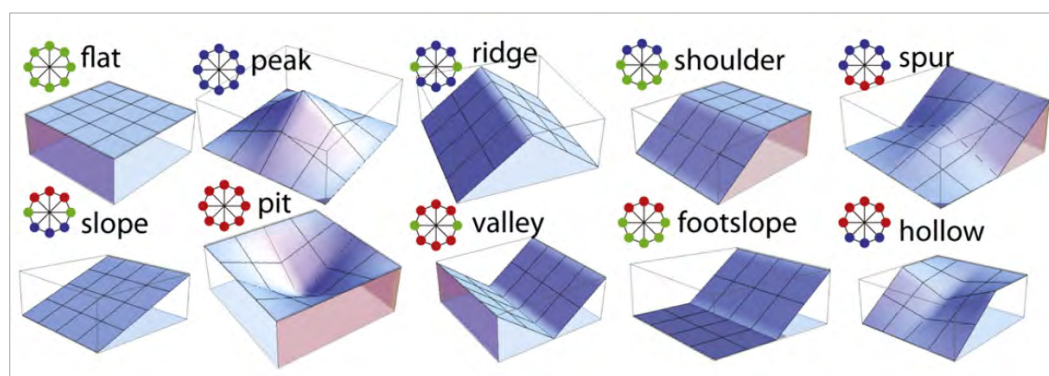


239– *Modèle Numérique de Terrain* créé à partir des fichiers rasters de la BD Alti 25 m de l'IGN sur fond d'OpenStreetMap. Il couvre l'ensemble du territoire étudié : le bassin-versant de l'Eure. À terme, les traitements automatisés concerneront aussi les fichiers rasters RGE Alti 5 m et 1 m de l'IGN [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 [Jasiewiczza, 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 phonotypes » [fig. 240].

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 ».

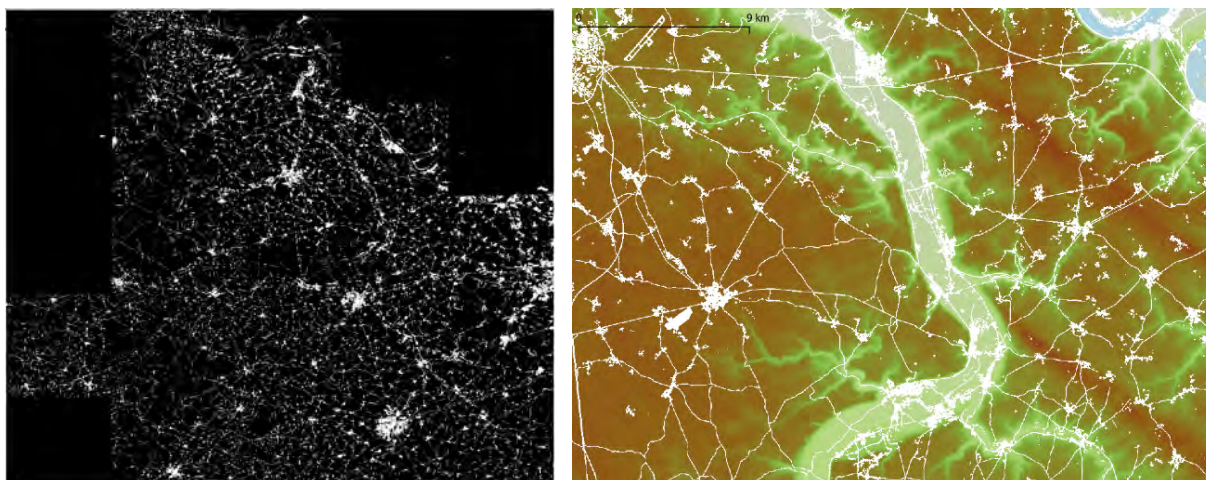


240– Les dix grandes unités morphologiques individualisées par l'outil « Geomorphons » [d'après Jasiewicz, Stepinski 2012]

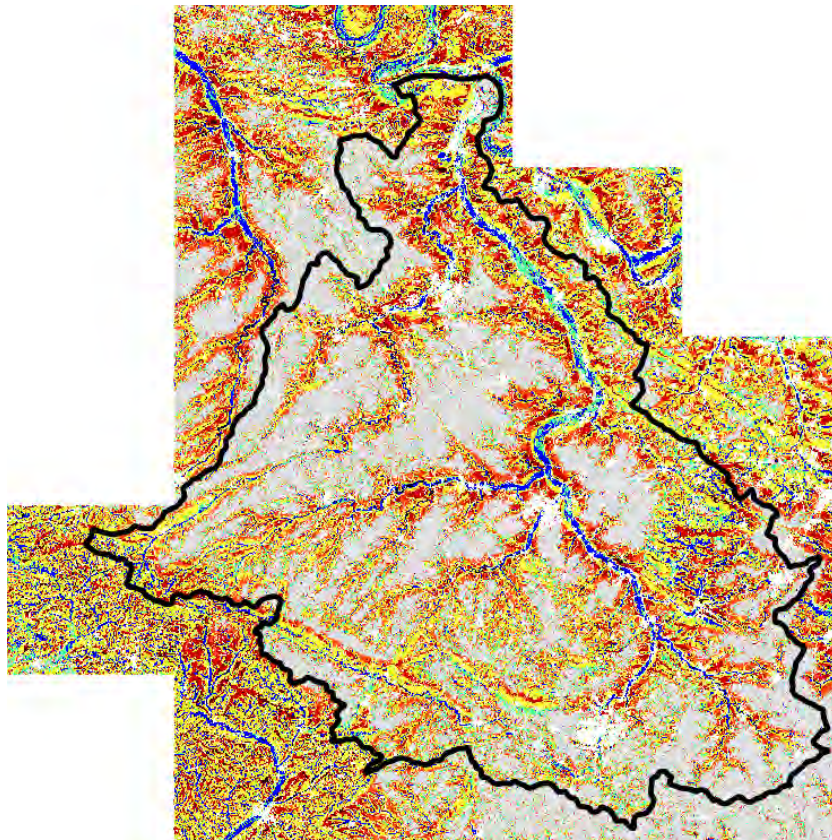
Cette première étape s'est déroulée en six temps :

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

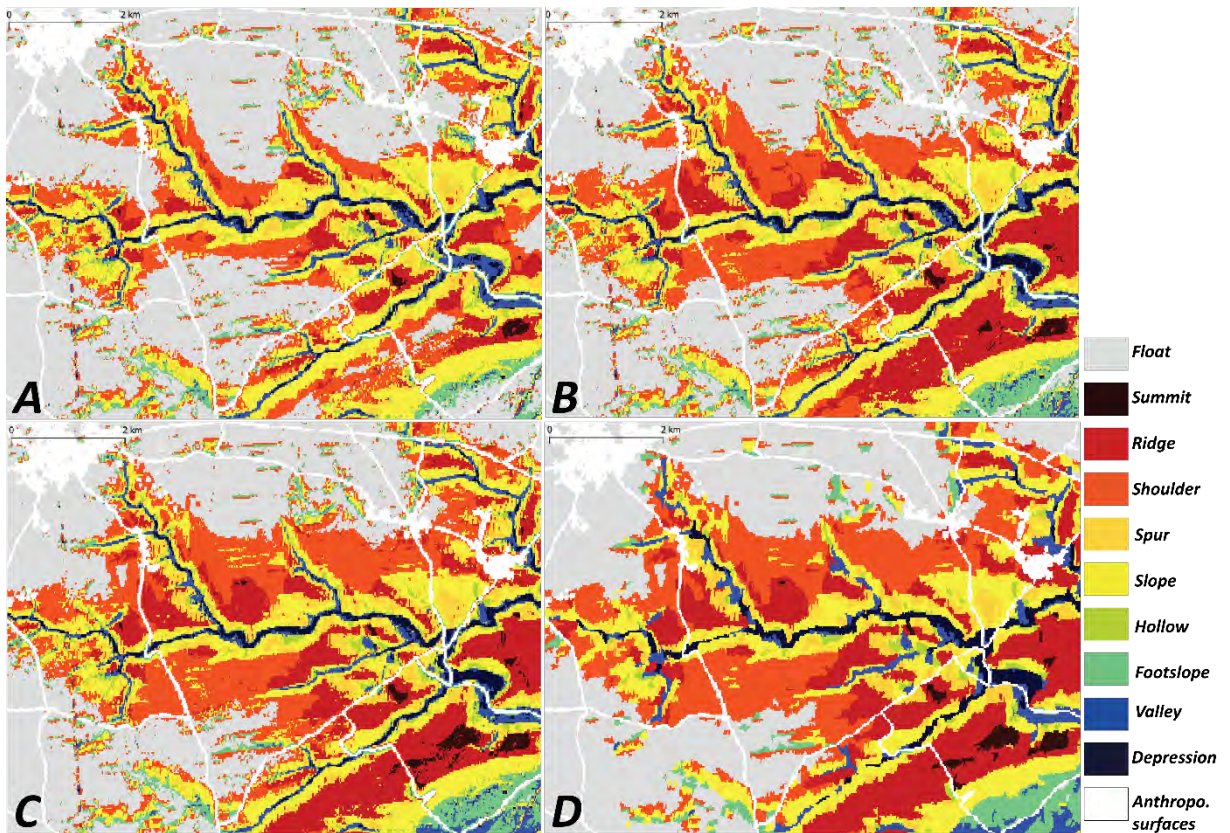
L'outil « Geomorphons » a par la suite été mis à contribution afin de caractériser automatiquement les formes de relief du bassin-versant de l'Eure. Plusieurs rayons de recherche (valeur L oscillant entre 20, 40 et 60) pour un seuil de planéité de 1° ont ainsi pu être éprouvés. Afin d'homogénéiser la 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 [fig. 241-244].



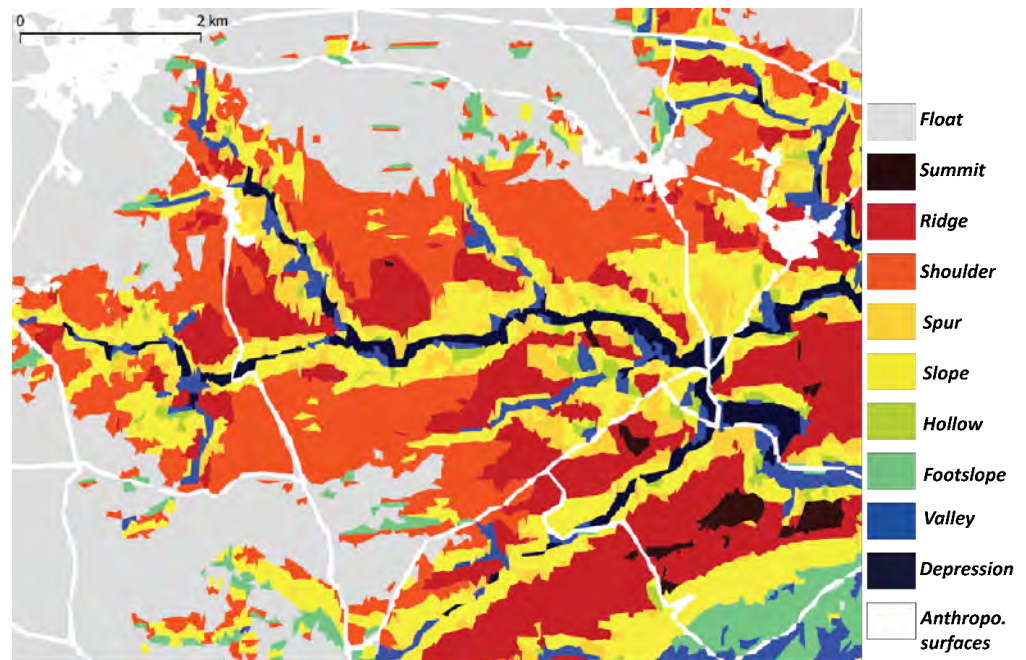
241– À gauche, les « surfaces anthropiques » (en blanc) ont été rasterisées puis fusionnées à l'échelle du territoire étudié. À droite, fusion du MNT du territoire étudié avec celui des « surfaces anthropiques » (i.e. no data en blanc) [d'après Deconinck, Ribbe 2021]



242– 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. 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]



243– A. Rayon de recherche $L = 20$, seuil de planéité $t = 1^\circ$. B. Rayon de recherche $L = 40$, seuil de planéité $t = 1^\circ$. C. Rayon de recherche $L = 60$, seuil de planéité $t = 1^\circ$. D. Rayon de recherche $L = 60$, seuil de planéité $t = 1^\circ$, seuil de tamisage de 10 [réalisation T. Piau 2021]



244- Vectorisation sous forme de polygones de la cartographie automatique des formes de reliefs. Rayon de recherche $L = 60$, seuil de planéité $t = 1^\circ$, seuil de tamisage de 10 [réalisation 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.

V – Plateforme collaborative

[Caroline Font, Fabienne Dugast]

La visualisation des données est désormais possible pour l'ensemble de l'équipe partant au projet via le Sharedocs administré par la Très Grande Infrastructure de Recherche des Humanités Numériques appliquées aux Sciences humaines [TGIR-Huma-Num (consortium AAP)]. L'ensemble des données spatiales et attributaires prennent ainsi place dans une base de données relationnelle hébergée sur un serveur PostGreSQL avec l'extension PostGIS administré par la TGIR Huma-Num et permet par conséquent la production cartographique et figurative à partir de données communes qui s'organisent selon les trois volets définis plus haut afin de permettre un croisement et une interaction entre les problématiques :

- 1/ 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) ;
- 2/ 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) ;
- 3/ un volet transversal, commun aux deux précédents, constitué de données à d'autres échelles : géophysique, Lidar, données institutionnelles.

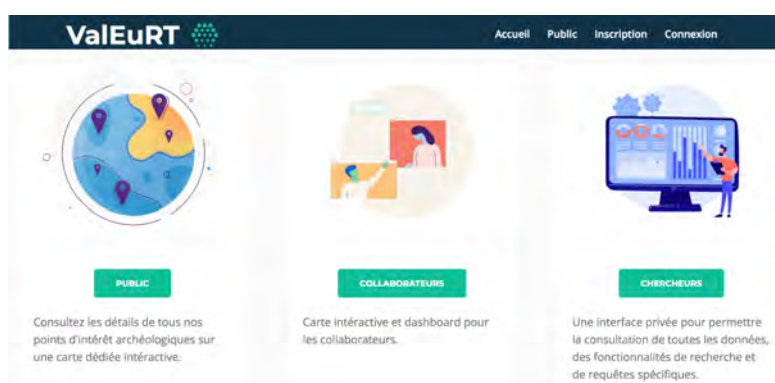
L'interface web interne est directement alimentée par cette base de données. L'analyse des informations, leur croisement et leur éventuelle généralisation prend appui sur l'enregistrement le plus exhaustif possible des observations faites sur le terrain d'étude. À ce stade, il est clair que de nouvelles réflexions sur la structure des données pourront émerger par la suite : la trame générale reste opérationnelle et peut être basculée sur un support web et en mode interactif.

