Evolution paléogéographique du bas estuaire de laCharente et production du sel entre le Néolithique et l'Âge du Fer : le cas du site du Pontet (Saint-Nazaire, Charente-Maritime, France)

Amélie Duquesne, Jean-Michel Carozza, Guillaume Bruniaux, Vivien Mathé, Marylise Onfray, François Levêque, Stéphane Vacher, Laurent Carozza, Pierre Stéphan, Vincent Ard

To cite this version:

Amélie Duquesne, Jean-Michel Carozza, Guillaume Bruniaux, Vivien Mathé, Marylise Onfray, et al.. Evolution paléogéographique du bas estuaire de laCharente et production du sel entre le Néolithique et l'Âge du Fer : le cas du site du Pontet (Saint-Nazaire, Charente-Maritime, France). Géomorphologie : relief, processus, environnement, 2024, 10.4000/books.editionsmsh.44723 . hal-04766803

HAL Id: hal-04766803
https://hal.science/hal-04766803v1

Submitted on 7 Nov 2024

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.

Recherche

INDEX
- Auteurs
- Mots-clés

PRÉ-PUBLICATION
- Articles sous presse

NUMÉROS EN TEXTE INTÉGRAL
- 30 (2024) 1
- 29 (2023) 1 | 2 | 3 | 4
- 28 (2022) 1 | 2 | 3 | 4
- 27 (2021) 1 | 2 | 3 | 4
- 26 (2020) 1 | 2 | 3 | 4
- 25 (2019) 1 | 2 | 3 | 4
- 24 (2018) 1 | 2 | 3 | 4
- 23 (2017) 1 | 2 | 3 | 4
- 22 (2016) 1 | 2 | 3 | 4
- 21 (2015) 1 | 2 | 3 | 4
- 20 (2014) 1 | 2 | 3 | 4
- 19 (2013) 1 | 2 | 3 | 4
- 18 (2012) 1 | 2 | 3 | 4
- 17 (2011) 1 | 2 | 3 | 4
- 16 (2010) 1 | 2 | 3 | 4
- 15 (2009) 1 | 2 | 3 | 4
- 14 (2008) 1 | 2 | 3 | 4
- 13 (2007) 1 | 2 | 3 | 4
- 12 (2006) 1 | 2 | 3 | 4
- 11 (2005) 1 | 2 | 3 | 4

NUMÉROS SUR PERSÉE
- 2000-2004
- 1995-1999

TOUS LES NUMÉROS →

MÉTRIQUES DE LA REVUE
- IF (WOS) : 0,647 (2021)
- 5-year IF (WOS) : 0,874 (2019)
- SNIP (SCOPUS) : 0,41 (2019)
- IPP (SCOPUS) : 0,74 (2019)
- SJR (SCOPUS) : 0,364 (2020)

PRÉSENTATION
- Présentation de la revue
- Structure éditoriale
- Recommandations aux auteurs
- Abonnement / Accès réservé
- À propos

SPONSORS
- Beta Analytic

INFORMATIONS
- Contacts
- Crédits
- Politiques de publication

SUIVEZ-NOUS
- Flux RSS

LETTRES D'INFORMATION
- La Lettre d'OpenEdition

ACCÈS MEMBRES

Articles sous presse

Evolution paléogéographique du bas estuaire de la Charente et production du sel entre le Néolithique et l'Âge du Fer : le cas du site du Pontet (Saint-Nazaire, Charente-Maritime, France)

Paleogeographic evolution of the lower Charente estuary and igneous salt production during Neolithic and Iron Age: the case of the Pontet site (Saint-Nazaire, Charente-Maritime, France)

Amélie Duquesne, Jean-Michel Carozza, Guillaume Bruniaux, Vivien Mathé, Marylise Onfray, François Levêque, Stéphane Vacher, Laurent Carozza, Pierre Stéphan et Vincent Ard

Résumé | Index | Plan | Notes de la rédaction | Texte | Bibliographie | Annexe | Illustrations | Citation | Auteurs

Résumés

FRANÇAIS | ENGLISH

Ce travail vise à déterminer l'évolution des conditions d'exploitation du sel autour du site du Pontet au cours du Néolithique récent et de l'âge du Fer par la confrontation des données archéologiques et environnementales. Le site principal du Pontet est un site fossoyé de plateau qui a été occupé principalement durant le Néolithique récent (3600-2900 cal. BCE). Il domine un vallon à fond plat proche de l'estuaire de la Charente dont la paléogéographie est reconstituée grâce aux données géophysiques et à des carottages. Ces informations permettent de reconstituer la topographie du fond du vallon qui correspond à un talweg à pente régulière (~ 1%) façonné dans les calcaires lors du bas niveau marin durant le Stade Isotopique Marin 2 (SIM2). Cette topographie est fossilisée par les formations littorales transgressives et régressives mises en place lors de la remontée puis de la stabilisation du niveau marin holocène. Les formations marines les plus anciennes se mettent en place dans la partie aval de la vallée à partir de 5800 cal. BCE, alors que les versants au pied du site enregistrent un épisode de pédogenèse hydromorphe et sont donc hors d'eau. Lors de la première phase d'occupation du site au Néolithique récent I (3600-3300 cal. BCE) les Pleines Mer de Vives Eaux (PMVE) atteignent le bas des versants du site du Pontet ce qui est compatible avec une activité d'exploitation de sel ignigène au plus près de l'enceinte. Les débuts de la progradation des marais (mise en place d'un schorre) et l'éloignement de la limite des eaux atteintes lors de PMVE à partir de 3000 cal. BCE suggèrent qu'au cours du Néolithique récent II, les conditions d'exploitation du sel pourraient avoir été significativement modifiées et que des avant-sites isolés du site principal pourraient être devenus la règle comme cela est observé sur le site proche de La Garenne. Les colluvions de pied de versant mises en place entre la fin du Néolithique récent et le Bronze final servent de support à une réoccupation saunière datée de l'Âge du Fer, entre le VIIIe siècle et le IIIe siècle cal. BCE. La position de cette réoccupation en pied de versant est discutée quant à sa signification et est mise en relation avec une phase d'érosion et de recul des marais liée à la dégradation climatique et à l'augmentation des tempêtes qui caractérisent les débuts du 1er millénaire cal. BCE à l'échelle de la façade Atlantique. La position des sites sauniers de l'âge du Fer ne constitue donc pas, au moins à l'échelle locale, un indicateur du maximum transgressif qui est antérieur d'un millénaire.

Entrées d'index

Mots-clés : Estuaire, Charente, sel ignigène, géoarchéologie, Holocène, Néolithique récent, enceinte fortifiée

Keywords: Estuary, Charente, igneous salt, geoarchaeology, Holocene, Late Neolithic, walled site

Plan

1.Introduction
2.Zone d'étude
 2.1. Contexte géologique et géomorphologique
 2.2. Description du site archéologique du Pontet
3. Matériels et méthodes
 3.1. Acquisition des données de terrain
  3.1.1. Données géophysiques
  3.1.2. Carottages
  3.1.3. Tranchées archéologiques
 3.2. Traitement des données sédimentaires
 3.3. Chronologie
4. Résultats
 4.1. Apport des données géophysiques
 4.2. Les données des carottages et de la tranchée archéologique
 4.3. L'apport de la tranchée Tr10-11 et du carottage SNP01
5. Discussion
 5.1. Evolution paléogéographique de la Charente
 5.2. Conséquences des évolutions paléogéographiques sur l'occupation humaine
6. Conclusion