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 hackathon (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. Au-delà de la création d'un outil numérique dédié, il offre en effet 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.

Ce partenariat, qui permet de déployer des solutions *OpenSource*, s'est poursuivi et développé en 2022. Quelques fonctionnalités sont d'ores et déjà mises en place, notamment pour assurer une visibilité spatiale des données selon trois interfaces différentes [fig. 245] :

- ✓ 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, a été mise en place une fiche spécifique permettant la saisie directe de données ;



245– Les trois accès proposés sur le portail ValEuRT [© Simplon – Marine Cagnacci & Brandon Sauvat 2022]

- ✓ une interface en **science participative** dédiée aux collaborateurs et acteurs « non-scientifiques-professionnels » en leur offrant un espace relais de partage.

La première phase de transfert s'est focalisée sur la partie « publique », pour envisager une première mise en ligne et une visualisation cartographique des données accessible à tous, par une localisation sommaire des gisements inventoriés. Deux requêtes ont été envisagées à ce titre : une localisation par concentration de gisements, qui résulte d'un calcul de proximité et qui a paru très intéressant dans l'optique d'une analyse en termes de dynamique d'occupation du sol hors champs administratif actuel ; et une localisation par commune – dans l'optique de soumettre cet outil en construction aux administrations territoriales, mais à la faisabilité moins évidente.

Cette interface doit être complétée et englober d'autres requêtes ainsi que des fonctionnalités de type *dashboard*. Elle est envisagée sous la forme de deux « briques » principales : outre la 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 proposant une localisation large sous forme de points, une seconde brique de consultation des bases de données elles-mêmes est en construction, avec accès aux fonds documentaires : iconographie, données historiques d'archive, références bibliographiques...

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 en effet de permettre une visualisation des données descriptives qui ne possèdent pas nativement une géométrie. En ce sens, 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...).

Le développement des deux autres interfaces est en cours, comprenant la mise à jour à distance des données issues conjointement de l'archéologie et de la géomorphologie et la possibilité d'ajouter des documents iconographiques en ligne pour toutes questions liées aux problématiques collaboratives avec des mécanismes de validation avant publication. Un travail d'implémentation 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.

VI – Bilan et perspectives

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 constitué une phase importante dans le processus de structuration de l'outil. Elle a permis 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 a été – et l'est toujours 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 en 2021 : Hippolyte Deconinck et Paulin Ribbe, étudiants à l'École Nationale des Sciences

géographiques (ENSG), et Pierre Mollard, étudiant en M2 à Sorbonne Université, provenant 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). Celle-ci a été prise en charge grâce à un partenariat avec l'École de codeurs Simplon (Charleville-Mézières) et deux apprenants qui ont également rejoint l'équipe dans le cadre d'un stage d'apprentissage d'un mois en 2022 : Marine Cagnacci et Brandon Sauvat.

La structuration et le 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 constitue l'un des enjeux majeurs de l'outil. L'objectif principal a été en effet d'intégrer de manière effective la variable géologique et géomorphologique aux recherches archéologiques, de sorte à pouvoir mettre en lumière les déplacements, les ruptures et les continuités, témoins de l'évolution diachronique du secteur étudié sur le temps long. Il a été également de structurer et de référencer les données pour qu'elles soient interrogeables facilement en fonction des besoins et objectifs de chacun. Il vise désormais à faciliter la lecture et l'ajout de nouvelles informations aux données anciennes. Cet outil se place ainsi dans une démarche d'inventaire du patrimoine géoarchéologique qui doit venir l'alimenter et dont la finalité, à plus long terme, est la fabrication d'un « commun » numérique territorial. Enfin, la pérennité et la sécurité de la donnée devra être assurée par un hébergement sur Nakala (TGIR Huma-Num).

Partie V

Bilans et perspectives

Les éléments recueillis sur l'ensemble du bassin versant de l'Eure durant la première triennale (2020-2022) ont permis de consolider les objectifs fondamentaux du PCR en confirmant le potentiel archéologique de la zone d'étude définie en amont et en abordant les premiers développements d'une approche géomorphologique et géoarchéologique en collaboration avec l'Umr 8586 PRODIG (Université Paris Cité). À l'inverse des approches courantes en effet, le PCR a tendu à considérer les arguments pertinents que peuvent apporter ensemble l'archéologique et l'étude de la morphologie du territoire dans une stratégie commune d'acquisition et de traitement des données. Une phase importante a ainsi consisté à effectuer une analyse du contexte géomorphologique sur l'ensemble du secteur de la moyenne vallée de l'Eure, de manière à pouvoir réaliser une première étude sur les impacts des processus géomorphologiques quaternaires dans la distribution actuelle des gisements archéologiques et un premier zonage des potentialités géoarchéologiques et paléoenvironnementales [*supra*]. À l'issue de cette première étape, des pistes exploratoires ont pu se dessiner, ouvrant le champ à des questionnements interconnectés à la charnière entre archéologie, géomorphologie et géosciences, dans une perspective première de recherche fondamentale : reconstituer la trajectoire socio-environnementale de la vallée au cours des dix derniers millénaires et déterminer la part des forçages climatiques et anthropiques dans l'évolution des paysages.

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. 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 Vilette » 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.

Le projet s'est ainsi placé volontairement dans le développement d'une approche intégrée dont l'objectif est de faciliter les transgressions disciplinaires et institutionnelles pour ouvrir sur des thématiques de recherches en lien avec les diversités de réponses selon les domaines et techniques sollicités.

Tout au long de cette 1^{ère} triennale ([2019]2020-2022), l'objectif du PCR s'est par ailleurs clairement défini en termes méthodologiques. Plus qu'un simple inventaire des sites archéologiques que la géoarchéologie n'aurait permis que de contextualiser, l'équipe projet a ainsi envisagé les potentialités conjuguées de la géomorphologie pour mieux appréhender les évolutions de l'environnement général de la portion médiane de la vallée en réaction – plus qu'en interaction – avec les aménagements anthropiques. Pour ce faire, elle a développé une réflexion sur la mise en place de protocoles d'études et d'approches intégratifs du territoire, tenant compte aussi bien de la topographie et des paysages actuels que de leurs transformations, dont la dynamique de peuplement à la fois dépend et en est la cause.

Pour développer, compléter et consolider cette première nomenclature méthodologique, une 2^{ème} triennale [2023-2025] est envisagée dans la suite des deux actions prédéfinies en interactions l'une avec l'autre : approche géoarchéologique multiscalaire [Action I] et approche en réseau [Action II], de manière à aborder concurremment les signatures de l'évolution du paysage, de son occupation et de son anthropisation, à différentes échelles spatiales et temporelles, et leurs **nécessaires** imbrications [Action III] :

- de la structuration d'un « habitat » local – entendu comme l'association d'une implantation humaine et de son « milieu de vie » intrinsèque, qui peut se décliner sous diverses facettes [Garmy 2002 ; Gandini 2006],
- à sa relation à un réseau géographique cohérent – défini comme son « environnement » général, en termes d'interactions plus qu'en termes d'unité paysagère,
- en passant par l'établissement d'un réseau administré et contrôlé – en réponse aux dynamiques du réseau de peuplement, *i.e.* d'emprise, d'organisation, de fonctionnement des territoires ou paysages au sens large, qu'ils soient anthropisés ou pas,
- jusques et y compris le « risque » archéologique associé – dans l'actuel, défini comme « héritage ».

La démarche méthodologique amène notamment à développer, sur les 3 années à venir, le calibrage des signatures, qu'elles soient paléoenvironnementales, géomorphologiques ou archéologiques, et leurs combinaisons en vue de mieux maîtriser l'impact des conditions naturelles sur l'enfouissement ou la dissimulation, voire le déplacement des vestiges. Le bassin agricole, moyennement peuplé ($\pm 20\%$ de zones urbanisées contre 70% de terres agricoles) induit en effet une visibilité *a priori* des translations potentielles entre parcelles actuellement exploitées, friches, prairies, zones humides, couvert forestier qui se modulent au cours du temps. Ce contexte particulier permet de mettre l'accent sur les aspects aussi bien morphologiques que

biologiques des paysages actuels et, à terme, de restituer les emboîtements spatiaux et chronologiques des interventions humaines. L'ensemble des actions envisagées viseront à mesurer l'adéquation entre l'image de surface obtenue par un signal donné, de quelque nature qu'il soit, et la réalité sous-jacente à l'aide d'un étalonnage approprié.

Les actions proposées au cours de la 2^e triennale viseront en ce sens :

1. à consolider les premiers résultats obtenus en termes de reconstitution de l'évolution des paysages et à relancer la réflexion sur l'analyse des budgets sédimentaires en contexte de plateau peu accidenté ;
2. à aborder les domaines des paléoenvironnements en milieu boisé, combinant signatures morphosédimentaires et marqueurs biologiques (pollen, microfossiles non-polliniques, diatomées, micro et macro-charbons, graines) en rapport avec les occupations humaines mouvantes sur le temps long (préhistoriques à modernes) ;
3. à évaluer le potentiel de détection et de conservation des vestiges archéologiques via les anomalies pédologiques et phytologiques ;
4. à compléter et consolider l'approche en réseau à travers notamment le concept de « géoarchéosite » ;
5. à assurer le déploiement de la plateforme pluridisciplinaire en complétant les modules selon les nouveaux axes abordés de manière à constituer un appui à l'approche intégrative.

Le développement de ces axes sera sous-tendu par différents types d'opérations de prospection – archéologiques, géophysiques, UAV, télédétection –, de traitement des données obtenues, ainsi que différents types d'analyses – sédimentaires, polliniques, anthracologiques... – complétés par des datations radiocarbone de manière à assurer les calages chronostratigraphiques.

Bibliographie

– Références citées –

- Antoine P. 1997 – « Modifications des systèmes fluviaux à la transition Pléni-glaciaire / Tardiglaciaire et à l'Holocène : l'exemple du Bassin de la Somme », *Géographie Physique et Quaternaire* 51/1, p. 93-106.
- _____ 2019 – « Le quaternaire de la vallée de la Somme (terrasses fluviales, loess et paléosols) : une contribution à l'inventaire national du patrimoine géologique », *Quaternaire. Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire* 257-270. <https://doi.org/10.4000/quaternaire.12150>
- _____ et alii 2003 – « Paléoenvironnements pléistocènes et peuplements paléolithiques dans le Bassin de la Somme (nord de la France) », *Bulletin de la Société préhistorique française* 100/1, p. 5-28.
- _____ et alii 2007 – « Pleistocene fluvial terraces from northern France (Seine, Yonne, Somme): synthesis, and new results from interglacial deposits », *Quaternary Science Reviews* 26, p. 2701-2723.
- _____ et alii 2016 – « Palaeoenvironment and dating of the Early Acheulean localities from the Somme River basin (Northern France): new discoveries from the High Terrace at Abbeville-Carrière Carpentier », *Quaternary Science Reviews* 149, p. 338-371. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.07.035>
- Aubry L. 2003 – *Acquisition, traitement et restitution des données d'une reconnaissance archéologique : la ville gallo-romaine du Vieil-Evreux*, thèse de doctorat sous la dir. de A. Tabbagh, Paris VI-Jussieu.
- Bacon C. 2001 – *Les sanctuaires des carnutes, des éburovices et des véliocasses. Topographie, sculpture et épigraphie*, Mémoire de DEA, Univ. Paris IV.
- Barral P. 2003 – « Céramique indigène et groupes culturels. La Bourgogne et ses marges à LaTène finale », dans S. Plouin, P. Jud (dir.), *Habitats, mobiliers et groupes régionaux à l'âge du Fer* (Actes du 20^e colloque de l'AFEAF, Colmar / Mittelwih, 16-19 mai 1996), Supplément à la *Revue Archéologique de l'Est* 20, Dijon, p. 353-374.
- Basset C. 2019 – *Des confluences à l'estuaire : modalités d'occupation des territoires du bassin versant de la Seine en aval de Paris au cours de l'âge du Fer : environnement, économie et société*, mémoire de doctorat, Univ. Paris I-Panthéon Sorbonne, dir. F. Giligny.
- 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.
- Bellerby T., Noel M., Branigan K. 1990 – « A thermal method for archaeological prospection: preliminary investigations », *Archaeometry* 32/2, p. 191-203.
- Ben Redjeb T., Duvette L., Quérel P. et al. 2005 – « Les campagnes antiques : bilans 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 XXXII^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-Philip Brugal (dir.), *TaphonomieS. Ouvrage du Groupement de recherches « Taphonomie, Environnement et Archéologie »*, CNRS-INEE, Éditions des Archives Contemporaines, p. 123-156.
- Bétard F. 2017 – *Géodiversité, biodiversité et patrimoines environnementaux. De la connaissance à la conservation et à la valorisation*, Mémoire d'Habilitation à diriger des Recherches [HdR], Université Paris-Diderot, vol. 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*, Drémil-Lafage, Éditions Mergoil (Archéologie du paysage 5), p. 65-79.
- Binford L.R. 1977 – *For Theory Building in Archaeology: Essays on Faunal Remains, Aquatic Resources, Spatial Analysis, and Systemic Modeling*, Academic Press.
- Bishop P., Godley D. 1994 – « Holocene palaeochannels at SiSatchanalai, north-central Thailand: ages, significance and palaeoenvironmental indications », *The Holocene* 4, p. 32-41.
- Bizzarri et alii 2018 – « Archaeo-geosites in urban areas: a case study of the etruscan Palazzone Necropolis (Perugia, central Italy) », *AMQ* 31, 2p. 7-219. <https://doi.org/10.26382/AMQ.2018.15>
- Blanquaert G., Malrain F. (dir.) 2016 – *Évolution des sociétés gauloises du Second âge du Fer, entre mutations internes et influences externes* (Actes du 38^e colloque international de l'AFEAF, Amiens, 29 mai-1^{er} juin 2014), RAP n^o sp. 30, Senlis.
- Blosseville (Marquis de) 1878 – *Dictionnaire topographique du département de l'Eure*, Paris, Imprimerie nationale.

- Boissellier S. 2011 – « Les grands territoires au Moyen Âge. Introduction », *Cahiers de recherches médiévales et humanistes* 21, Dossier « Les grands territoires au Moyen Âge. Réalités et représentations », p. 1-6.
- 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.
- _____, Chamaux G. 2016 – *QuOrEL, formations limoneuses quaternaires d'origine éolienne en Eure-et-Loir. Rapport 2015-2016*, Chartres, Conseil départemental d'Eure-et-Loir.
- _____, Antoine P., Moine O., Rodot M.-A., Sellès H. 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 loessique d'Eure-et-Loir (France). Potentiel pédo-sédimentaire et organisation spatiale », *Quaternaire* 28/3, pp. 389-400.
- _____, Acheré V., Lacroix T., Labat O., Capron F., Pinède 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].
- Bostyn F., Martial E., Praud I. (dir.) 2011 – *Le Néolithique du Nord de la France dans son contexte européen : habitat et économie aux 4^e et 3^e millénaires avant notre ère* (Actes du 29^e colloque interrégional sur le Néolithique, Villeneuve-d'Ascq, 2-3 octobre 2009), *Revue archéologique de Picardie*, n° sp. 28.
- Bourgeois L. et alii (dir.) 2018 – *La culture matérielle : un objet en question. Anthropologie, archéologie et histoire*, Caen, Publications du CRAHAM – Presses universitaires de Caen.
- Brandolini P., Pelfini M. 2010 – « Mapping geomorphological hazards in relation to geotourism and hiking trails », dans G. Regolini-Bissig, E. Reynard (dir.), *Mapping geoheritage*, Lausanne, Institute of Geography (Géovisions 35), p. 31-45.
- _____, Cremaschi M., Manuela P. 2019 – « Estimating the potential of archaeo-historical data in the definition of geomorphosites and geo-educational itineraries in the Central Po Plain (N Italy) », *Geoheritage* 11, p. 1371-1396. <https://doi.org/10.1007/s12371-019-00370-5>
- Bravard J.-P. 1998 – « Le temps et l'espace dans les systèmes fluviaux, deux dimensions spécifiques de l'approche géomorphologique », *Annales de Géographie* 599, p. 33-48
- _____, Salvador P.-G. 1999 – « Géomorphologie et sédimentologie des plaines alluviales », dans J.-P. Bravard et al. (dir.), *La géologie. Les sciences de la Terre*, Paris, Éditions Errance, p. 57-92.
- Brilha J. 2016 – « Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review », *Geoheritage* 8, p. 119-134. <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>
- Bruschi V.M., Cendrero A. 2005 – « Geosite evaluation: can we measure intangible values? », *Il Quaternario* 18-1, p. 293-306.
- Buchsenschutz O., Bulard A., Lejars T. (dir.) 2005 – *L'âge du Fer en Île-de-France* (Actes du XXVI^e colloque de l'AFEAF, Paris/Saint-Denis, 9-12 mai 2002), RACF Suppl. 26, FERACF/Inrap, Paris/Tours.
- Buffat L. 2011 – *L'économie domaniale en Gaule narbonnaise : les villae de la cité de Nîmes*, Lattes (Archéologie méditerranéenne 29).
- _____, 1982 – *Archaeology as Human Ecology: Method and Theory for a Contextual Approach*, Cambridge University Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511558245>
- Calastrenc C., Baleux F., Poirier 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. (dir.) 2019 – *Hanches « ZAC Cœur de la Ville Tranche 1 »/Rue de la Barre (Centre-Val-de-Loire, Eure-et-Loir – 28)*, Rapport d'opération, Inrap, Centre Île-de-France, 152 p.
- Carpentier V., Marcigny C. (dir.) 2012 – *Des hommes aux champs : pour une archéologie des espaces ruraux du Néolithique au Moyen Âge*, Rennes, Presses Universitaire de Rennes (Archéologie & Culture).
- Catapau A. 2005 – « Le vocabulaire de l'espace bordelais chez Robert Boutruche », dans B. Cursente, M. Mousnier (dir.), *Les territoires du médiéviste*, Rennes, PUR.
- Cayla N., Hoblea F., Biot V., Delamette M. & Guyomard A. 2012 – « De l'invisibilité des géomorphosites à la révélation géopatrimoniale », *Géocarrefour*, 87(3-4), p. 171-186.
- Chamaux G. 2009 – *Auneau (Centre – Eure-et-Loir), Aménagement de la déviation routière d'Auneau (section RD 18-RD 116-RD 19)*, Rapport de diagnostic archéologique, Chartres, Conseil général d'Eure-et-Loir, 202 p.
- _____, 2013 – *Nogent-le-Roi et Lormaye (Centre – Eure-et-Loir). Aménagement de la déviation routière de Nogent-le-Roi. Tronçon BD*, Rapport de diagnostic d'archéologie préventive, Chartres, Conseil général d'Eure-et-Loir.
- _____, Borderie Q. 2013 – *Nogent-Le-Roi et Lormaye (Centre - Eure-et-Loir). Aménagement de la déviation routière de Nogent-le-Roi. Tronçon BD*, rapport de diagnostic archéologique, mai 2013.

- _____ (dir.) 2018 – *Coulombs (Eure-et-Loir, 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-Loir, 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 – « Holocene history of the River Seine, Paris, France: bio-chronostratigraphic and geomorphological evidence from the Quai-Branly », *The Holocene* 18/6, p. 967-980.
- Chouquer G. 1996 – « Parcelles et longue durée. Points de repères historiques et problèmes d'interprétation », dans G. Chouquer (dir.), *Les Formes du paysage, 2. Archéologie des parcelles* (Actes du colloque d'Orléans, mars 1996), Paris, Errance, 1996, p. 201-223.
- _____ 2003 – « Crise et recomposition des objets : les enjeux de l'archéogéographie. Introduction », *Études rurales* 167-168, p. 13-32.
- 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.
- Collectif 2004 – « Section 32. Mondes antiques et médiévaux », *Rapport de conjecture 2004*, t. 1 : « L'état de l'art », Paris, Cnrs, p. 651-659. <http://www.cnrs.fr/comitenational/doc/rapport/2004/rapport/sections/0651-0680-Chap32.pdf>
- Coratza P., Giusti C., 2005 – « Methodological proposal for the assessment of the scientific quality of geomorphosites », *Alpine and Mediterranean Quaternary* 18, p. 307-313.
- _____, Panizza M. (dir.) 2009 – *Geomorphology and Cultural Heritage*, Memorie descrittive della carta geologica d'Italia, n° 87, Rome, ISPRA, 192 p.
- _____, Hobléa F. 2018 – « The specificities of geomorphological heritage », dans E. Reynard, J. Brilha (dir.), *Geoheritage: Assessment, Protection and Management*, Amsterdam, Elsevier, p. 87-106.
- Cormier S., Deshayes G., Hernot J., Fajon P. 2017 – « Bueil. Le Pelleret, rue du Puits », *Bilan scientifique DRAC-SRA Normandie*, p. 120-121.
- Cursente B., Mousnier M. (dir.) 2005 – *Les territoires du médiéviste*, Rennes, PUR.
- Cruz F. 2014 – *L'environnement du site « princier » de Vix (Côte d'Or, France) : approche géoarchéologique*, Thèse de doctorat, Université de Bourgogne.
- Cruz-Pérez M.A. et alii 2021 – « Green and golden obsidian of "Cerro de Las Navajas", Hidalgo (Mexico): geoarchaeological heritage that deserves international recognition », *Geoheritage* 13, p. 92. <https://doi.org/10.1007/s12371-021-00610-7>
- Dabas M. 2018 – « L'archéo-géophysique ou la détection et la cartographie des sites archéologiques », *Annales des Rencontres archéologiques de Saint-Céré* 25, p. 117-124.
- Dabkowski J. et alii 2012 – « Climatic variations in MIS 11 recorded by stable isotopes and trace elements in a French tufa (La Celle, Seine Valley) », *Journal of Quaternary Science* 27, p. 790-799. <https://doi.org/10.1002/jqs.2567>
- Damm C. 2012 – « From entities to interaction: replacing pots and people with networks of transmission », dans R. Grünthal, P. Kallio (dir.), *A Linguistic Map of Prehistoric Northern Europe*, Helsinki, Suomalais-Ugrilainen Seura (Suomalais-Ugrilainen Seuran Toimituksia 266), p. 41-62.
- De Castro F., Jagu D. 2014 – « Le Camp de César de Changé, commune de Saint-Piat », dans *Comité archéologique d'Eure-et-Loir. 25 ans d'activité (1989-2014)*, p. 43-54.
- Deleplancque B. 2018 – *Caractérisation des hétérogénéités sédimentaires d'une plaine alluviale : exemple de l'évolution de la Seine supérieure depuis le dernier maximum glaciaire*, Thèse de doctorat, Université Paris Sciences et Lettres.
- De Wever P. et alii 2015 – « Geoheritage, a national inventory in France », *Geoheritage* 7, p. 205-247. <https://doi.org/10.1007/s12371-015-0151-2>
- Dewolf 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, Univ. Paris-Diderot, dir. J. Dresch.
- Douard M. 2019 – *Prospection aérienne dans le nord de l'Eure-et-Loir – 2019*, Rapport annuel d'opération, SRA-DRAC Centre-Val de Loire, Orléans.
- _____ 2020 – *Prospection aérienne dans le nord de l'Eure-et-Loir – 2020*, Rapport annuel d'opération, SRA-DRAC Centre-Val de Loire, Orléans.
- _____ 2021 – *Prospection aérienne dans le nord de l'Eure-et-Loir – 2021*, Rapport annuel d'opération, SRA-DRAC Centre-Val de Loire, Orléans.

- _____ 2022 – *Prospection aérienne dans le nord de l'Eure-et-Loir – 2022*, Rapport annuel d'opération, SRA-DRAC Centre-Val de Loire, Orléans.
- _____ 2022 – *Prospection aérienne sur les communes de l'Eure (limitrophes de l'Eure-et-Loir) – 2022*, Rapport d'opération, SRA-DRAC Normandie, Caen.
- Dugast F. (dir.) 2021 – *Formation et gestion des territoires de la Préhistoire à nos jours. Approches et perspectives exploratoires autour de la vallée de l'Eure*, Drémil-Lafage, Éditions Mergoil (Archéologie du paysage 5), 391 p.
- _____ 2021 – « Cultures matérielles, faciès céramiques et approvisionnement entre le I^{er} et le IV^e siècle en territoire carnute : quelques éléments de réflexion », 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*, Drémil-Lafage, Éditions Mergoil (Archéologie du paysage 5), p. 179-190.
- _____ Piau 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. Laromanière, I. Le Tellier, B. Pandolfi, I. Renault, V. Viel, Cl. Vermoux, L. Yacine), Rapport annuel, SRA-DRAC Normandie.
- _____ Piau 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. Laromanière, I. Le Tellier, I. Renault, V. Viel, Cl. Vermoux), Rapport annuel, SRA-DRAC Normandie.
- _____ Renault I. 2017 – « Des gisements et des sites. Histoire de gisements, de sites et d'entités historiques en boucles », *Atelier SITraDA* (dir. B. Desachy) [En ligne : <https://sitrada.hypotheses.org/date/2017/02>].
- _____ Renault I. 2017b – « L'épaisseur de l'Histoire », *Esri France. Conférence francophone 2017* [En ligne : https://shs.hal.science/halshs-01621228/file/ESRI_2017-VFD.pdf]
- Erginal A.E. et alii 2021 – « An under-recognised geoarchaeological heritage asset in Turkey: Dana Island, Mersin », *Geoheritage* 13, p. 89. <https://doi.org/10.1007/s12371-021-00618-z>
- Erskine W., McFadden C., Bishop P. 1992 – « Alluvial cutoffs as indicators of former channel conditions », *Earth Surface Processes and Landforms* 17, p. 23-37.
- Fábrega-Álvarez P., Fonte J., González García F. 2011 – « Las sendas de la memoria. Sentido, espacio y reutilización de las estatuas-menhir en el noroeste de la Península Ibérica », *Trabajos de Prehistoria* 68, p. 313-330.
- 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 multiscalaires sur la vallée du Rhône dans le programme ARCHAEOMEDES*, 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-Loir.
- _____ 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.
- Ferdière A. 1978 – *Recherches sur l'habitat rural gallo-romain en Beauce*, thèse de 3^e cycle dactylographiée, Paris.
- Folk R.L., Ward W.C. 1957 – « A study in the significance of grain-size parameters », *Journal of Sedimentary Petrology* 27, p. 3-26.
- Fouache E. 2010 – « L'approche géoarchéologique », dans H. Alarashi et alii (dir.), *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. Regolini-Bissig (dir.), *Geomorphosites*, Munich, Pfeil, p. 213-223.
- _____ et alii 2012 – « Palaeogeographical reconstruction and management challenges of an archaeological site listed by UNESCO: the case of the Letoon shrine in the Xanthos Plain (Turkey) », *Quaestiones Geographicae* 31, p. 37-49. <https://doi.org/10.2478/v10117-012-0002-z>
- Gadebled L.-L. 1840 – *Dictionnaire topographique, statistique et historique du département de l'Eure*, Evreux.
- Gandini 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.
- Giano S.I. et alii 2022 – « Geo- and archaeo-heritage in the Mount Vulture Area: list, data management, communication, and dissemination. A preliminary note », *Geoheritage* 14, p. 10. <https://doi.org/10.1007/s12371-021-00623-2>

- Giligny F. (dir.) 2005 – *Louviers « La Villette » (Eure) : un site du Néolithique moyen en zone humide*, Rennes (Documents archéologiques de l'Ouest), 344 p.
- Glais A. 2017 – *Interactions Sociétés-Environnement en Macédoine orientale (Grèce du Nord) depuis le début de l'Holocène : approche multiscalaire et paléoenvironnementale*, Thèse de Géographie, Université de Rouen Normandie.
- Goldberg P., Macphail R.-I. 2006 – *Practical and theoretical geoarchaeology*, Malden (US), Blackwell Publishing, 455 p.
- Gonet A. 2017 – *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.
- Granai S. 2014 – *L'anthropisation des milieux du Néolithique à l'âge du Fer dans le bassin de la Seine enregistrée par les malacofoaunes continentales*, mémoire de doctorat, Université Paris I-Panthéon Sorbonne.
- Grandgirard V. 1999 – « L'évaluation des géotopes », *Geologia Insubrica* 4, p. 59-66.
- Guérin C., Dewolf Y., Lautridou J.-P. 2003 – « Révision d'un site paléontologique célèbre : Saint-Prest (Chartres, France) », *Geobios* 36, p. 55-82.
- Hammond H. E. 1964 – « Analysis of properties in land form geography: an application to broad-scale land form mapping », *Annals of the Association of American Geographers* 54/11-19 [https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1964.tb00470.x]
- Heitz I., 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.
- Henaff X. (dir.) 2011 – *Garenes-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, Inrap, juin.
- Jamet G. 2014 – *Réponses sédimentaires d'un bassin versant côtier aux variations glacio-eustatiques et au soulèvement plioquatenaire : 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., Stepinski T.F. 2012 – « Geomorphons – a pattern recognition approach to classification and mapping of Landforms », *Geomorphology*.
- Joly F., Tricard J. 1972 – *Les travaux de la RCP 77*, collection Mémoire et documents du CNRS, éditions du CNRS, Paris.
- Kozlik L., Reynard E. 2013 – « Inventaire et valorisation de géomorphosites culturels dans les vallées du Trient, de l'Eau Noire et de la Salanfe », *Cahiers de géographie* 15 (Collection EDYTEM), p. 135-142. https://doi.org/10.3406/edyte.2013.1251
- Kramer C. 1997 – « Pots and peoples », dans L.D. Levine, T.C.J. Young (dir.), *Mountains and Lowlands: Essays in the Archaeology of Greater Mesopotamia*, Malibu, Undena (Bibliotheca Mesopotamia, n° 57), p. 91-112.
- 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. (dir.) 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 – « Héritage structural et déformation de couverture : plissement et déformations tertiaire dans l'ouest du bassin de Paris », *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* 300, p. 793-798
- Lahmidi S. et alii 2022 – « Integrating geological and archaeological heritage for conservation and promotion of Forum Larjamme geosite from Bani Geopark Project South-Eastern Morocco », *Geoheritage* 14, p. 81. https://doi.org/10.1007/s12371-022-00718-4
- Leblé G. 2016 – « Une séquence sédimentaire plurimillénaire de l'Eure à Val de Reuil (27) », *ArchéoThéma* 38, p. 69.
- Legoux R. 1993 – « Typologie et chronologie des perles », dans *Verre et merveilles. Mille ans dans le nord-ouest de la Gaule*, Catalogue d'exposition du Musée Archéologique départemental de Guiry-en-Vexin, p. 103-108.
- Le Jeune 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.
- _____, Vigneau T. 2019 – « Les menhirs "isolés", des marqueurs dans le paysage néolithique ? Essai d'approche géostatistique multiscalaire », *InterNéo*, p.
- Leman-Deliverie G. 2003 – « La vallée de la Deûle : paléoenvironnement et occupations humaines », *Revue du Nord* 5 / n° 353, p. 9-11.
- Lena G. 2009 – « Geositi e 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.
- Le Roy-Ladurie E., Rousseau D., Vasak A. 2011 – *Les fluctuations du climat de l'an mil à aujourd'hui*, Paris, Éditions Fayard, 321 p.