Notes de la rédaction

reçu le 22 avril 2024, accepté définitivement le 26 septembre 2024

Texte intégral

fac-similé PDF 13M Freemium

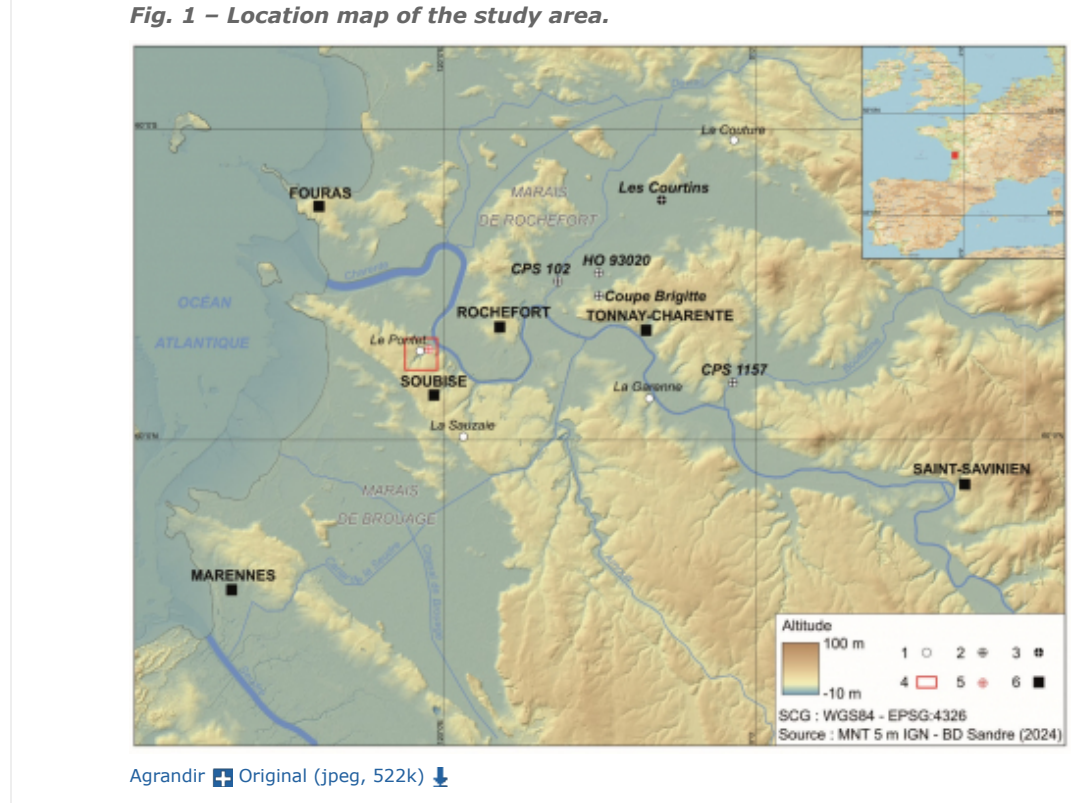
1.Introduction

1 Les débuts de l'exploitation du sel coïncident avec l'émergence des premières sociétés agropastorales dès le VIe millénaire BCE en Europe orientale puis, plus tardivement en Europe occidentale et sur la façade Atlantique (Weller, 2005 ; Weller et Ard, 2024). Dans la seconde moitié du Ve millénaire, le développement de sites à enceintes fossoyées entre le Marais poitevin et l'embouchure de la Gironde, comme les sites de Champ-Durand dans le Marais Poitevin (Cassen et Scarre, 1997 ; Joussaume, 1999 ; Ard et Weller, 2012), de la Sauzaie et de Couture dans le Marais de Rochefort (Pautreau, 1974 ; Gachina, 1975 ; Bolle, 1994 ; Ard, 2011), a été mis en relation avec la production et la diffusion du sel (Ard et Weller, 2012, 2014). Cette hypothèse repose notamment sur des analyses géochimiques réalisées sur des vases qui montrent des concentrations élevées en chlorures (Ard et Weller, 2012, 2014). Ces derniers ont été interprétés comme des récipients dédiés à la production de sel ignigène c'est-à-dire la concentration de l'eau salée par chauffage au feu jusqu'à cristallisation de la saumure. Si ces éléments constituent de solides arguments pour étayer l'hypothèse d'une production du sel au Néolithique, il existe peu de travaux qui abordent la question de l'organisation spatiale de cette production de sel dans ou autour de ces sites, c'est-à-dire de leurs relations à l'environnement. En effet, dans ce cas-ci, la production de sel est dépendante de l'accès aux eaux marines salées, qui est lui-même contrôlé par l'organisation des paléo-paysages et le niveau marin local.

2 À l'échelle de la façade Atlantique méridionale, ces éléments restent encore assez mal appréhendés pour la période comprise entre le Ve et le Ier millénaire BCE. Les travaux de Regain (1980), Carbonel et al. (1998) et Bourgueil (2005) n'apportent que peu d'éléments sur l'évolution des milieux au cours du Néolithique et de l'âge du Bronze. Les données les plus significatives concernent l'implantation des sites à sel de l'âge du Fer qui ont été utilisés pour reconstituer la position et l'altimétrie du trait de côte holocène le long de la façade charentaise (Gabet, 1968, 1970, 1971). Bien que ces données anciennes soient marquées par l'imprécision chronologique, stratigraphique, altitudinale et paléogéographique, ce qui laisse une grande marge d'incertitude, elles fournissent des jalons intéressants pour positionner le maximum de l'influence marine. Pour les périodes plus anciennes notamment du Néolithique récent à final, les conditions d'exploitabilité des sites pour la production de sel ignigène n'ont pas fait l'objet d'une confrontation avec les données paléo-environnementales. Pour cette période, les acquis concernent principalement l'évolution des marais maritimes mais sans relation avec les occupations humaines (Clavé et al., 2001), l'évolution du niveau marin (Garcia-Artola et al., 2018) ou encore les premiers impacts anthropiques (Carozza et al., 2023).

3 Dans ce travail, nous proposons d'explorer la relation entre le site du Pontet à Saint-Nazaire-sur-Charente (Charente-Maritime, France, fig. 1) et l'évolution de son environnement direct, *i.e.*, l'estuaire de la Charente et un étier, le Grand Écours, au cours de la seconde moitié de l'Holocène en particulier sur la période comprise entre le Néolithique récent (3600-2900 cal. BCE) et le second âge du Fer (460-150 cal. BCE) afin d'envisager l'évolution des conditions d'exploitation du sel sur ce site.

Fig. 1 – Carte de localisation de la zone d'étude.
Fig. 1 – Location map of the study area.



Agrandir Original (jpeg, 522k)

1. Site à sel de l'âge du Fer cité dans ce travail ; 2. Sondage étudié dans Carbonel et al. (1998) ; 3. Sondage étudié dans Bourgueil (2005) ; 4. Zone d'étude ; 5. Site de carottage ; 6. Ville principale.
1. Iron Age salt exploitation site in this work; 2. Coring site studied in Carbonel et al. (1998); 3. Coring site studied in Bourgueil (2005); 4. Study area; 5. Coring site; 6. Main city.

4 Localisée dans le bas estuaire de la Charente, cette enceinte fossoyée a fait l'objet d'une attention soutenue depuis sa découverte en 2009, en raison de sa proximité avec les sites de la Sauzaie à Soubise (Pautreau, 1974 ; Pautreau et Robert, 1975) et de la Garenne à Saint-Hippolyte (Burgaud, 1937 ; Gabet et Massaud, 1965). À partir de 2015, l'enceinte fossoyée du Pontet est un des sites-clés du Projet Collectif de Recherche (PCR) intitulé « Dynamiques d'occupation et d'exploitation du sel dans les golfes charentais, du Néolithique à l'âge du Fer ». Sur la période 2015-2020, plusieurs actions successives y sont menées : prospections géophysiques (Bruniaux et al., 2016 ; Bruniaux et al., 2017 ; Bruniaux, 2017), sondages, fouilles archéologiques et inventaire du mobilier (Mathé et Ard dir., 2015, 2016, 2018, 2019, 2020, 2021) et enfin carottages, qui permettent aujourd'hui de proposer une synthèse alimentée par de nouvelles données sédimentaires et chronologiques.

5 L'évolution du bas estuaire de la Charente au cours de l'Holocène a fait l'objet d'une synthèse des connaissances par Carbonel et al. (1998) lors des travaux de l'autoroute A89 pour la partie autour de Rochefort. Quatre coupes ont été étudiées dont deux sont particulièrement informatives (fig. 1). Le sondage de l'écluse (CPS 102) d'une longueur de 22 m, a livré une séquence transgressive-régressive depuis un milieu estuarien ouvert vers 7400 + 170 BP (6586-5925 cal. BCE) à la base jusqu'à un marais doux dulçaquicole à partir de 3375 + 90 BP (1890-1455 cal. BCE) pour les trois derniers mètres. La coupe Brigitte réalisée sur le site de La Challonnière sur un versant dominant le marais a, quant à elle, livré une séquence de 4,10 m d'épaisseur. Elle renferme à sa base des éléments d'occupation néolithique reposant directement sur le substratum et datés à 5620 + 270 BP (5200-3810 cal. BCE) et associés à un environnement de vasière intertidale active jusqu'à l'âge du Bronze ancien. Une occupation saunière du 1er âge du Fer a également été identifiée. Ces auteurs concluent de ces travaux que le colmatage du golfe de Rochefort a été rapide et était quasiment achevé au début de l'âge du Fer.