- Lescure S. 2015 – *La Garonne maritime à l'Holocène : dynamique, environnements et occupation humaine*, Mémoire de doctorat, Université de Paris I – Panthéon Sorbonne.
- Lespez L. 2007 – « Dynamiques holocènes de systèmes fluviaux en Grèce du Nord : une approche comparative et multi-scaire 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 – « Discontinuités longitudinales 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 d'Habilitation à Diriger des Recherches, vol. 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://adlfi.revues.org/16840> ; DOI : 10.4000/adlfi.16840.
- Le Tellier-Heitz I. 2020 – « LiDAR aéroporté par drone : un focus micro-topographique à l'échelle d'un site archéologique boisé. Méthodologie et retour d'expérience », *NUMEAR* (11 juin 2020), DOI 10.21494/ISTE.OP.2020.0528.
- Lévêque C. et alii 2003 – « L'anthrosystème : entité structurelle et fonctionnelle des interactions sociétés-milieu », dans Christian Lévêque, Sander Van der Leew (dir.), *Quelle nature voulons-nous ? Pour une approche socio-écologique du champ de l'environnement*, Paris, Elsevier, coll. « Environnement », p. 110-129.
- _____ et alii 2013 – « L'anthrosystème et la zone atelier : nouveaux concepts territorialisés de l'étude des interactions société/milieu », dans A. Génin, A. Frédéric (dir.), *Continu et discontinu dans l'espace géographique, perspectives villes et territoires*, Tours, Presses universitaires François-Rabelais, p. 279-292.
- Liétar C. 2014 – *Territoires et ressources des sociétés néolithiques du Bassin parisien aux régions rhénanes : le cas du Néolithique moyen (4500-3500 av. J.-C.)*, mémoire de doctorat, Université Paris I-Panthéon Sorbonne.
- Limondin-Lozouet N et alii 2006 – « Le tuf calcaire de La Celle-sur-Seine (Seine et Marne) : nouvelles données sur un site clé du stade 11 dans le Nord de la France », *Quaternaire* 5/29. <https://doi.org/10.4000/quaternaire.722>
- _____ 2010 – « Oldest evidence of Acheulean occupation in the Upper Seine valley (France) from an MIS 11 tufa at La Celle », *Quaternary International* 223-224, p. 299-311. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.10.013>
- Loke M.-H., Barker R.-D. 1996 – « Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a Quasi-Newton method », *Geophysical Prospecting* 44, p. 131-152.
- Longnon A. 1920 – *Les noms de lieu de la France. Leur origine, leur signification, leurs transformations*, résumé des conférences de toponomastique générale faites à l'Ecole pratique des hautes études (section des sciences historiques et philologiques), publié par Paul Marichal et Léon Mirot.
- Lunden B., 1985 – « Aerial thermography – A remote sensing technique applied to detection of buried archaeological remains at a site. Dalecarlia, Sweden », *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 67/1-2, p. 161-166.
- Mackay A., Battarbee R., Birks J., Oldfield F. (dir.) 2005 – *Global Change in the Holocene*, Londres, Arnold, 528 p.
- Mare E. (dir.) 2009 – *Le village de l'âge du Bronze final du Buisson-du-Roui à Malleville-sur-le-Bec dans l'Eure*, Rapport final d'opération, Inrap – DRAC Haute-Normandie, 179 p., annexes.
- Melelli L., Bizzarri R., Baldanza A., Gregori L. 2016 – « The Etruscan "Volumni Hypogeum" archeo-geosite: new sedimentological and geomorphological insights on the tombal complex », *Geoheritage* 8, p. 301-314. <https://doi.org/10.1007/s12371-015-0162-z>
- Mélin M., Mougne C. (dir.) 2012 – *L'Homme, ses ressources et son environnement, dans le nord-ouest de la France à l'âge du Bronze : actualités de la recherche* (Actes du Séminaire archéologique de l'Ouest, Rennes, 22 mars 2012), Éditions de Géosciences (Mémoires de Géosciences, HS 8).
- Miall A. D. 1996 – *The Geology of Fluvial Deposits. Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology*, Berlin / Heidelberg / New York / Londres / Paris / Tokyo / Hong Kong, Springer-Verlag.
- Milsom J. 1996 – *Field Geophysics*, Wiley, 187 p.
- Neal A. 2004 – « Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: Principles, problems and progress », *Earth Science Reviews* 66/3, p. 261-330.
- Nouvel 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*, Mémoire de doctorat, Université de Bourgogne, 3 vol.
- Obert D., Deffontaines B., Gely J.-P. 1992 – « Adaptation du réseau hydrographique aux structures et à l'évolution néotectonique. Application au Bassin Parisien », *Bulletin d'information des géologues du bassin de Paris* 29(4), p. 85-95.
- _____, Deffontaines B., Gely J.-P., Joly M., Lacombe O., Lorenz J., Pomerol C. 1997 – « Tectonique plicative de couverture dans le Lutétien supérieur de la vallée de l'Eure : indice d'un accident 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)*, Mémoire de doctorat, Université Paris 1-Panthéon Sorbonne.
- _____ et alii 2004 – « Les enregistrements morpho-sédimentaires et biostratigraphiques des fonds de vallée du bassin-versant de la Beuvronne (Bassin parisien, Seine et Marne, France) : perception des changements climato-anthropiques à l'Holocène », *Quaternaire* 15/3, p. 285-298.
- Paez-Rezende L., Lepert T. 1997 – *Incarville – Eure (27) "Les Prés"*. *Echangeur RN 154 A13*, Document final de synthèse, Service Régional de l'Archéologie Normandie, 2 volumes.
- Panizza M. 2001 – « Geomorphosites. Concepts, methods and examples of geomorphological survey », *Chinese Science Bulletin* 46, p. 4-6.
- _____, Piacente S. 2003 – *Geomorfologia culturale*, Bologne, Pitagora, 350 p.
- Passega R. 1964 – « Grain size representation by CM pattern as a geological tool », *Journal of Sedimentary Petrology* 34/4, p. 830-847.
- Pastre J.-F et alii 1991 – « L'évolution holocène des fonds de vallées au nord-est de la région parisienne », *Physio-Géo* 22-23, p. 109-115.
- _____ et alii 1997 – « L'évolution tardi- et postglaciaire des lits fluviaux au nord-est de Paris (France). Relation avec les données paléoenvironnementales et l'impact anthropique sur les versants », *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 4, p. 291-312.
- _____ et alii 2000 – « Le Tardiglaciaire des fonds de vallée du Bassin parisien (France) », *Quaternaire* 11/2, p. 107-122.
- _____ et alii 2002 – « Variations paléoenvironnementales et paléohydrologiques durant les 15 derniers millénaires : les réponses morpho-sédimentaires des vallées du Bassin parisien (France) », dans J.-P. Bravard, M. Magny (dir.), *Les fleuves ont une histoire. Paléoenvironnement des rivières et des lacs français depuis 15 000 ans*, Paris, Errance, p. 29-44.
- _____ et alii 2003 – « Quinze mille ans d'environnement dans le Bassin parisien (France) : mémoires sédimentaires des fonds de vallées », dans T. Muxart, F.-D. Vivien, B. Villalba, J. Burnouf (dir.), *Des milieux et des hommes : fragments d'histoires croisées*, Elsevier (Environnement), p. 43-55.
- _____ et alii 2006 – « L'homme et l'érosion dans le Bassin Parisien (France). La réponse morpho-sédimentaire des fonds de vallée au cours de la seconde partie de l'Holocène », dans P. Allée, L. Lespez (dir.), *L'érosion entre société, climat et paléoenvironnements* (Actes de la table-ronde en l'honneur de René Neboit-Guilhot), Clermont-Ferrand, Presses universitaires Blaise-Pascal, coll. « Nature et Société » 3, p. 237-247.
- _____, Leroyer C., Limondin-Lozouet N., Antoine P., Chaussé C., Gauthier A., Granai S., Le Jeune J., Wuscher P. 2014 – « L'Holocène du Bassin parisien (France). Apports de l'étude géo-écologique et géo-archéologique des fonds de vallée », dans N. Carcaud, G. Arnaud-Fassetta (dir.), *La Géoarchéologie au XXI^e siècle*, Paris, CNRS Éditions, p. 89-106.
- Pena dos Reis R., Henriques M.H. 2009 – « Approaching an integrated qualification and evaluation system for geological heritage », *Geoheritage* 1, p. 1-10. <https://doi.org/10.1007/s12371-009-0002-0>
- Pereira P., Pereira D. 2010 – « Methodological guidelines for geomorphosite assessment », *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 16, p. 215-222. <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.7942>
- Petit C. (dir). 2005 – *Occupation et gestion des plaines alluviales dans le Nord de la France de l'âge du Fer à l'époque gallo-romaine* (Actes de la table-ronde de Molesme, 17-18 septembre 1999), Besançon, Presse Universitaires Franc-Comtoises (Annales littéraires 786. Série « Environnement, sociétés et archéologie » 8).
- Pijet-Migoñ E., Migoñ P. 2022 – « Geoheritage and cultural heritage – A review of recurrent and interlinked themes », *Geosciences* 12, p. 98. <https://doi.org/10.3390/geosciences12020098>
- Picazzo M., Brandolini P., Pelfini M. 2007 (dir.) – *Clima e rischio geomorfologico in aree turistiche*, Bologne, Pàtron Editore, 360 p.
- Pijet-Migoñ E., Migoñ P. 2022 – « Geoheritage and cultural heritage – A review of recurrent and interlinked themes », *Geosciences* 12, p. 98. <https://doi.org/10.3390/geosciences12020098>
- Piau T. 2019 – *Dynamique géomorphologique holocène et occupation humaine dans le bassin-versant de l'Eure : apport d'une approche géoarchéologique multi-scalaire*, Mémoire de M2, dir. Fr. Bétard & F. Dugast, Université de Paris/Cnrs.
- _____ et alii 2020 – « Dynamique géomorphologique holocène et occupation humaine dans le bassin-versant de l'Eure (Bassin de Paris, France) : potentiels d'une approche géoarchéologique multiscalaire et diachronique », *Archimède. Archéologie et histoire ancienne* [En ligne] 7, 2020, p. 188-204.
- _____ et alii 2021 – « Methodological proposal for the inventory and assessment of geoarchaeosites: Application to the middle Eure valley (Paris Basin, France) », *European Geosciences Union General Assembly, Geophysical Research Abstracts*, Vienne, avril 2021, EGU21-143.
- Pion P. 1990 – « De la chefferie à l'Etat ? Territoires et organisation sociale dans la vallée de l'Aisne aux âges des métaux (2200-20 av. J.-C.) », *Archéologie et Espaces* (Actes des Rencontres internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes 10/1989), Antibes, Editions APDCA, p. 183-260.

- Piton D. 1985 – « La nécropole de Nouvion-en-Ponthieu, Berk-sur-Mer », *Dossiers archéologiques, historiques et culturels du Nord et du Pas-de-Calais* 20.
- Pralong J.-P. 2005 – « A method for assessing tourist potential and use of geomorphological sites », *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 11, p. 189-196. <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.350>
- Profetta M. et al. 2022 – « Terraced landscapes as NBSs for geo-hydrological hazard mitigation: towards a methodology for debris and soil volume estimations through a LiDAR survey », *Remote Sensing* 14 [En ligne].
- Rapp G., Hill C.L. 2006 – *Geoarchaeology: The Earth-Science Approach to Archaeological Interpretation*, Yale University Press.
- Rassat S., Wirtz B. 2013 – « Campagnes micro-topographiques à la Calotterie (62). Des échantillonnages extensifs non destructifs au sein d'un port du haut Moyen Âge : Quentovic », *Revue archéologique de Picardie* 3/4, p. 199-206.
- _____, Hugonnier L. 2017 – « Atteindre l'histoire de la forêt de Compiègne par la télédétection aérienne et l'exploration des archives du sol », *Histoire et Mesure* XXXII/2, « Mesurer la forêt », p. 67-102.
- Raynaud C. 1996 – « Les campagnes rhodaniennes : quelle crise ? », dans J.-L. Fiches (dir.), *Le III^e siècle en Gaule Narbonnaise. Données régionales sur la crise de l'Empire* (Actes de la table ronde du GDR 954, « Archéologie de l'espace rural méditerranéen dans l'Antiquité et le haut Moyen Âge », Aix-en-Provence, La Baume, 15-16 septembre 1995), Sophia Antipolis, éd. APDCA, p. 189-212.
- Renault I. 2003 – *Les voies romaines chez les Carnutes (actuel département des Yvelines) (I^{er} s. av. J.-C.-IV^e s. ap. J.-C.)*, Mémoire de maîtrise, dir. Pr. J.-P. Martin & M. Joly, Univ. Paris IV-Sorbonne.
- _____, 2004 – *L'occupation du sol dans le sud des Yvelines (I^{er} s. av. J.-C.-IV^e s. ap. J.-C.)*, Mémoire de DEA, dir. Pr. J.-P. Martin & M. Joly, Univ. Paris IV-Sorbonne.
- _____, 2010 – *Dynamique de l'occupation du sol dans les confins de territoire carnute : le Perche et la Beauce*, Mémoire de doctorat, dir. Pr. J.-P. Martin & M. Joly, Univ. Paris IV-Sorbonne.
- Révillion S., Hanois P. 2003 – « Vers une archéologie de la vallée de la Deûle (Nord) », *Revue du Nord* 5(353), p. 13-22.
- Reynard E., Fontana G., Kozlik L., Scapozza C. 2007 – « A method for assessing "scientific" and "additional values" of geomorphosites », *Geographica Helvetica* 62/3, p. 148-158.
- _____, et alii 2015 – *Integrated Approach for the Inventory and Management of Geomorphological Heritage at the Regional Scale* 18.
- _____, Perret A., Bussard J., Grangier L., Martin S. 2016 – « Integrated approach for the inventory and management of geomorphological heritage at the regional scale », *Geoheritage* 8(1), p. 43-60.
- _____, Brilha J. (dir.) 2017 – *Geoheritage: Assessment, Protection, and Management*, Elsevier.
- _____, Giusti C. 2018 – « Chapter 8 – The landscape and the cultural value of geoheritage », dans E. Reynard, J. Brilha (dir.), *Geoheritage*, Elsevier, p. 147-166. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00008-3>
- Reynolds J.-M. 1997 – *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, Wiley, 778 p.
- Robert S. 2003 – *L'analyse morphologique des paysages entre archéologie, urbanisme et aménagement du territoire : exemples d'études de formes urbaines et rurales dans le Val-d'Oise*, Thèse de doctorat, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.
- Roughley C. 2004 – « The Neolithic landscape of the Carnac region, Brittany: new insights from digital approaches », *Proceedings of the Prehistoric Society* 70, p. 153-172.
- Salvador P. 2016 – « Caractérisation des remblaiements sédimentaires de six paléochenaux de la plaine alluviale du Rhône par la méthode granulométrique de Passega (Basses Terres, Ain, Isère) », *Bulletin de la Société Géographique de Liège* 67, p. 107-124.
- Sayama K., Parker A.G., Parton A., Viles H. 2022 – « Developing a geocultural database of Quaternary palaeoenvironmental sites and archaeological sites in Southeast Arabia: inventory, endangerment assessment, and a roadmap for conservation », *Sustainability* 14. <https://doi.org/10.3390/su142114096>
- Schmidt V., Becken M., Schmalzl J. 2020 – « A UAV-borne magnetic survey for archaeological prospection of a Celtic burial site », *First Break* 38 (août 2020), p. 61-66.
- Sebillotte M. 1990 – « Système de culture, un concept opératoire pour les agronomes », dans L. Combe, D. Picard (dir.), *Les systèmes de culture*, Versailles, Inra, p. 165-196.
- Séchi et alii 2010 – « The last millennia history of detrital sedimentation in the Lower Seine Valley (Normandy, NW France): review », *Terra Nova* 22, p. 434-441.
- Sellès H. 2001 – *Céramiques gallo-romaines à Chartres et en Pays Carnute. Catalogue typologique*, 16^e suppl. à la RACF, Etudes sur Chartres 1.
- _____, 2005 – « Evolution des répertoires céramiques aux II^e et III^es. dans le nord de la cité des Carnutes », dans L. Rivet (dir.), *Actes du Congrès de Blois*, SFECAG, Marseille, p. 283-304.

- Selmi L. *et alii* 2022 – « Degradation risk assessment: understanding the impacts of climate change on geoheritage », *Sustainability* 14, p. 4262. <https://doi.org/10.3390/su14074262>
- Simon F.-X. *et al.* 2020 – « De nouvelles perspectives pour les applications des méthodes électromagnétiques basse fréquence en archéologie », *Archimède. Archéologie et histoire ancienne* 7, p. 272-282
- Sisto M., Di Lisio A., Russo F. 2020 – « The Mefite in the Ansanto Valley (Southern Italy): a geoarchaeosite to promote the geotourism and geoconservation of the Irpinian cultural landscape », *Geoheritage* 12(1).
- Soula F. 2014 – « Le paysage de la fin du Néolithique et du Chalcolithique dans le territoire de Sorgono (province de Nuoro, Sardaigne centrale) », *Bulletin de la Société Préhistorique française* 111/2, p. 307-323.
- Starkel L. 1983 – « The reflection of hydrologic changes in the fluvial environment of the temperate zone during the last 15000 years », dans K.J. Gregory (dir.), *Background to the Palaeohydrology, a Perspective*, Chichester, Wiley, p. 213-235.
- Surmely *et al.* 1996 – « Apports de l'étude de la localisation des monuments mégalithiques à la compréhension du phénomène mégalithique : exemples des environs de Saint-Flour (Cantal) et de Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme) », *Bulletin de la Société Préhistorique française* 93/3, p. 434-441.
- _____, Vautier F., Miras Y. 2005 – « Utilisation d'un système d'information géographique pour l'étude de la localisation des dolmens et des menhirs : application aux monuments de la plaine de Saint-Flour (Cantal) », *Revue de Science Naturelle d'Auvergne* 69, p. 171-186.
- Tabbagh A., 1977 – « II-Prospections thermiques et électriques – Habitat néolithique de fond de vallée alluviale à Noyen-sur-Seine (Seine-et-Marne) », *Gallia Préhistoire*, p. 271-280.
- _____, 1983 – « Choix de la date optimale de prise de vue en prospection thermique aéroportée de structures archéologiques. Photointerprétation », *Tecnip* 3, fasc. 6.
- _____, Camerlynck C., Dabas M. 2022 – « Possibilités offertes par l'outil géophysique », *Archéologie du bâti. Aujourd'hui et demain [En ligne]*, Dijon, ARTEHIS Éditions, 2022.
- Taha M.M.N., Al-Hashim M.H., El-Asmar H.M. 2020 – « Geoarcheomorphosites under strong urbanization pressure at the Tineh Plain, NE of the Nile Delta, Egypt », *Geoheritage* 12, p. 24. <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00444-9>
- Tamine M. 2004 – « Regards sur le toponyme Breuil », *Nouvelle revue d'onomastique* 56, p. 101-136.
- Thakkar A. *et alii* 2022 – « Geoarchaeological heritage of Kachchh region, Gujarat, Western India: geotourism potentials », *Geoheritage* 14, p. 128. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00748-y>
- Thiébaud C. *et alii* 2010 – *Mise en commun des approches en taphonomie [Sharing taphonomic approaches]* (Actes du workshop n° 16 – XV^e congrès international de l'UISPP, Lisbonne, septembre 2006), Les Eyzies de Tayac, Société du Musée national de préhistoire et de la recherche archéologique (Paléo. Supplément 3).
- Toonen W.H.J., Kleinhans M.G., Cohen K.M. 2012 – « Sedimentary architecture of abandoned channel fills », *Earth Surface Processes and Landforms* 37, p. 459-472.
- Touquet Laporte-Cassagne C. (dir.) 2018 – *Les sites ruraux du second âge du Fer dans le bassin versant du Croult en Val d'Oise et ses marges*, RAIF Suppl. 5, Paris.
- Tremel A. 2010 – *Géographie religieuse des divinités dans la cité des Carnutes : données épigraphiques et iconographiques*, Mémoire de M2, Univ. Paris I.
- Turland M. (dir.) 1975 – *Notice de la carte géologique de la France à 1:50 000, feuille de Houdan (XXI-14)*, Bureau de Recherches Géologique et Minières, Orléans, France.
- Van der Leeuw S. (dir.) 1996 – *ARCHAEOMEDES. A DG-XII research program to understand the natural and anthropogenic causes of land degradation and desertification in the Mediterranean basin*, Paris.
- _____, 1998 – « The ARCHAEOMEDES project, understanding the natural and anthropogenic causes of land degradation and desertification in the Mediterranean basin », *Research results*, European Communities, Luxembourg.
- _____, 2017 – « Pourquoi des modèles ? Why model? », communication présentée dans le cadre du Séminaire de F. Bertonecello, *Modelling complex adaptive systems in Archaeology: insights and feedbacks from the modelling of past socio-ecosystems*, 12 mai 2017 (diffusé sur UNS pod – plate-forme de podcasting de l'UNS, décembre 2017).
- Vialet A., Moigne A.-M., Vercoutre C., Moncel M.-H., Hurel A., Coelho V., Bahain J.-J., Despriée J., Voinchet P., Penicaud P. 2021 – « Nouvelle étude du site de Saint-Prest : un témoin de la présence humaine en vallée de l'Eure autour d'un million d'années ? », 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*, Éditions Mergoïl (Archéologie du paysage 5), p. 99-115.
- Vion E. 1989 – « L'analyse archéologique des réseaux routiers : une rupture méthodologique, des réponses nouvelles », *Paysages Découverts* 1, p. 67-99.
- Vita-Finzi C. 1969 – *The Mediterranean Valleys: Geological Changes in Historical Times*, Cambridge, CUP.

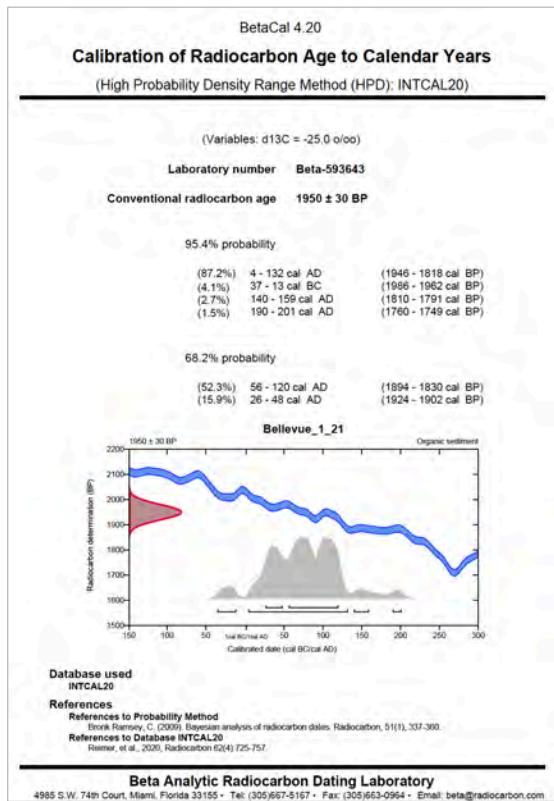
- Wasylyszyn N. 2006 – « État de la recherche sur les églises préromanes ou romanes précoces », *Bulletin des Amis des Monuments et Sites de l'Eure*.
- Wieber J.-C. 1977 – *Dynamique érosive et structures des paysages (essai d'approche méthodique)*, Thèse de doctorat d'État, Univ. Paris VII, 2 vol., 813 p.
- Whitlam R.G. 1982 – « Archaeological taphonomy: implications for defining data requirements and analytical procedures », dans P.D. Francis, E.C. Poplin (dir.), *Directions in Archaeology: A Question of Goals*, Calgary, Alberta, p. 145-154.
- Wuscher P. et alii 2012a – « Une séquence loessique, des paléosols et des silex à Saint-Soupplets, au pied des buttes de la Goële (Seine-et-Marne) », *Les nouvelles de l'archéologie* 129, p. 55-60.
- _____ et alii 2012a [Blaser R., Cammas C., Durand J., Glisoni S., Saron E., Pastre J.-F.] – « Des plateaux, des limons et des hommes : état des connaissances et questions sur les sols et l'érosion tardiglaciaires et holocènes en Île-de-France », *RAIF* 5, p. 5-28.

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

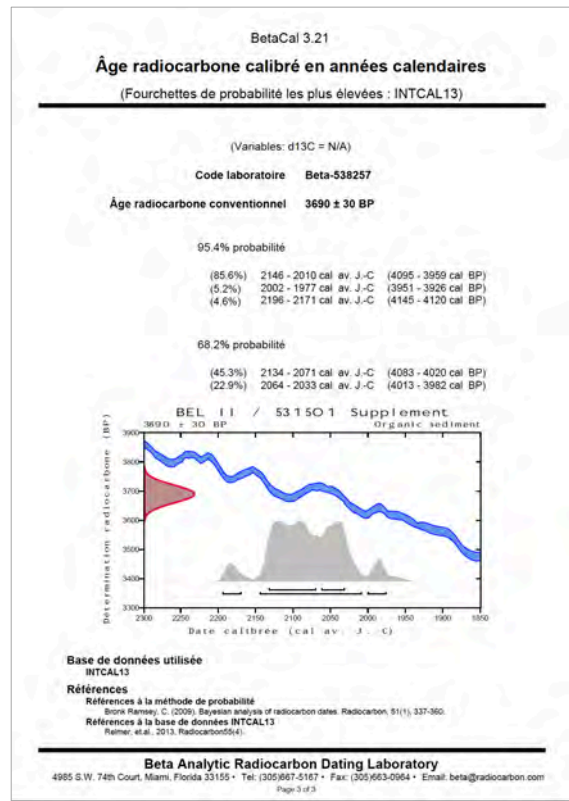
- Barat Y., Dufaÿ B., Renault I. 2007 – *Carte archéologique de la Gaule : les Yvelines, 78*, Paris, AIBL.
- Blanchet (A.) 1900 – *Les trésors de monnaies romaines et les invasions germaniques en Gaule*, Paris.
- Bonnard (L.) 1907 – *Une promenade historique : la frontière France-Normandie entre Seine et Perche (IX^e-XIII^e siècles)*, Chartres.
- Bordeaux (R.) 1856 – « Découverte [...] d'un tumulus [à Bueil] dans l'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.
- Bouÿard (M. de) 1962 – « Informations archéologiques », *Gallia* 20/2, p. 423-424.
- Bourselet (V.), Clerisse (H.) 1933 – *Mantes et son arrondissement*, Mantès (Société française du livre).
- Charpillon (M.), Caresme (Abbé J.) 1868-1879 – *Dictionnaire hist. de toutes les communes du dép. de l'Eure*, Les Andelys.
- Chedeville (P.-J.) 1908-1010 – « 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.
- Cliquet D. 1993 – *Carte archéologique de la Gaule : L'Eure 27*, Paris, AIBL.
- Coutil L. 1897 – « Inventaire des menhirs et dolmens de France : Eure », *Bulletin de la Société normande d'études préhistoriques* IV, 40 p.
- _____ 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 Bueil », *Recueil et travaux de la société libre de l'Eure* (1904), p. 1.
- _____ 1907 – « Le cimetière franc et carolingien de Bueil (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 boule de fer dans le cimetière franc et carolingien de Bueil [...] », *Bull. de la Société préhistorique française* 5, p. 93-96.
- _____ 1921 – *Département de l'Eure. Archéologie*, Paris.
- Delisle (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 vol.).
- Dubot 1889 – *Monographie communale pour l'exposition universelle de 1900* [Cravent].
- Grave (E.) s.d. – *Notes manuscrites* (Archives départementales des Yvelines).
- _____ 1886 – « Découverte de Bréval », *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* [Bréval].
- Guérineau de Boisvillette (L.-G.) 1864 – *Statistiques archéologiques d'Eure-et-Loir. Indépendance gauloise et Gaule romaine*, Chartres.
- Izarn (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.
- Jusselin (M.) s.d. – *Forma orbis romani : 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 – « Chronique d'archéologie normande », *Bull. de la Soc. des Antiquaires de Normandie* 54 (1957-1958), p. 629.