6 Les travaux acquis autour du site du Pontet, situé près de 5 km en aval des sites étudiés par Carbonel et al. (1998) (fig. 1), permettent de compléter cette synthèse et visent plus spécifiquement trois objectifs : *(i)* reconstituer la paléogéographie du site du Pontet au moment des occupations néolithique et protohistorique ; *(ii)* proposer un modèle d'évolution sur le second Holocène de la zone humide fluvio-estuarienne située en contrebas de l'enceinte fossoyée et enfin *(iii)* envisager les conditions d'exploitabilité du site pour une production ignigène du sel durant le Néolithique récent au regard des données paléo-environnementales acquises et déterminer la localisation possible des exploitations saunières pré- et protohistoriques.

2.Zone d'étude

2.1. Contexte géologique et géomorphologique

7 Le site du Pontet est une enceinte fossoyée implantée sur le rebord de plateau qui domine la rive gauche du fleuve Charente, sur la commune de Saint-Nazaire-sur-Charente (Charente-Maritime, France), à quelques kilomètres de l'exutoire de l'estuaire de la Charente (fig. 1). Il est situé au contact avec deux grands ensembles géomorphologiques décrits par Bourgueil et Moreau (1972). Le premier ensemble est un plateau calcaire étroit d'une altitude d'environ 20 m et constitué de *marnes à Exogyra columba gigas* du Turonien inférieur et de *calcaires à Rudistes* du Turonien supérieur. Le rebord du plateau d'orientation nord-est est disséqué par une série de petits vallons perpendiculaires et drainés (*e.g.*, le Grands Ecours, la Mornétrie, les Jamelles). Le second ensemble est constitué de basses plaines fluvio-estuariennes édifiées en relation avec la remontée du niveau marin Holocène (Bourgueil, 2005). Désignées localement sous le nom de « bri », ces formations peuvent atteindre jusqu'à 30 m d'épaisseur dans l'axe de la vallée incisée de la Charente (Bourgueil et Moreau, 1972 ; Weber, 2004) et sont constituées d'alluvions fines d'origine fluvio-marine déposées au cours de l'Holocène en contexte transgressif puis régressif. Il s'agit de formations argilo-limoneuses, bleu-gris, verdâtres à ocre ou rouges, plus ou moins compactes, très carbonatées et renfermant des débris coquilliers. La carte géologique différencie du bri ancien (bri bleu) et un bri récent (bri brun) sur la base de sa couleur, mais ce critère lié à l'oxydoréduction n'a pas de signification stratigraphique. Au droit d'environnements abrités, ces formations peuvent recouvrir de fins lits tourbeux (tourbe de base) ou des tourbes intercalées (Bourgueil, 2005).

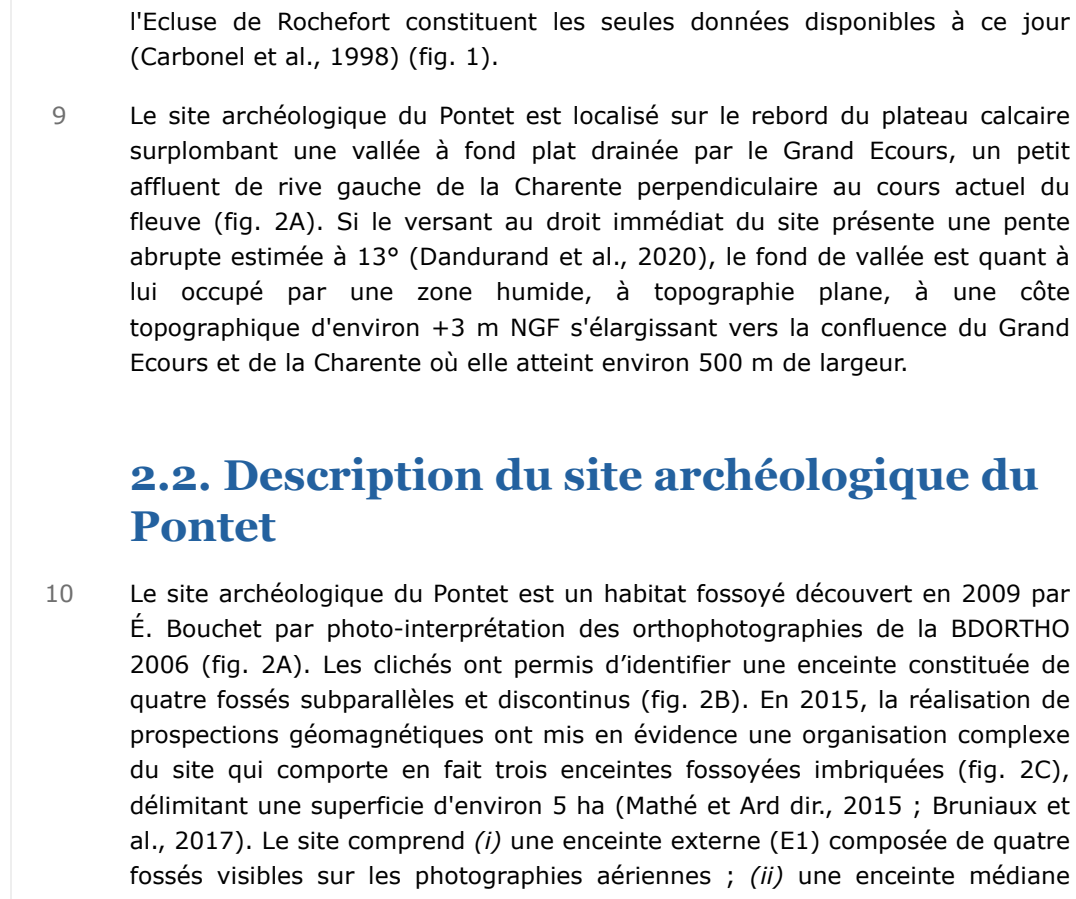
8 Durant le Stade Isotopique Marin 2 (SIM2), le niveau marin est inférieur à l'actuel et la ligne de rivage se situe plus à l'ouest (Bourgueil et Moreau, 1972). De grandes dépressions entaillées dans des formations sédimentaires peu résistantes du Jurassique achèvent leur creusement sous l'effet de l'érosion différentielle (Sellier, 2010) en contexte périglaciaire. Avec le début de la transgression Holocène, le domaine continental est rapidement envahi par les eaux entre 8000 et 4500 cal. BCE (Weber, 2004). L'influence de la marée dynamique estuarienne semble être ressentie sur la Charente jusqu'à Cognac (Bourgueil, 2005). Le Marais de Rochefort est alors à cette période un golfe maritime qui se colmate rapidement sur ses marges. Les données du SHOM (2017) indiquent que le marnage au niveau de Rochefort est actuellement de 5 m. Si sa position abritée favorise la sédimentation, le golfe de Rochefort reste toutefois en eau tant que la vitesse de remontée du niveau marin est supérieure aux vitesses locales de sédimentation. À partir de ca. 1500 cal. BCE, les vitesses de sédimentation deviendraient supérieures ou égales à la vitesse de remontée du niveau marin (coupe de la Boutonne, Carbonel et al., 1998). Avec la quasi stabilisation du niveau marin à partir de cette date, les marais cessent d'agrader et leur altitude se fixe à l'altitude proche des pleines mers de vives eaux (PMVE, +3 m NGF, Bourgueil, 2005). Peu de données existent sur la chronologie de remplissage de l'estuaire de la Charente, en particulier au niveau des marais de Rochefort. Une tourbe de base est datée à 8140 ± 330 BP (7940-6380 cal. BCE) à -13,07 m NGF sur la carotte des Courtins (Bourgueil, 1995) et un faciès sablo-vaseux transgressif daté à 7400 ± 170 BP (6585-5925 cal. BCE) à -19 m NGF sur le sondage de l'Ecluse de Rochefort constituent les seules données disponibles à ce jour (Carbonel et al., 1998) (fig. 1).

9 Le site archéologique du Pontet est localisé sur le rebord du plateau calcaire surplombant une vallée à fond plat drainée par le Grand Ecours, un petit affluent de rive gauche de la Charente perpendiculaire au cours actuel du fleuve (fig. 2A). Si le versant au droit immédiat du site présente une pente abrupte estimée à 13° (Dandurand et al., 2020), le fond de vallée est quant à lui occupé par une zone humide, à topographie plane, à une côte topographique d'environ +3 m NGF s'élargissant vers la confluence du Grand Ecours et de la Charente où elle atteint environ 500 m de largeur.