- Ollagnier A., Joly J. 1994 – *Carte archéologique de la Gaule : L'Eure-et-Loir*, 28, Paris, AIBL.
- Poulain (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.
- Villeneuve (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 Bréval », *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 Bréval », *Bull. de la Commission des antiquités et des arts de Seine-et-Oise* 13, p. 93-95.

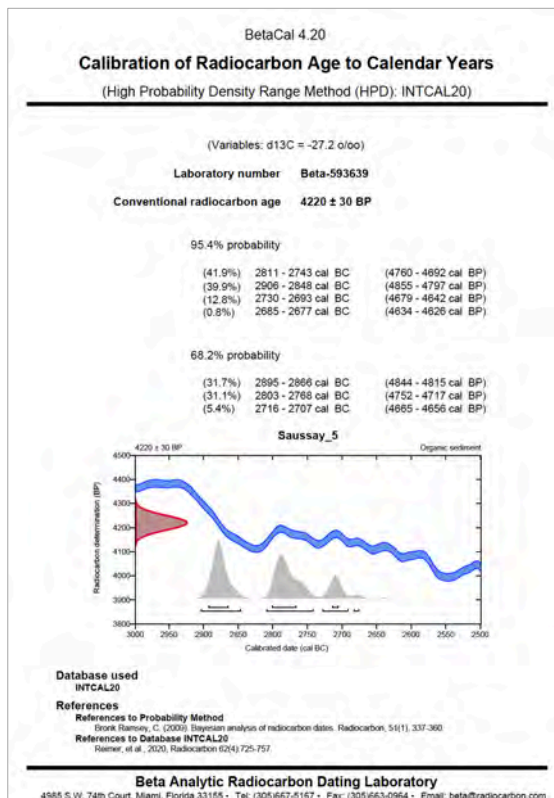
Annexe 1 – Calibration des ¹⁴C



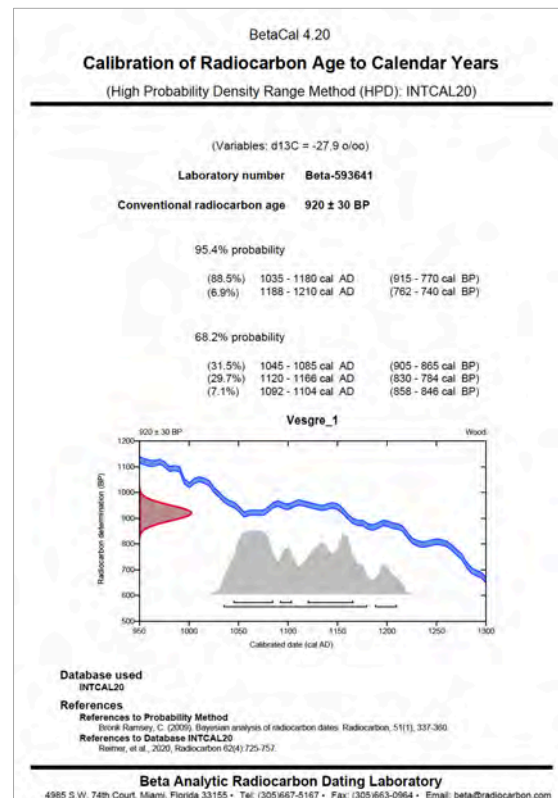
BEL I / 593643 (sédiment organique – prof. 45-55 cm)



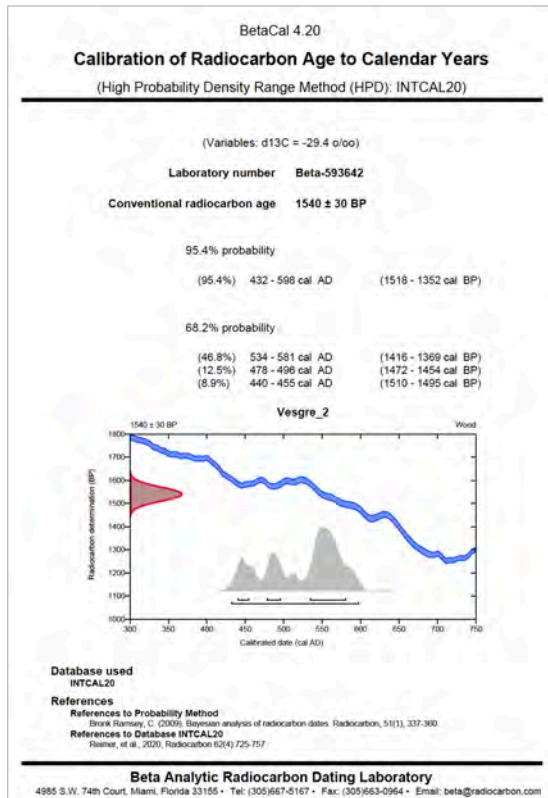
BEL II / 538257 (sédiment organique – prof. 60-70 cm)



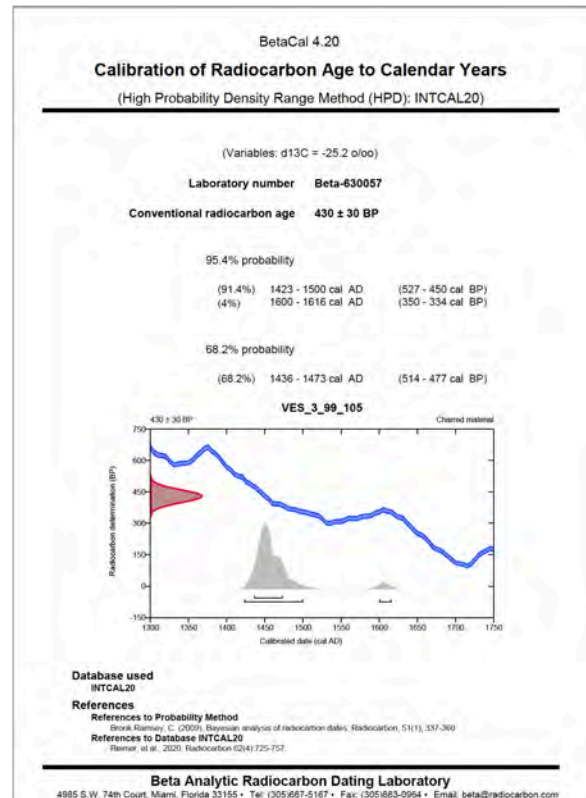
Saussay 5 / 593639 (sédiment organique – prof. 75-83 cm)



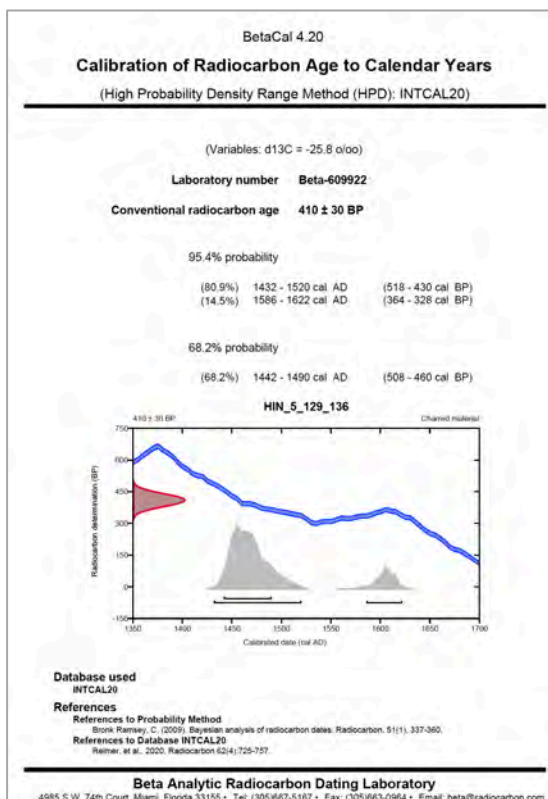
Vesgre 1 / 593641 (bois – prof. 60-80 cm)



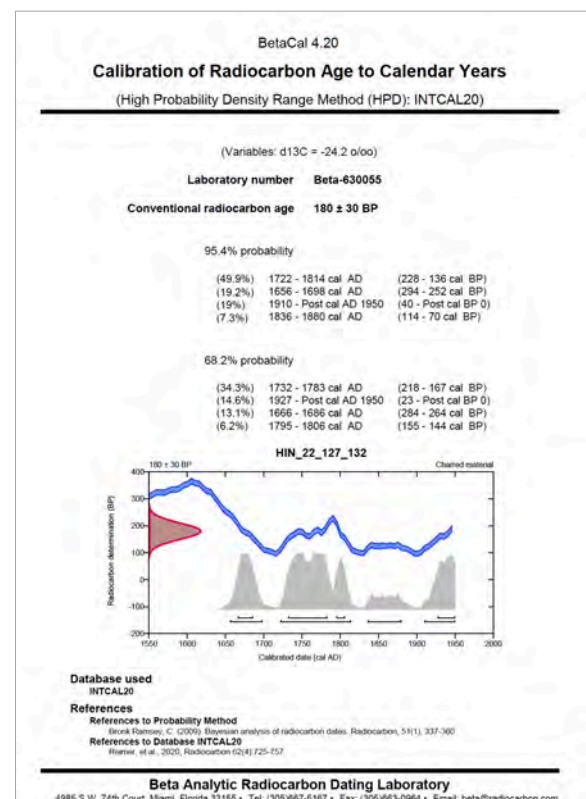
Vesgre 2 / BETA593642 (bois – prof. 60-80 cm)



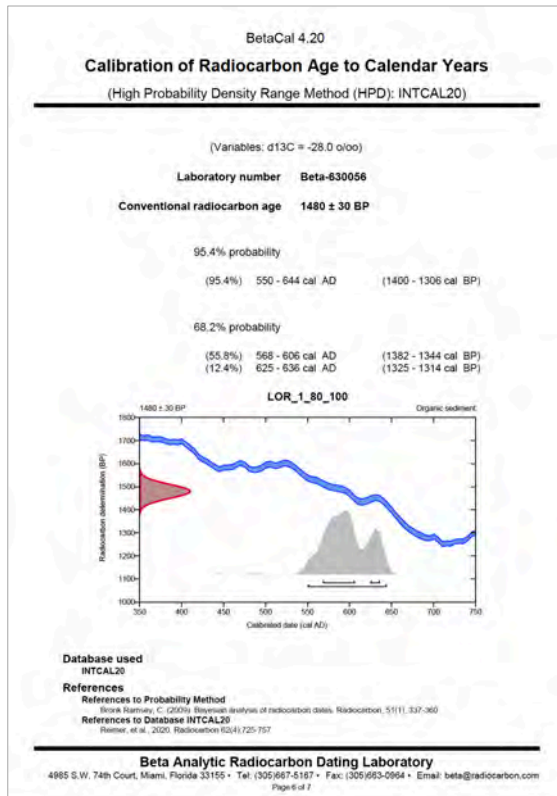
Vesgre 3 / 630057 (charbon – prof. 60-70 cm)



HIN 5 / BETA609922 (charbon – coupe de berge)



HIN 22 / BETA630055 (charbon – coupe de berge)



LOR 1 / BETA630056 (sédiment organique – prof. 60-70 cm)

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 Noël (RO néolithicien), Émilie Fenck (RO protohistorienne), Pierre Périchon (RO antiquisant), Olivier Labat (RO médiéviste), Michel Douard (Archéologue), Antoine Louis (Infographiste), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167), Ingrid Renault (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 : Ollivier Blin (DAST Inrap 91/94/77), Hubert Lepaunier (Inrap Normandie), Thierry Massat (DAST Inrap 28/41), Thibaud Guiot (DAST Inrap 75/78/92/95), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167), Ingrid Renault (co-responsable 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 Guiot** : 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 : Antide Viand (Responsable du service), Sandrine Bertaudière (Adjointe, antiquisante), Caroline Renard (RO néolithicienne), Vincent Dartois (RO protohistorien), Delphine Théolas (RO antiquisante, céramologue), Pierre Wech (RO médiéviste), Gilles Deshayes (RO médiéviste et moderne), Mathilde Osmond (Topographe), Sébastien Cormier (régie)

des collections), Stéphanie Zeller (étude du petit mobilier), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167), Ingrid Renault (co-responsable du projet, Umr 8167)

À 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.

À la suite de la présentation générale du projet, **Laurent Coulon** se dit intéressé et demande la présentation pwt 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 Géoarchéologue, Univ. Rouen), Damase Mouralis (Pr Géographe, Univ. Rouen), Carole Nehmé (MC Géographe, Univ. Rouen), Mariacristina Varano (MC Archéologue tardo-antiquisante), Philippe Fajon (SRANormandie, Archéogéographe), Thierry Lepert (SRA Normandie, Géoarchéologue), Sylvain Mazet (DAST Inrap Normandie), Dagmar Lucas (RO Inrap antiquisante), Yves-Marie Adrian (RO Inrap antiquisant, céramologue), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167), Ingrid Renault (co-responsable du projet, Umr 8167)

À 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 Sellès (Responsable du service), Jean-Yves Noël (RO néolithicien), Émilie Fenck (RO protohistorienne), Olivier Labat (RO médiéviste), Michel Douard (Archéologue), Antoine Louis (Infographiste), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167), Ingrid Renault (co-responsable du projet, Umr 8167)

Absents excusés : Quentin Borderie (Géomorphologue), Gabriel Chameaux (RO préhistorien), Pierre Périchon (RO antiquisant)

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 Fenck** 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 : Gilles Arnaud-Fassetta (Prof. Univ. Paris-Diderot), Axel Beauchamp (doctorant en géoarchéologie, Univ. Paris Est-Créteil), François Bétard (MC HDR Paris-Diderot), Benoit Pandolfi (EPHE, Géomaticien), Vincent Viel (MC Paris-Diderot), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167), Ingrid Renault (co-responsable du projet, Umr 8167)

À 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, paléoenvironnements 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 : Benoit Pandolfi (EPHE, Géomaticien)

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 html 5 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 : Benoit Pandolfi (EPHE, Géomaticien), Théophile Piau (doctorant en géoarchéologie, Univ. de Paris), Jean-Daniel Ricart (Archéologue), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167)

Excusée : Ingrid Renault (co-responsable du projet, DAChartres 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. **Benoit 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. **Benoit 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. Univ. de Paris), François Bétard (MC HDR Univ. de Paris), Théophile Piau (doctorant en géoarchéologie, Univ. de Paris), Sylvain Rassat (Topographe, Géomaticien, Cnrs), Vincent Viel (MC Univ. de Paris), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167)

Excusées : Caroline Font (Archéomaticienne, Inrap), Ingrid Renault (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 HDR Univ. de Paris), Caroline Font (Archéomaticienne, Inrap), Théophile Piau (doctorant en géoarchéologie, Univ. de Paris), Sylvain Rassat (Topographe, Géomaticien, 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 HDR Univ. de Paris), Stéphane Cordier (MC HDR Univ. Paris Est Créteil), 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 : Caroline Font (Archéomaticienne, Inrap), Théophile Piau (doctorant en géoarchéologie, Univ. de Paris), Sylvain Rassat (Topographe, Géomaticien, Cnrs), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167)

Excusé : François Bétard (MC HDR Univ. 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 + terrain

Workshop 10 – Mise en place de la plateforme collaborative –

Présents : Caroline Font (Archéomaticienne, Inrap), Théophile Piau (doctorant en géoarchéologie, Univ. de Paris), Sylvain Rassat (Topographe, Géomaticien, Cnrs), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167), François Bétard (MC HDR Univ. de Paris – co-porteur du projet), Hippolyte Deconinck et Paulin Ribbe (Ensg), Pierre Mollard (SU)

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. Ces séances ont été complétées par une semaine de travail en commun sur le terrain. 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.