2.2. Description du site archéologique du Pontet

10 Le site archéologique du Pontet est un habitat fossoyé découvert en 2009 par É. Bouchet par photo-interprétation des orthophotographies de la BDORTHO 2006 (fig. 2A). Les clichés ont permis d'identifier une enceinte constituée de quatre fossés subparallèles et discontinus (fig. 2B). En 2015, la réalisation de prospections géomagnétiques ont mis en évidence une organisation complexe du site qui comporte en fait trois enceintes fossoyées imbriquées (fig. 2C), délimitant une superficie d'environ 5 ha (Mathé et Ard dir., 2015 ; Bruniaux et al., 2017). Le site comprend *(i)* une enceinte externe (E1) composée de quatre fossés visibles sur les photographies aériennes ; *(ii)* une enceinte médiane (E2) constituée d'au moins trois fossés et enfin *(iii)* une enceinte interne (E3) incluant un seul fossé continu en forme d'arc de cercle. Les fossés des enceintes externe et médiane sont interrompus par un ensemble de 10 entrées. Deux d'entre elles (C1 et C2) sont localisées au niveau des fossés externes des enceintes E1 et E2 et correspondent à des dispositifs d'entrée en forme de « pinces de crabe » caractéristiques de la région du Centre-Ouest de la France (Burnez et Louboutin, 1999).

Fig. 2 – Le site néolithique du Pontet.
Fig. 2 – The Pontet neolithic site.



Agrandir Original (jpeg, 513k)

A : photographie aérienne de la vallée du Grand Écours ; B : photographie aérienne du site fortifié du Pontet ; C : carte des anomalies géomagnétiques de l'enceinte fossoyée du Pontet ; D : datations radiocarbones pour le Néolithique ; E : datations radiocarbones pour l'âge du Fer.
1. Tranchée archéologique ; 2. Site de carottage ; 3. Enceinte externe ; 4. Enceinte médiane ; 5. Enceinte interne ; 6. Entrée en forme de pinces de crabe.

A: aerial photography of the Grand Ecours' valley; B: aerial photography of the causewayed enclosure of the Le Pontet; C: geomagnetic anomaly map of the causewayed enclosure of the Le Pontet; D: radiocarbon dates for the Neolithic; E: radiocarbon dates for the Iron Age.
1. Archaeological trench; 2. Coring site; 3. External enclosure; 4. Middle enclosure; 5. Internal enclosure; 6. Entrance of the shape of crab's pincers.

11 L'enceinte fossoyée du Pontet est attribuée au Néolithique récent de type Peu-Richard dans son faciès maritime, à l'image de la plupart des enceintes de la région (Burnez et al., 2001). À partir de l'étude du mobilier céramique, lithique et des datations radiocarbones des structures, deux phases d'occupations néolithiques sont identifiées entre 3600-3300 cal. BCE et 3300-2900 cal BCE, soit à la charnière entre la fin du Néolithique récent I (3600-3350 cal. BCE) et du Néolithique récent II (3200-2900 cal. BCE) (Ard dir., 2022) (fig. 2D). Une réoccupation du site est également mise en évidence durant la Protohistoire par un niveau de briquetage, qui a livré du mobilier attribué au deuxième tiers du IIIe s. BCE (Tène B2/C1) (fig. 2E). Cependant, cette occupation de l'âge du Fer pourrait avoir une chronologie plus longue (Vacher in Mathé et Ard, 2022). Une réoccupation médiévale ponctuelle est également reconnue et attribuée aux XIe et XIIe siècles.

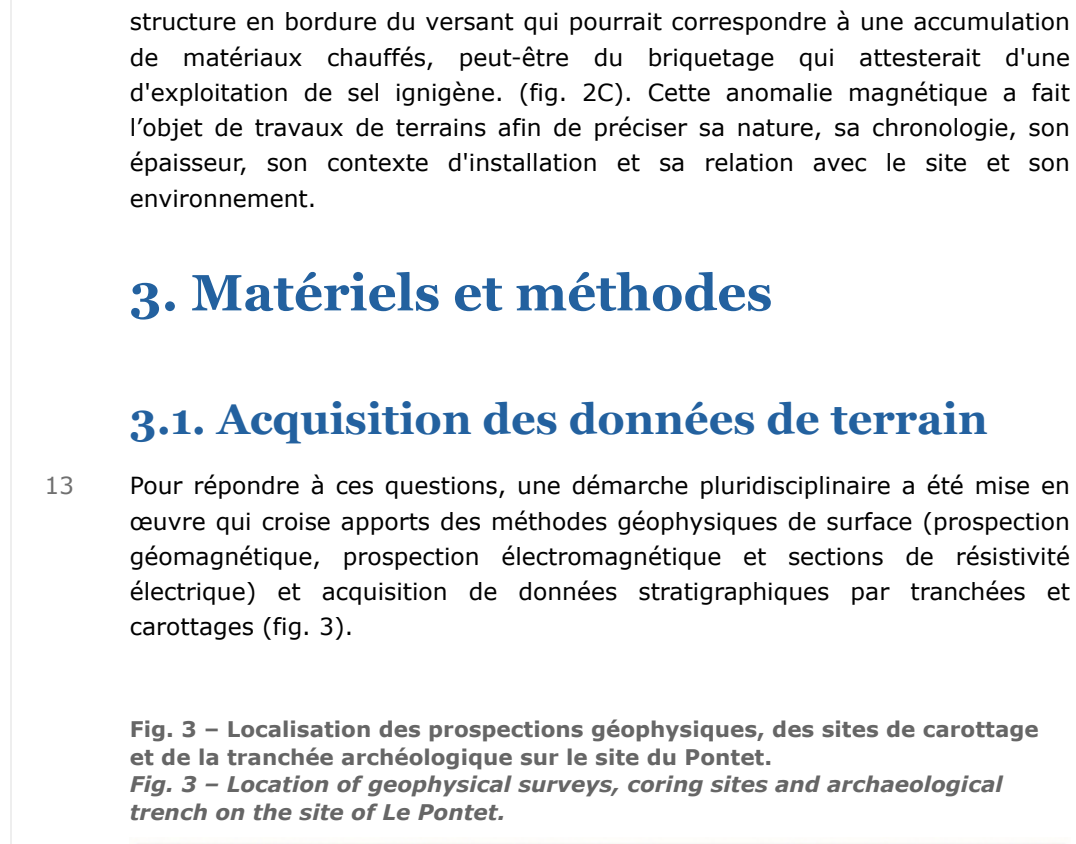
12 Dans le cadre des prospections géomagnétiques réalisées par Bruniaux et al. (2017) pour caractériser l'architecture de l'enceinte fossoyée, une anomalie magnétique de forte intensité et étendue a été identifiée en contrebas de la structure en bordure du versant qui pourrait correspondre à une accumulation de matériaux chauffés, peut-être du briquetage qui attesterait d'une d'exploitation de sel ignigène. (fig. 2C). Cette anomalie magnétique a fait l'objet de travaux de terrains afin de préciser sa nature, sa chronologie, son épaisseur, son contexte d'installation et sa relation avec le site et son environnement.

3. Matériels et méthodes

3.1. Acquisition des données de terrain

13 Pour répondre à ces questions, une démarche pluridisciplinaire a été mise en œuvre qui croise apports des méthodes géophysiques de surface (prospection géomagnétique, prospection électromagnétique et sections de résistivité électrique) et acquisition de données stratigraphiques par tranchées et carottages (fig. 3).

Fig. 3 – Localisation des prospections géophysiques, des sites de carottage et de la tranchée archéologique sur le site du Pontet.
Fig. 3 – Location of geophysical surveys, coring sites and archaeological trench on the site of Le Pontet.



Agrandir Original (jpeg, 603k)

1. Prospection électromagnétique ; 2. Prospection géomagnétique ; 3. Section de résistivité électrique ; 4. Section de résistivité électrique exploitée dans ce travail ; 5. Site de carottage ; 6. Tranchée archéologique.
1. Electromagnetic survey; 2. Geomagnetic map; 3. Electric resistivity tomography section; 4. Electric resistivity tomography section studied in this work; 5. Coring site; 6. Archaeological trench.

3.1.1. Données géophysiques

14 Prospection électromagnétique par méthode Slingram

15 Une prospection électromagnétique a été réalisée sur une surface de 34 ha de la vallée du Grand Écours incluant le plateau calcaire et une partie du fond de vallée (fig. 3). Elle a été effectuée à l'aide d'un conductivimètre EM31-MK2 (Geonics Limited) équipé de deux bobines émettrice et réceptrice espacées l'une de l'autre de 3,66 m et fonctionnant avec une fréquence de 9,8 Hz. Le conductivimètre fonctionne à une fréquence de 1 Hz et les mesures sont couplées à un système GPS pour le positionnement. Cet instrument possède une profondeur d'investigation comprise entre 1,5 et 5 m sous l'instrument. Le protocole d'acquisition consiste à effectuer des profils espacés chacun de 4 à 5 m. Les mesures de conductivité apparente sont interpolées par la méthode de distance inverse à une puissance avec une maille d'interpolation de 2x2 m. La carte de conductivité apparente produite permet de différencier les différentes unités géomorphologiques au droit du site étudié.

16 Prospection géomagnétique

17 Une prospection géomagnétique à haute résolution et haute précision (30 points/m^2) a été réalisée en mai 2015 sur le site du Pontet sur une zone de 5 ha à l'aide d'un protocole associant un magnétomètre à pompage optique à vapeur de césium (G-858, Geometric) et une station totale (S8, Trimble) pour un positionnement précis des mesures magnétiques (fig. 3). Le protocole est détaillé dans Lévêque et Mathé (2015) et Bruniaux et al. (2017). Les objectifs de cette prospection étaient de préciser la géométrie de l'enceinte du Pontet, de cartographier les fossés et d'identifier d'éventuelles structures non visibles sur les photographies aériennes (fig. 2C).

18 Sections de résistivité électrique

19 Au total, 20 sections de résistivité ont été acquises dans la partie médiane et aval du fond de vallée (fig. 3). L'acquisition des pseudosections de résistivité apparente a été réalisée à l'aide d'un résistivimètre Terrameter LS (ABEM) utilisant un protocole de mesure combinant les configurations de quadripôle Wenner-Schlumberger et Dipôle-dipôle. Le résistivimètre est connecté à 64 électrodes en inox réparties uniformément selon un profil par l'intermédiaire de deux flûtes. Le choix de l'écartement inter-électrodes conditionne la profondeur d'investigations maximale et la résolution spatiale de la pseudosection, sachant qu'un petit écartement fournit une résolution plus importante au détriment de la profondeur d'investigation. Sur le site, plusieurs écartements inter-électrodes ont été effectués suivant les objectifs souhaités, avec des écartements de 0,5 m, 1 m et 2 m fournissant une profondeur d'investigation maximale respective de 6 m, 12 m et 24 m. Comme les pseudosections sont une représentation des mesures, elles ont été inversées avec le logiciel Res2Dinv (Geotomo Software) (Loke et Baker, 1996 ; Loke, 2014) pour obtenir un modèle de la géométrie des résistivités du sous-sol, appelé section de résistivité électrique. La longueur cumulée des sections est de 3374 m. Elles répondent ici à trois objectifs : (i) caractériser le remplissage sédimentaire du fond de vallée, (ii) identifier la limite du contact entre le substratum et le remplissage et (iii) sélectionner les sites de carottage. Dans ce travail, seules les sections 6, 8 et 10 qui apportent des informations significatives sur l'architecture sédimentaire de la vallée seront présentées en détail (fig. 3). Les autres données peuvent être consultées dans Bruniaux (2017).

3.1.2. Carottages

20 Si l'approche géophysique a tout d'abord été privilégiée, elle a toutefois montré des limites, notamment en raison de la saturation en sel du milieu (Bruniaux, 2017). Afin de compléter ces informations, six carottages, d'une profondeur comprise entre 3 à 8 m, ont été réalisés en contrebas du site du Pontet, suivant un gradient amont-aval (fig. 3). Les carottages ont été réalisés à l'aide d'un carottier à percussion thermique Cobra TT. Les prélèvements ont été réalisés en tube PCR de 6 cm de diamètre. Seules les carottes S2 et PONT01 ont atteint le substratum calcaire respectivement à 5,50 et 7,50 m. Outre le complément d'information sur la profondeur du substratum, ces données permettent : (i) de caractériser l'organisation stratigraphique du remplissage de la zone humide, (ii) d'établir sa chronologie sur le temps long (i.e. l'Holocène) et (iii) de documenter le contexte paléogéographique du site en relation avec l'évolution du niveau marin et du colmatage sédimentaire.

3.1.3. Tranchées archéologiques

21 Plusieurs tranchées ont été réalisées à la pelle mécanique dans les parties basses des versants là où l'implantation de carottages est difficile en raison de la pente. Elles permettent d'appréhender l'évolution latérale continue des formations superficielles. Dans le cadre de ce travail, seule la tranchée Tr10-11, d'une longueur de 35 m et d'une profondeur de 2 m à 2,5 m sera présentée (fig. 3). Elle est située perpendiculairement au versant et traverse une anomalie magnétique sur toute sa largeur (fig. 2C). Le carottage SNP01 a été acquis dans son prolongement. La tranchée a fait l'objet d'un enregistrement photographique et d'un relevé par log régulier. Pour chacun d'eux, un descriptif des faciès pédo-sédimentaires a été réalisé sur le terrain.

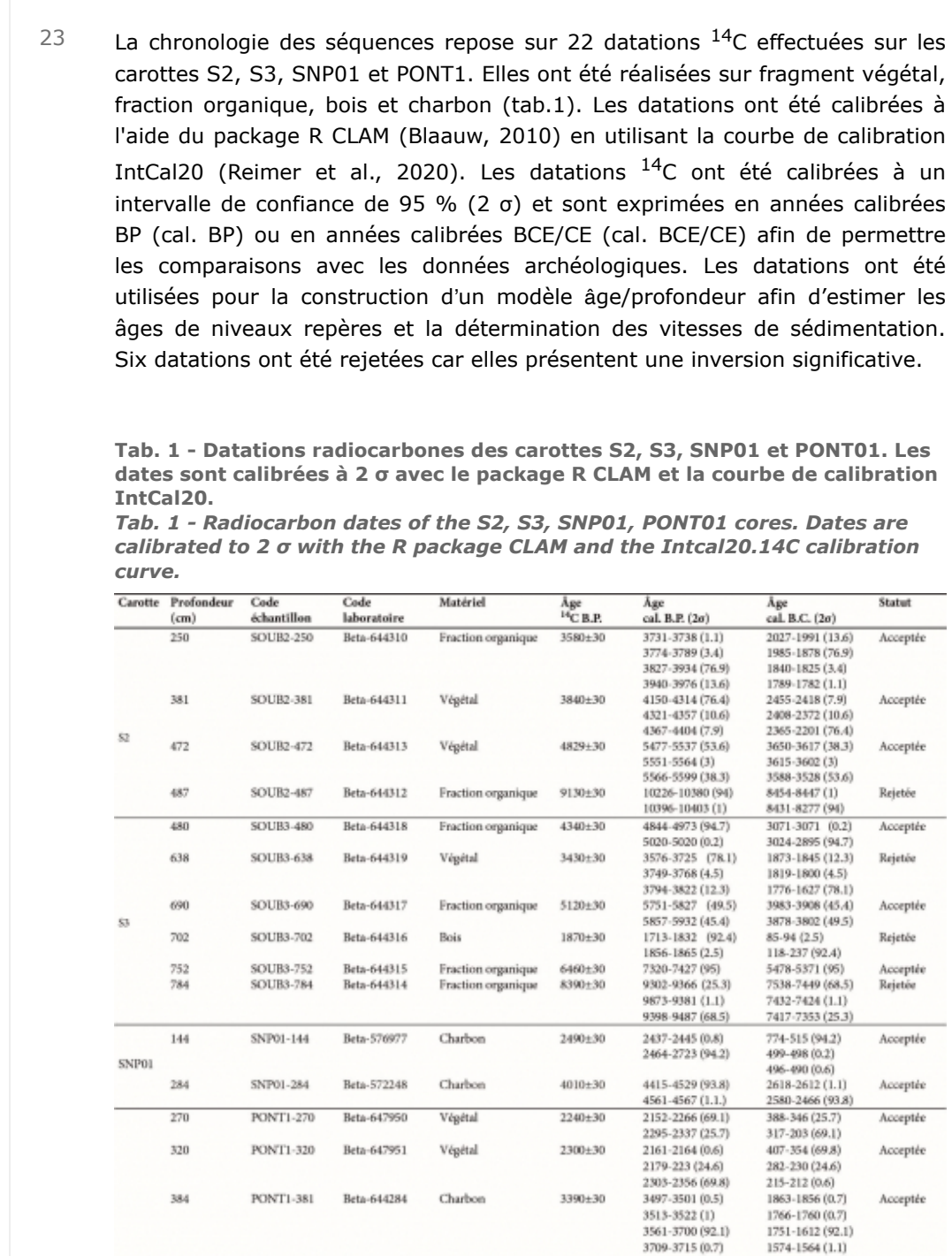
3.2. Traitement des données sédimentaires