Janvier-juillet 2022 – Zoom

Workshop 11 – Développement de la plateforme collaborative –

Présents : Caroline Font (Archéomaticienne, Inrap), Théophile Piau (doctorant en géoarchéologie, Univ. de Paris), Sylvain Rassat (Topographe, Géomaticien, Cnrs), Fabienne Dugast (porteur du projet, Umr 8167), Pierre Mollard (doctorant SU), Marine Cagnacci et Brandon Sauvat (apprenants Ecole Simplon) et Steven Blombou (formateur et chef de projet Ecole Simplon)

Les réunions de l'année 2022 se sont principalement déroulées autour du développement de la plateforme collaborative, à raison d'une séance tous les 30 à 40 jours. Elles se sont déroulées principalement en visio-conférence, avec la participation active de Pierre Mollard (doctorant SU) et de deux apprenants de l'École Simplon, engagés dans le projet. Elles se continueront en 2023.

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>]

[Lundi 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 dir. Laurent Lespez), Univ. 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**, Univ. 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**, MNHN, Dép. 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**, MNHN, Dép. 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, Inrap ; Clément MOREAU, Archeodunum

[Mardi 13 mars 2018]

L'occupation du sol : les éléments structurants

L'apport de la géomatique à l'étude des territoires – Benoit PANDOLFI, EHES

Premiers éléments du paysage religieux en vallée de l'Eure à la période antique – Amandine TREMEL, Univ. Paris 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, Inrap / Umr 7324 CITERES, 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 siècle – 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* –



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), multiscalaire (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 XIV)

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

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 PRODIG)

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

Archéomatériaux, territoires, patrimoines (ATP), un projet transdisciplinaire sur les matériaux anciens en Haute Normandie – Damase MOURALIS (et les membres du projet ATP) (Université Rouen-Normandie, Umr 6266 IDEES)

[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 (Inrap 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 (Inrap 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 – Université de Paris)

IV. Réseaux d'échanges et cultures matérielles

De l'archéologie aux réseaux : construire des référentiels – Benoit PANDOLFI, Jean-Daniel RICART (Sorbonne Université)

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 (Université de Bordeaux, Umr 5607 Ausonius)

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 CRAHAM)

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 Aqueduc 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 2023]

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.

Communication & poster au Colloque RnMSH *Interdisciplinarité(s)* 9-10 septembre 2021 – Aix-en-Provence



[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/PArTaGEPofter.pdf>]

[11 décembre] T. Piau, F. Bétard, F. Dugast

– *Les temps historiques et préhistoriques du géopatrimoine : une approche par les géoarchéosites en moyenne vallée de l’Eure (Bassin de Paris, France)*

Résumé

Le concept de « géoarchéosites » a été introduit en 2009 par E. Fouache & M. Rasse en tant que « archaeological sites located within geomorphosites » et par G. Lena pour définir « quei luoghi del paesaggio aventi alto interesse ambientale, antropico, storico- archeologico e paesaggistico, in cui la componente geologica e quella antropica ne siano le componenti fondamentali e abbiano la stessa importanza ».

Depuis 2009 en effet, les études de cas mobilisant de près ou de loin le concept de « géoarchéosite » abondent dans la littérature scientifique. Les directives méthodologiques élaborées à des fins de conservation et/ou de valorisation patrimoniale font néanmoins encore défaut. Les mesures de conservation/valorisation restent notamment rares dans le Bassin parisien : pour la plupart initiées à partir de 2007 suite à l’Inventaire National du Patrimoine Géologique (INPG), elles mettent peu en valeur la charge culturelle, archéologique et/ou historique au profit de la valeur géo(morpho)logique qui reste centrale. Il apparaît ainsi nécessaire de mener une réflexion sur le choix et la définition des critères d’évaluation de la composante archéologique de tels sites.

C’est à ce titre que nous proposons de donner au concept de « géoarchéosite » un sens plus large comme résultant de la contraction de sites « géo+archéologique ». Ils se définissent ainsi prioritairement par l’unité de lieu particulièrement favorable à la compréhension des interactions sociétés anciennes/ environnement à l’échelle des temps quaternaires et/ou historiques ; les composantes archéologiques et géomorphologiques ont le même niveau d’importance dans le processus d’inventaire et d’évaluation ; ils supposent une imbrication des temporalités (géologiques, préhistoriques, historiques) à différentes échelles spatiales.

Un exemple d’application est proposé en moyenne vallée de l’Eure qui permet de distinguer 5 grandes catégories :

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

Nous proposons également d’adapter la notion de « disconnected geomorphosite », défini comme la somme scientifiquement articulée mais spatialement disjointe de témoins matériels archéologiques et d’objets géo(morpho)logiques. En ce sens, il s’agit de reconnaître les relations chronologiques et/ou fonctionnelles qui contribuent à rehausser la valeur scientifique globale du géoarchéosite, et de replacer, à plus large échelle, des lieux d’intérêt ponctuel dans un « réseau » d’agencement des territoires anciens afin de les rendre plus intelligibles.

Communication à l'International Conference D-SITE 2022

16-18 juin 2022 – Pavie (Italie)

[17 juin] F. Dugast, I. Le Tellier

– *Detection of buried archaeological remains in large areas. Methodological review and feedback on the use of combined UAV technologies: LiDAR, Infrared and Magnetic measurement. Case study of the Eure Valley (France)*



Résumé

Our communication will present the outcomes and findings following two years of fieldwork as part of the research project, namely ValEuRT (Eure Valley: One River, Several Territories), initiated by the CNRS Laboratory Orient & Méditerranée (UMR 8167, Paris). The aim of this project is to study the land-use and settlement dynamics over the ages (from the Neolithic period to the present day) of the Eure catchment, little-studied part of the western Paris Basin, France. Located at the crossroads of several culture areas, the Eure valley has a rich archaeological and historical past, but no obvious traces are visible on the ground.

As it represents more than 3,000 square km in area, extending between Chartres in the South and the confluence with the Seine in the North, it cannot fit easily within a fieldwalking survey or traditional ground geophysical prospecting.

In addition to conventional archaeological exploration technologies, airborne geophysical campaigns by drone have been programmed to serve as a test before implementation on a larger scale. Four distinct zones with slight traces of ancient or medieval remains, were selected from the analysis of aerial photos taken by plane in the past decade. Each of these zones are 20 to 110 ha in area and from different type of soil: silty alluvial plain, stony alluvial plain (outcrops of flint), the third one, limestone table. The last zone, unlike the first three that are agricultural fields, is wooded.

The technical solutions that have in the first place been selected are LiDAR, Infrared and Magnetic measurement. Theoretically, these technologies allow us to obtain surface information under ground cover and sub-surface information to locate and describe archaeological remains.

- LiDAR provides complete microtopographic coverage with an accuracy of 5 to 20 cm. In addition to providing an accurate, up-to-date topographic map, that serves as a support document for any survey, the interpretation of microtopography classically reveals archaeological traces on the ground, that are not visible to the naked eye.
- Thermal mapping, by measuring the Infra-Red radiation of the ground, can reveal weakly buried structures made up of materials that have a different thermal conductivity from their surroundings. This technology has shown good results for low walls or old buildings that do not come out in microtopography.
- The magnetic measurement technology has been widely tested in ground geophysical survey, to locate weakly buried structures with a conductivity that contrasts with the surrounding rock. The aim of this project is to validate the use of this technology in airborne by drone.

While LiDAR by drone is a well-established technology, thermal and magnetic measurements are tricky because of their implementation and the influence of the environmental measurements (ground, nearby activity, weather, etc.).

The paper focuses as much on the field methodology as on the post-processing of the data and their interpretation. This being an exploratory project, the results are leading to new insights about UAV sensors implementation in the field of cultural heritage.

Communication aux Journées des Jeunes géomorphologues

23-25 juin 2022 – La Rochelle

[23 juin] T. Piau avec F. Bétard et F. Dugast

– *Approche géoarchéologique de la vallée moyenne de l'Eure (Bassin de Paris, France) : jalons pour une reconstitution croisée des paléoenvironnements et des occupations humaines au cours de l'Holocène moyen et récent*



Résumé

Inscrite au sein de la partie occidentale du Bassin parisien, la vallée de l'Eure est un secteur encore assez peu étudié sur le plan paléoenvironnemental, (géo)archéologique et historique, notamment sa portion médiane. Son statut majoritairement agricole, qui ne donne lieu qu'à très peu de projets d'aménagement et par conséquent d'opérations archéologiques préventives, est propice à engager une réflexion exploratoire 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.

La communication orale présentera les résultats des investigations qui ont été menées à des échelles spatiales complémentaires dans une perspective géoarchéologique : (1) analyse cartographique et géomatique pour proposer un premier modèle théorique de l'occupation historique du sol ; (2) cartographie géomorphologique pour établir un zonage des potentialités géoarchéologiques et paléoenvironnementales et évaluer les biais taphonomiques dans la distribution actuelle des gisements archéologiques ; (3) prospections géophysiques (Tomographie de résistivité électrique, Géoradar) et sondages sédimentaires pour une reconstitution de l'architecture des remblaiements alluviaux au voisinage des sites archéologiques en fond de vallée et dans les sous-bassins versants ; (4) 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 (géo)archéologiques clés.

Les premiers résultats indiquent une métamorphose synchrone du *continuum* fluvial qui semble s'opérer à la charnière entre le Néolithique récent et le Bronze ancien. Les chenaux de l'Eure sont déconnectés de l'axe d'écoulement fluvial principal et sont progressivement remblayés par une sédimentation détritique, témoignant d'une importante érosion des sols dans le bassin-versant à cette période. Une sédimentation tourbeuse perdure localement entre l'âge du Bronze et le Haut Moyen Âge à la faveur d'« effets de site ». Dans les sous-bassins de rive droite de l'Eure, largement ouverts dans les séries tertiaires, une nouvelle phase (plus récente) d'atterrissement limoneux est détectée à partir du Bas Moyen-Âge, possiblement liée à une recrudescence de l'érosion des sols sous l'effet d'importants défrichements sur les plateaux. Bien que les limites de certaines méthodes d'investigation soient soulignées, elles permettent d'ouvrir sur des perspectives nouvelles d'intégration des recherches géomorphologiques et archéologiques dans une optique programmatique et non nécessairement préventive.

Communication à l'Union géographique internationale – UGI | IGU

18-28 juillet 2022 – Paris



[23 juin] T. Piau avec F. Bétard et F. Dugast

– *Approche géoarchéologique de la vallée moyenne de l'Eure (Bassin de Paris, France) : jalons pour une reconstitution croisée des paléoenvironnements et des occupations humaines au cours de l'Holocène moyen et récent*

[ACCEPTÉE mais ANNULÉE]

Résumé

For the last decade, scientific literature is replete with scattered case studies on geoarchaeological heritage (e.g. Taha *et al.* 2020; Cruz-Pérez *et al.* 2021). However, methodological guidelines are lacking for inventorying and assessing a “geoarchaeosite” collection (Fouache & Rasse 2009) 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 geoarchaeological heritage (Piau *et al.* 2021) with an example of application in the middle Eure Valley (Paris Basin, France). In this work, we propose to use the concept of “geoarchaeosite” as a contraction of geoarchaeological sites, i.e. sites of particular relevance for the understanding of human-environment interactions at the Quaternary or historical time scale. 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 (Reynard *et al.* 2016). In the study area, the results provide a selection of 24 geoarchaeosites with contrasted scientific values, from sites of international (Saint-Prest, Chaudon) and national rank (Chartres Cathedral and its historical quarry, the Aqueduct of Maintenon) to more confidential sites of regional and local interest, with various degrees of vulnerability and potential use. A network analysis of “disconnected geoarchaeosites” according to chronological and functional relationships contributes to improving the overall scientific value of the geoarchaeological heritage. Among the prospects that are emerging in the scope of promotional activities we see the interest of building a digital geoarchaeoheritage platform with a collaborative/participatory aim in order to reinforce heritage ownership by local residents and stakeholders.

Poster présenté à la 10th International Conference on Geomorphology – IAG 2022

12-16 septembre 2022 – Coimbra (Portugal)



[16 septembre] T. Piau, F. Bétard, F. Dugast

– *Geoarchaeological approach of the middle Eure valley (Paris Basin, France): benchmarks for reconstructing both paleoenvironments and human occupations during the Mid- and Late Holocene*

Résumé

Located in the western part of the Paris Basin (France), the Eure catchment is a rather unexplored area in the paleoenvironmental, (geo)archaeological and historical field, especially in its median section. Actually, the latter status, which is predominantly agricultural, gives rise to very few spatial planning projects and as a result to very few preventive archaeological excavations. This area therefore provides an appropriate context for new considerations about technical approaches to be put into in an effective and relevant manner to overcome data gaps, whatever the period or the scientific field.

The poster will present the results of the investigations that have been carried out at different spatial scales with a geoarchaeological perspective: (i) cartographic and geomatics analysis to propose a first theoretical modelling of historical land-use; (ii) geomorphological mapping in order to underline the impacts of geomorphological dynamics on taphonomy and remains of archaeological settlement; (iii) geophysical surveys (Electrical Resistivity Tomography, Ground Penetrating Radar), percussion drilling for sedimentary cores and sedimentological analysis to obtain a 2D picture of the sediment structures of the paleochannels, as well as to reconstruct the hydro-sedimentary dynamics of the Eure river close to archaeological remains; (iv) remote sensing using airborne technics by drone (photogrammetry, LiDAR, Infrared) and point cloud analysis to map microtopographic features of some (geo)archaeological key sectors.

The first results suggest a synchronous metamorphosis of the fluvial continuum that seems to take place during the Late Neolithic and Early Bronze Age. The Eure channels are disconnected from the main fluvial flow axis and progressively filled by detrital sedimentation, suggesting a significant soil erosion within the catchment at this time. On the other hand, peat sediments can be locally detected between the Bronze Age and the Early Middle Ages as a result of "site effects". Within the sub-watersheds of the right bank of the Eure, that are widely opened in the Tertiary series, a new and more recent phase of silty sedimentation has been identified from the Late Middle Ages onwards, probably linked to the growing soil erosion under the effect of large-scale upland-clearing. Despite their constraints, the investigative methods open up to new perspectives with a view to the integration of geomorphological and archaeological research in a programmatic but not necessarily preventive approach.