22 Après extraction, les carottes ont été découpées et photographiées. Elles ont ensuite fait l'objet d'une description macroscopique des faciès sédimentaires incluant la couleur, la texture, la structure et la présence d'inclusions. Les carottes S1 à S4 ont été analysées (granulométrie et susceptibilité magnétique) au laboratoire LETG (Brest) dont les résultats ont été publiés dans Bruniaux (2017). Pour la séquence PONT01, la description visuelle des faciès a été améliorée par la photographie à haute résolution et une radiographie Scopix® réalisées par la plateforme « Analyse des Carottes Sédimentaires » du laboratoire EPOC (Bordeaux). Les données granulométriques ont été acquises à un intervalle d'échantillonnage régulier de 5 cm soit au total 104 échantillons de 1 cm^3. Après avoir été séchés à l'étuve à 105°C pendant 24 h, les échantillons très indurés sont délicatement désagrégés dans un mortier. Pour chacun d'entre eux, 5 g de sédiments ont été traités avec une solution d'hexamétaphosphate de sodium à une concentration de 108 g/L pour disperser les agrégats. L'analyse granulométrique a été réalisée à l'aide d'un granulomètre laser Horiba LA-960V2 au laboratoire LIENSs. Les données obtenues représentent le pourcentage du volume pour chacune des 97 classes de taille de grain, comprises entre 0,01 à 3 000 µm. Elles ont été ensuite traitées par le logiciel Gradistat pour le calcul des indices granulométriques élémentaires (médiane, indice de tri, asymétrie et kurtosis). Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée sur les données granulométriques brutes afin de caractériser la nature des échantillons sédimentaires. Les scores de l'ACP ont ensuite fait l'objet d'une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) afin d'établir des groupes d'échantillons similaires. La procédure statistique utilisée sous le logiciel R est détaillée dans Duquesne et Carozza (2023). Les teneurs en argile, limon et sable déterminées à partir de Gradistat ont ensuite été traitées dans le package R Soil Texture Wizard (Moeys, 2018) afin de caractériser la texture de chaque séquence à partir du système de classification texturale français (« AISNE ») (Jamagne, 1967 ; Baize et Jabiol, 1995). Le D_{50} et le D_{99} ont également été extraits pour la construction d'une image CM (Passega, 1964). Ce graphique est constitué de segments homogènes correspondant à des processus de dépôt des sédiments : décantation, suspension homogène, suspension gradée, saltation et roulage. Les limites des segments ont été définies à partir des travaux de Duquesne (2021) et Duquesne et Carozza (2023). L'interprétation de l'image CM a été faite notamment en comparaison avec les données obtenues par Bertrand (2008) sur le marais de Gemido. La discrimination des modes de dépôts est ici difficile en raison de la forte homogénéité des valeurs du D_{50} et du D_{99} dans le cas d'échantillons à granulométrie fine. Ce type d'analyse centrée uniquement sur deux indices ne permet pas non plus d'aborder la complexité des distributions granulométriques des échantillons multimodaux. Aussi, les données ont fait l'objet d'une classification par la méthode EMMAGeo (EMMAgeo version 0.9.7; R version 4.2.0) afin d'identifier et de quantifier les processus de transport et de dépôt des sédiments (Dietze et Dietze, 2019 ; Dietze et al., 2012 ; Dietze et al., 2013 ; Dietze et al., 2014 ; Dietze et al., 2022). Cette approche statistique permet de décomposer les distributions granulométriques d'échantillons multimodaux en classes et de calculer leur contribution respective par rapport à la composition du sédiment brut. La méthode retenue ici est le protocole EMMA robuste développé par Dietze et al. (2022), déjà appliquée sur un enregistrement sédimentaire similaire dans Duquesne et Carozza (2023). L'interprétation des données repose sur la démarche proposée par Lenz et al. (2023) sur les marais de fond de baie de Tümlau.

3.3. Chronologie

23 La chronologie des séquences repose sur 22 datations ^{14}C effectuées sur les carottes S2, S3, SNP01 et PONT1. Elles ont été réalisées sur fragment végétal, fraction organique, bois et charbon (tab.1). Les datations ont été calibrées à l'aide du package R CLAM (Blaauw, 2010) en utilisant la courbe de calibration IntCal20 (Reimer et al., 2020). Les datations ^{14}C ont été calibrées à un intervalle de confiance de 95 % (2 σ) et sont exprimées en années calibrées BP (cal. BP) ou en années calibrées BCE/CE (cal. BCE/CE) afin de permettre les comparaisons avec les données archéologiques. Les datations ont été utilisées pour la construction d'un modèle âge/profondeur afin d'estimer les âges de niveaux repères et la détermination des vitesses de sédimentation. Six datations ont été rejetées car elles présentent une inversion significative.

Tab. 1 - Datations radiocarbones des carottes S2, S3, SNP01 et PONT01. Les dates sont calibrées à 2 σ avec le package R CLAM et la courbe de calibration IntCal20.
Tab. 1 - Radiocarbon dates of the S2, S3, SNP01, PONT01 cores. Dates are calibrated to 2 σ with the R package CLAM and the Intcal20.14C calibration curve.



Carotte	Profondeur (cm)	Code échantillon	Code laboratoire	Matériel	Âge ^{14}C B.P.	Âge cal. B.P. (2σ)	Âge cal. B.C. (2σ)	Statut
S2	250	SOUB2-250	Beta-644310	Fraction organique	3580±30	3731-3738 (1.1) 3774-3789 (3.4) 3827-3934 (76.9) 3940-3976 (13.6)	2027-1991 (13.6) 1985-1878 (76.9) 1840-1825 (3.4) 1789-1782 (1.1)	Acceptée
	381	SOUB2-381	Beta-644311	Végétal	3840±30	4150-4314 (76.4) 4321-4357 (10.6) 4367-4404 (7.9)	2455-2418 (7.9) 2408-2372 (10.6) 2365-2201 (76.4)	Acceptée
	472	SOUB2-472	Beta-644313	Végétal	4829±30	5477-5537 (53.6) 5551-5564 (3) 5566-5599 (38.3)	3650-3617 (38.3) 3615-3602 (3) 3588-3528 (53.6)	Acceptée
	487	SOUB2-487	Beta-644312	Fraction organique	9130±30	10226-10380 (94) 10396-10403 (1)	8454-8447 (1) 8431-8277 (94)	Rejetée
S3	480	SOUB3-480	Beta-644318	Fraction organique	4340±30	4844-4973 (94.7) 5020-5020 (0.2)	3071-3071 (0.2) 3024-2895 (94.7)	Acceptée
	638	SOUB3-638	Beta-644319	Végétal	3430±30	3576-3725 (78.1) 3749-3768 (4.5) 3794-3822 (12.3)	1873-1845 (12.3) 1819-1800 (4.5) 1776-1627 (78.1)	Rejetée
	690	SOUB3-690	Beta-644317	Fraction organique	5120±30	5751-5827 (49.5) 5857-5932 (45.4)	3983-3908 (45.4) 3878-3802 (49.5)	Acceptée
	702	SOUB3-702	Beta-644316	Bois	1870±30	1713-1832 (92.4) 1856-1865 (2.5)	85-94 (2.5) 118-237 (92.4)	Rejetée
	752	SOUB3-752	Beta-644315	Fraction organique	6460±30	7320-7427 (95)	5478-5371 (95)	Acceptée
	784	SOUB3-784	Beta-644314	Fraction organique	8390±30	9302-9366 (25.3) 9873-9381 (1.1) 9398-9487 (68.5)	7538-7449 (68.5) 7432-7424 (1.1) 7417-7353 (25.3)	Rejetée
SNP01	144	SNP01-144	Beta-576977	Charbon	2490±30	2437-2445 (0.8) 2464-2723 (94.2)	774-515 (94.2) 499-498 (0.2) 496-490 (0.6)	Acceptée
	284	SNP01-284	Beta-572248	Charbon	4010±30	4415-4529 (93.8) 4561-4567 (1.1)	2618-2612 (1.1) 2580-2466 (93.8)	Acceptée
PONT01	270	PONT1-270	Beta-647950	Végétal	2240±30	2152-2266 (69.1) 2295-2337 (25.7)	388-346 (25.7) 317-203 (69.1)	Acceptée
	320	PONT1-320	Beta-647951	Végétal	2300±30	2161-2164 (0.6) 2179-223 (24.6) 2303-2356 (69.8)	407-354 (69.8) 282-230 (24.6) 215-212 (0.6)	Acceptée
	384	PONT1-381	Beta-644284	Charbon	3390±30	3497-3501 (0.5) 3513-3522 (1) 3561-3700 (92.1) 3709-3715 (0.7) 3805-3812 (0.7)	1863-1856 (0.7) 1766-1760 (0.7) 1751-1612 (92.1) 1574-1564 (1.1) 1552-1549 (0.4)	Acceptée
	412	PONT1-415	Beta-644282	Charbon	3380±30	3494-3504 (1.6) 3509-3530 (3.3) 3552-3552 (0.1) 3558-3695 (90)	1746-1608 (90.1) 1603-1603 (0.1) 1580-1560 (3.2) 1555-1545 (1.6)	Acceptée
	444	PONT1-446	Beta-658621	Végétal	3370±30	3492-3535 (10.3) 3538-3538 (0.1) 3549-3648 (69) 3658-3690 (15.5)	1741-1709 (15.5) 1699-1600 (69) 1590-1589 (0.3) 1586-1544 (10.2)	Rejetée
	504	PONT1-504	Beta-644285	Charbon	3410±30	3570-3720 (90.4) 3798-3817 (4.5)	1868-1849 (4.5) 1771-1621 (90.4)	Acceptée
	537	PONT1-537	Beta-644286	Bois	4300±30	4830-4887 (80.8) 4897-4914 (3.1) 4918-4918 (0.2) 4928-4959 (10.7)	3010-2979 (10.7) 2969-2969 (0.2) 2965-2948 (3.1) 2938-2881 (80.8)	Acceptée
	578	PONT1-578	Beta-647963	Fraction organique	7320±30	8032-8179 (95)	6230-6083 (95)	Rejetée
	678	PONT1-677	Beta-644288	Végétal	5070±30	5743-5903 (95)	3954-3794 (95)	Acceptée
	695	PONT1-694	Beta-644289	Bois	5240±30	4225-4198 (8) 4165-4127 (17.8) 4114-4098 (2.6) 4070-3972 (66.5)	5921-6019 (66.5) 6047-6063 (2.6) 6076-6114 (17.8) 6147-6174 (8)	Acceptée

Agrandir Original (jpeg, 652k)

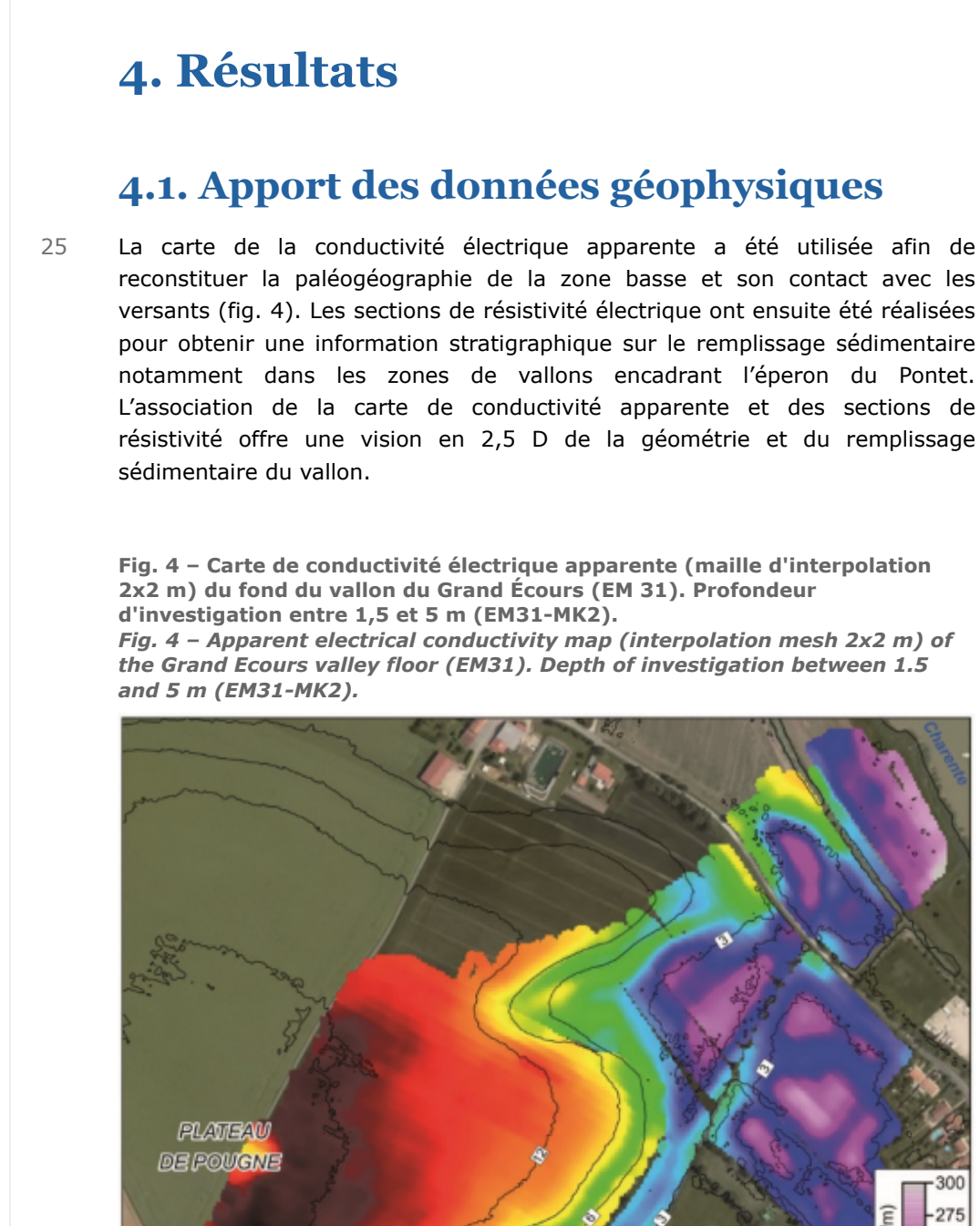
24 En complément des datations ^{14}C environnementales, les éléments de datation archéologique et ^{14}C des structures ont été intégrés dans ce travail afin de documenter la chronologie des occupations néolithique et protohistorique du site du Pontet (Ard dir., 2022) (tab. 1, fig. 2D, E). Ils ont été traités de la même manière que les dates environnementales.

4. Résultats

4.1. Apport des données géophysiques

25 La carte de la conductivité électrique apparente a été utilisée afin de reconstituer la paléogéographie de la zone basse et son contact avec les versants (fig. 4). Les sections de résistivité électrique ont ensuite été réalisées pour obtenir une information stratigraphique sur le remplissage sédimentaire notamment dans les zones de vallons encadrant l'éperon du Pontet. L'association de la carte de conductivité apparente et des sections de résistivité offre une vision en 2,5 D de la géométrie et du remplissage sédimentaire du vallon.