Participation au Groupe de Travail *Changements environnementaux et sociétés dans le passé* du LabEx *DynamiTe*

10 octobre 2022 – Nanterre



[10 octobre] T. Piau avec F. Bétard et F. Dugast

– *Approche géoarchéologique de la vallée moyenne de l'Eure (Bassin de Paris) : jalons pour une reconstitution croisée des paléoenvironnements et des occupations humaines au cours de l'Holocène moyen et récent*

Résumé

Inscrite au sein de la partie occidentale du Bassin parisien, la vallée de l'Eure est un secteur encore assez peu étudié sur le plan paléoenvironnemental, (géo)archéologique et historique, notamment dans sa portion médiane. Son statut majoritairement agricole (70%), qui ne donne lieu qu'à très peu de projets d'aménagement et par conséquent d'opérations archéologiques préventives, est propice à engager une réflexion exploratoire 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.

La communication orale présentera les résultats des investigations qui ont été menées à des échelles spatiales complémentaires dans une perspective géoarchéologique : (1) analyse cartographique et géomatique pour proposer un premier modèle théorique de l'occupation historique du sol ; (2) cartographie géomorphologique pour établir un zonage des potentialités géoarchéologiques et paléoenvironnementales et évaluer les biais taphonomiques dans la distribution actuelle des gisements archéologiques ; (3) prospections géophysiques (Tomographie de résistivité électrique, Géoradar) et sondages sédimentaires pour une reconstitution de l'architecture des remblaiements alluviaux au voisinage des sites archéologiques en fond de vallée et dans les sous-bassins versants ; (4) 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 (géo)archéologiques clés.

Les premiers résultats indiquent une métamorphose synchrone du *continuum* fluvial qui semble s'opérer à la charnière entre le Néolithique récent et le Bronze ancien. Les chenaux de l'Eure sont déconnectés de l'axe d'écoulement fluvial principal et sont progressivement remblayés par une sédimentation détritique, témoignant d'une importante érosion des sols dans le bassin-versant à cette période. Une sédimentation tourbeuse perdure localement entre l'âge du Bronze et le Haut Moyen Âge à la faveur d'« effets de site ». Dans les sous-bassins de rive droite de l'Eure, largement ouverts dans les séries tertiaires, une nouvelle phase (plus récente) d'atterrissement limoneux est détectée à partir du Bas Moyen-Âge, possiblement liée à une recrudescence de l'érosion des sols sous l'effet d'importants défrichements sur les plateaux. Bien que les limites de certaines méthodes d'investigation soient soulignées, elles permettent d'ouvrir sur des perspectives

nouvelles d'intégration des recherches géomorphologiques et archéologiques dans une optique programmatique et non nécessairement préventive.

Communication à la CPG – *Les archéo-géosites ou géoarchéosites : à la croisée des patrimoines géo(morpho)logiques et archéologiques*

10 décembre 2022 – Paris



[10 décembre] T. Piau, F. Dugast avec F. Bétard

– *Le concept de « géoarchéosite » appliqué à l'archéologie dans l'analyse des dynamiques de peuplement ?*

Résumé

De plus en plus, l'archéologie s'aide des géosciences, et notamment de données géomorphologiques et paléoenvironnementales, pour mieux approcher les sociétés anciennes et leur fonctionnement dans la longue durée. Certaines démarches telles que la géoarchéologie ont ouvert la voie à une véritable « co-disciplinarité ». Les études géo(morpho)logiques s'inscrivent de ce fait de plus en plus naturellement dans le cadre de la fouille d'un site archéologique. Pour des analyses à plus large échelle, qui concernent un territoire donné défini en fonction de l'objet d'étude – bassin-versant, système politique ou administratif –, il ne s'agit plus simplement de décrire et d'interpréter les enregistrements sédimentaires recelant des vestiges archéologiques, mais de retracer les modalités d'interactions entre les processus biophysiques et anthropiques sur l'évolution des environnements et des communautés humaines.

En s'intéressant aux dynamiques de peuplement, le programme ValEuRT mobilise les notions de paysages et de territoires (ou de « terroirs »). Dans ce cadre, il est primordial d'arriver à mettre en dialogue les deux disciplines, l'archéologie et la géomorphologie, et leurs données respectives pour envisager les évolutions – d'emprise, d'organisation, de fonctionnement des territoires ou paysages au sens large, qu'ils soient anthropisés ou pas – aux différentes échelles spatiales et temporelles, et leurs nécessaires imbrications. C'est dans ce contexte général que le concept de « géoarchéosite » nous a intéressés. Tel qu'il a été proposé jusqu'à présent, ce concept met principalement en exergue des sites archéologiques localisés sur des géomorphosites (Fouache et Rasse, 2009). Il peut assez bien se plier à la conjonction de ces deux ensembles remarquables (un site archéologique et un site géomorphologique) dès l'instant qu'un lien entre les deux est établi. Il met en avant des critères de sélection qui s'appuient sur le principe de représentativité patrimoniale. Le principe de « disconnected site » – dans la suite des réflexions d'Emmanuel Reynard sur les « disconnected geomorphosites » – ajoute un critère supplémentaire appuyé sur la notion de réseau, qui permet à des témoins matériels sous-évalués – archéologiques ou géomorphologiques – de prendre un peu plus d'importance dans la grille de lecture en raison de leur relation chronologique et/ou fonctionnelle à un ou d'autres témoins matériels géomorphologiques ou archéologiques. Compte tenu du contexte général du secteur d'étude où la notion de patrimoine, géo(morpho)logique comme archéologique, est peu marquée, on tend à s'intéresser au « patrimoine ordinaire », qui est le propre de l'archéologie. Une correspondance systématique entre la définition des composantes d'origine géo(morpho)logique (la géodiversité) et celle d'origine humaine (la diversité des vestiges archéologiques, la diversité culturelle, l'« archéodiversité ») – en vue de les faire dialoguer à des échelles compatibles est-elle réellement applicable ? Jusque dans quelle mesure peut-on approcher l'idée de « géoarchéosites ordinaires » ? Comment peut-on l'utiliser, en termes à la fois de reconnaissance patrimoniale – et de patrimoine ordinaire – et de réflexion scientifique ?

Les critères employés par Reynard *et al.* (2007, 2016) se sont avérés peu opérants pour notre recherche autour de l'inventaire et de l'évaluation des géoarchéosites. Plusieurs ajustements méthodologiques ont été nécessaires. Le processus de sélection a été mis à jour selon trois axes (*i.e.*, spatial, temporel et spatio-

temporel). Les valeurs additionnelles (*i.e.*, culturelle, écologique, esthétique) ont été transposées et/ou supprimées, ainsi que certains critères relatifs à la valeur géoscientifique. Une nouvelle combinaison de 8 critères est alors adoptée pour caractériser les composantes archéologiques et géo(morpho)logiques dans l'optique d'un inventaire binomial.

Parmi les 19 géoarchéosites inventoriés en vallée moyenne de l'Eure, ceux appartenant à la catégorie des « sites défensifs » d'âge protohistorique, antique et/ou médiéval (éperons barrés, mottes castrales, forts) sont particulièrement intéressants. Entre Sorel-Moussel au sud et Merey au nord notamment, une série d'implantations humaines de ce type privilégie une position géomorphologique dominante. Dressée sur le plateau, en rive gauche de la vallée du Robinson, la motte féodale de Breuilpont est encore lisible dans la topographie actuelle de par ses vestiges caractéristiques (tour centrale, terrassement de la basse court) et peut être associée à celle de Merey en rive gauche de l'Eure. Un changement d'échelle révèle une organisation en « réseau » des places fortes de la moyenne vallée de l'Eure faisant de ces témoins matériels, à première vue isolés, des marqueurs forts en termes de structuration du paysage géomorphologique mais également, de génération historique structurelle des territoires. L'intérêt du géoarchéosite en « réseau » réside moins dans ses caractéristiques intrinsèques que dans ses modalités d'implantation au sein du système géomorphologique. Les géoarchéosites ordinaires en « réseau » constituent *in fine* des objets de recherche aux potentialités importantes et un support propice pour engager de nouvelles recherches interdisciplinaires en vallée moyenne de l'Eure et réaliser une analyse sur les dynamiques de peuplement dans la longue durée. Ils doivent aussi être pris en compte par les acteurs du territoire dans une optique d'aide à la planification et à l'aménagement de l'espace. L'absence de reconnaissance et/ou la méconnaissance du « petit » patrimoine par le plus grand nombre peut entraîner une perte irréversible de ce dernier.

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 5^e) – exposition reconduite du 27 septembre au 28 octobre **2022** ;
- le 21 janvier **2023** à Villers-sur-Mer (14), sur l'invitation de l'APVM (association de Paléontologie) ;
- printemps **2023** à la Mairie de Dancourt (28), sur l'invitation de l'association Loisirs-Culture-Nature de Senantes.

Annexe 4 – Publications

Carnet de recherche *Bienvenue en vallée de l'Eure* (Hypothèses.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 (ISSN 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 la portion médiane de la vallée de l'Eure, à l'ouest du Bassin parisien. 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.). À 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 multiscalaire 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 multiscalaire 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 fluviatiles 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



BILAN
SCIENTIFIQUE
2019

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.

Bilan scientifique de Normandie 2021 [2022]

F. Dugast, F. Bétard, T. Piau

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

Résumé

La réflexion menée dans le cadre général du PCR ValEuRT vise à qualifier le bassin versant de l'Eure, à reconnaître des « réseaux » locaux pour identifier des faciès culturels, des territoires anciens 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 se sont

axées par conséquent sur l'acquisition combinée de données géomorphologiques et archéologiques pour dresser 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 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 un contexte 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. Elle s'est accompagnée de prospections archéologiques au sol et du déploiement de techniques aéroportées par drone. Elle a également ouvert le champ à une démarche inédite d'inventaire cartographique et d'évaluation numérique de « géoarchéosites » – paléogéographique, bâti, minier, carrier – qui illustrent les interactions sociétés anciennes/environnement à l'échelle des temps quaternaires et historiques. Cet inventaire démontre l'intérêt de croiser les composantes archéologique et géomorphologique dans un processus d'évaluation numérique pour mesurer le potentiel géoarchéologique des sites ; mais également de replacer des lieux d'intérêt ponctuel dans un « réseau » d'agencement des territoires anciens afin de les rendre plus intelligibles.

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

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

Amélie **Vialet 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**, Clément **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

Gaël **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 (Alix **Fourré**) et de la vallée de l'Eure (Ingrid **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

Virginie **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*

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

Hervé **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 HdR, Université de Paris, PRODIG Umr 8586)
- Stéphane Cordier (McF HdR, Université Paris-Est Créteil, LGP Umr 8591)
- Fabienne Dugast (IR Cnrs, Orient & Méditerranée Umr 8167)
- Nicole Limondin-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 HdR, Université de Paris, PRODIG Umr 8586)
- Fabienne Dugast (IR 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 HdR, Université de Paris, PRODIG Umr 8586)
- Stéphane Cordier (McF HdR, Université Paris-Est Créteil, LGP Umr 8591)
- Fabienne Dugast (IR Cnrs, Orient & Méditerranée Umr 8167)
- Nicole Limondin-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 HdR, Université de Paris, PRODIG Umr 8586)

[Contrat doctoral Université de Paris]



→ Comité de pilotage

- Gilles Arnaud-Fassetta (Pr, Université de Paris, PRODIG Umr 8586)
- François Bétard (McF HdR, Université de Paris, PRODIG Umr 8586)
- Fabienne Dugast (IR Cnrs, Orient & Méditerranée Umr 8167)
- Éric Masson (McF, Université de Lille)
- Sylvain Rassat (IE Cnrs)
- Vincent Viel (McF, Université de Paris, PRODIG Umr 8586)

Annexe 6 – Équipe-projet 2019-2022

Gilles ARNAUD-FASSETTA

Professeur des universités en Géographie physique
et hydrogéomorphologie appliquée
Umr 8586 PRODIG, Université de Paris

gilles.arnaud-fassetta@univ-paris-diderot.fr

Fabienne DUGAST

Archéologue – Ingénieur de recherche
Umr 8167 Orient & Méditerranée, Paris

fabienne.dugast@cnrs.fr

Théophile PIAU

Doctorant en géoarchéologie
Umr 8586 PRODIG, Université de Paris

theophilepiau@yahoo.fr

Ingrid Renault

Historienne et céramologue
Direction archéologique Chartres Métropole

ingrid.renault@orange.fr

François BETARD

Maître de conférence HDR en Géographie physique
et géomorphologie
Umr 8586 PRODIG, Université de Paris

francois.betard@univ-paris-diderot.fr

Caroline FONT

Archéologue et Archéomaticienne
Inrap

caroline.font@inrap.fr

Sylvain RASSAT

Géomètre-topographe et Géomaticien
Umr 8596 Centre Rolland Mousnier

sylvain.rassat@cnrs.fr

Vincent VIEL

Maître de conférence en Géographie physique
Umr 8586 PRODIG, Université de Paris

vincent.viel@univ-paris-diderot.fr

Équipe-support 2019-2022

Yves-Marie ADRIAN

Archéologue et Céramologue (RO)
Inrap Grand Ouest

yves-marie.adrian@inrap.fr

Grégory CHAUMET

Architecte et Historien de l'art
responsable de la plateforme Plémo3D
Sorbonne Université

gregory.chaumet@gmail.com

Gilles DUMONDELLE

Prospecteur aérien – Archéo27

archeo27@wanadoo.fr

Jérôme-Fr. HAQUET

Archéologue – Ingénieur de recherche
Umr 8167 Orient & Méditerranée, Paris

jfhaquet@cnrs.fr

Christian CAMERLYNCK

Maître de conférence en Géophysique
Umr 7619 Métis – UPMC Paris

christian.camerlynck@upmc.fr

Bruno DESACHY

Conservateur du Patrimoine, enseignant univ. Paris I
Umr 7041 ArScAn, Nanterre

bruno.desachy@univ-paris1.fr

Alix FOURRE

Archéologue et Céramologue
Inrap

alix.fourre@inrap.fr

Pierre GEGU

Agriculteur, Breuilpont

pierre.gegu@free.fr

Max LAROMANIERE

Ingénieur
UFR GHES Pôle Travaux pratiques
max.laromaniere@univ-paris-diderot.fr

Gaël LEON

Archéologue (RO)
Inrap Grand Ouest
gael.leon@inrap.fr

Dagmar LUKAS

Archéologue (RO)
Inrap Grand Ouest
dagmar.lukas@inrap.fr

Benoît PANDOLFI

Géomaticien indépendant
benoit@pandolfi.me

Véronique & Jean-Noël LE BORGNE

Prospecteurs aériens – Archéo27
archeo27@wanadoo.fr

Isabelle LE TELLIER- HEITZ

Géophysicienne, pilote de drone
AirD'Eco drone
contact@airdeco-drone.com

Sylvain MAZET

Archéologue et Géomaticien
Inrap Grand Ouest (DAST)
sylvain.mazet@inrap.fr

Clément VIRMOUX

Ingénieur d'études en géophysique
LGP Meudon
clement.virmoux@lgp.cnrs.fr