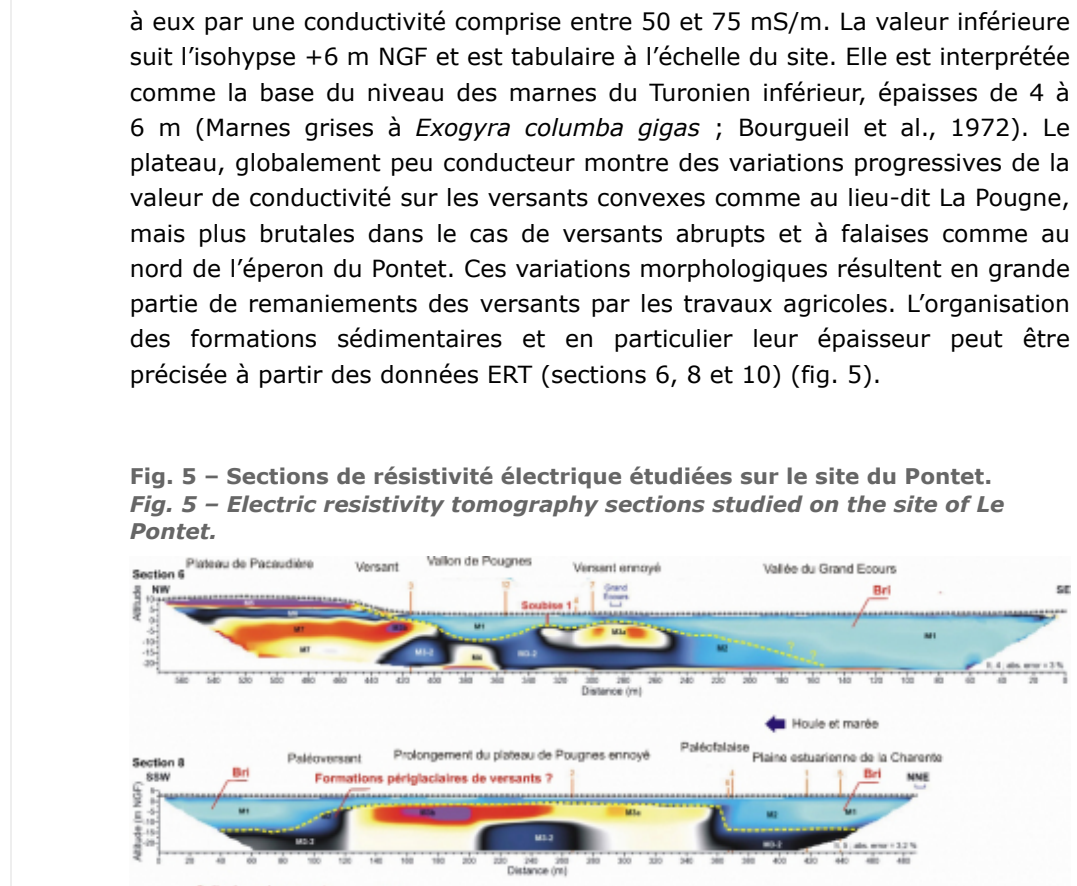
Fig. 4 – Carte de conductivité électrique apparente (maille d'interpolation 2x2 m) du fond du vallon du Grand Écours (EM 31). Profondeur d'investigation entre 1,5 et 5 m (EM31-MK2).
Fig. 4 – Apparent electrical conductivity map (interpolation mesh 2x2 m) of the Grand Ecours valley floor (EM31). Depth of investigation between 1.5 and 5 m (EM31-MK2).



Agrandir Original (jpeg, 293k)

26 La carte de la conductivité électrique apparente montre une opposition nette entre les zones topographiquement basses caractérisées par une conductivité supérieure à 150 mS/m et les zones de plateau et de versants dont la conductivité est comprise entre 30 et 150 mS/m (fig. 4). Les zones basses, constituées de matériaux fins de type bri argilo-limoneux à limono-argileux présentent une conductivité élevée. Cependant, des fluctuations de leur valeur sont observées qui s'expliquent par trois facteurs : *(i)* l'épaisseur des formations fluvio-marines qui augmente d'amont en aval et des versants vers l'axe du vallon ; *(ii)* l'existence d'un gradient de salinité amont-aval au sein de la vallée du Grand Écours lié aux intrusions d'eaux salines estuariennes et *(iii)* les perturbations anthropiques induites par des remblais, les perturbations des reliefs en surface et les effets de drainage des fossés. L'altitude de la démarcation de cette formation est remarquablement constante à +3 m NGF, ce qui correspond à la hauteur des PMVE. Les versants se caractérisent quant à eux par une conductivité comprise entre 50 et 75 mS/m. La valeur inférieure suit l'isohypse +6 m NGF et est tabulaire à l'échelle du site. Elle est interprétée comme la base du niveau des marnes du Turonien inférieur, épaisses de 4 à 6 m (Marnes grises à *Exogyra columba gigas* ; Bourgueil et al., 1972). Le plateau, globalement peu conducteur montre des variations progressives de la valeur de conductivité sur les versants convexes comme au lieu-dit La Pougne, mais plus brutales dans le cas de versants abrupts et à falaises comme au nord de l'éperon du Pontet. Ces variations morphologiques résultent en grande partie de remaniements des versants par les travaux agricoles. L'organisation des formations sédimentaires et en particulier leur épaisseur peut être précisée à partir des données ERT (sections 6, 8 et 10) (fig. 5).

Fig. 5 – Sections de résistivité électrique étudiées sur le site du Pontet.
Fig. 5 – Electric resistivity tomography sections studied on the site of Le Pontet.



Agrandir Original (jpeg, 283k)

27 La section 6 d'une longueur de 580 m est orientée perpendiculairement à l'axe du vallon du Grand Ecours dans sa partie aval (fig. 3-5). Elle permet de préciser l'organisation stratigraphique du plateau et des versants, ainsi que son contact avec le remplissage de fond de vallée et son architecture alluviale. Le plateau et les coteaux montrent une succession d'unités parallèles à résistivité contrastée (anomalies M5, M6 et M7) d'origine lithologique qui opposent les calcaires (M5 et M7) et les marnes (M6) comme cela a été suggéré par la carte de la conductivité électrique apparente. La zone basse montre une organisation complexe et la délimitation entre le substratum calcaire et le remplissage alluvial est difficile, en raison de la saturation en eau saumâtre. Sur la zone de contact entre le substratum et le remplissage nord-ouest, l'anomalie M1 (résistivité < 5 mS/m) longue d'environ 100 m et dont la profondeur atteint 13 m, vient s'appuyer latéralement sur les niveaux M3a et M3b (résistivité comprise entre 25 et 50 mS/m). Le substratum de ce paléo-vallon apparaît ainsi très hétérogène. La partie sud-est de la section montre une superposition entre l'anomalie M1 et M2 légèrement plus résistante (7 à 10 mS/m). La démarcation entre les deux ensembles est peu contrastée et la géométrie de l'incision du vallon du Grand Écours est difficile à préciser. Toutefois, l'épaisseur du remplissage alluvial atteint ici une vingtaine de mètres au maximum. Cette section montre que l'éperon de Pougne se prolonge par une zone haute calcaire ennoyée sous le remplissage fluvio-estuarien peu épais.

28 La section 8 d'une longueur de 480 m longe le tracé du Grand Ecours suivant une direction SSW-NNE depuis le pied du site du Pontet jusqu'à l'estuaire (fig. 3-5). Elle montre une organisation en trois ensembles distincts. Au sud, l'anomalie M1 vient reposer par l'intermédiaire de l'anomalie M2 sur le substratum calcaire résistif M3-2 (15 à 50 mS/m). Le contact entre M1 et M2

suggère une incision nette et à forte pente des calcaires. La partie centrale de la section, entre 120 et 360 m correspond à une superposition entre des calcaires résistifs (M3a et M3b) et l'anomalie M1 d'une épaisseur ici très réduite (< 3 m). Le plateau calcaire apparaît ici faiblement recouvert par les formations fluvio-estuariennes en raison de la remontée du substratum qui affleurent ici à -2 m NGF. Enfin, la partie nord-est de la section montre à nouveau une superposition entre les anomalies M3-2, M2 et M1. Elle correspond à une nouvelle incision profonde des calcaires qui atteint ici environ 15 m. La section 6 montre ainsi l'existence de deux zones incisées connectées aux deux vallons du Pontet et de la Pougne, séparés par une zone de versants ennoyée vers -2 m NGF.

29 La section 10, d'une longueur de 190 m, est perpendiculaire au versant et recoupe l'ensemble de la combe située au nord du site (fig. 3-5). Elle permet d'imager l'ensemble du colmatage de ce vallon et d'en décrire l'organisation. Cette zone ayant été par la suite recoupée par la tranchée Tr10-11 et le carottage SNP01(cf. infra), les interprétations proposées peuvent être validées par recoupement avec ces éléments de terrain. Elle montre une organisation en 5 ensembles. À la base, l'anomalie M2 présente des valeurs de résistivité très faible (< 7 mS/m) et correspond à des calcaires saturés en eau salée. L'ensemble est composé des anomalies M7, M3b et M3.

30 À partir de ces données et des informations complémentaires fournies par les sections disponibles dans Bruniaux (2017), il est possible de reconstituer un profil en long du substratum dans le vallon. Les données des carottages viennent compléter ces informations et valider le positionnement du contact.

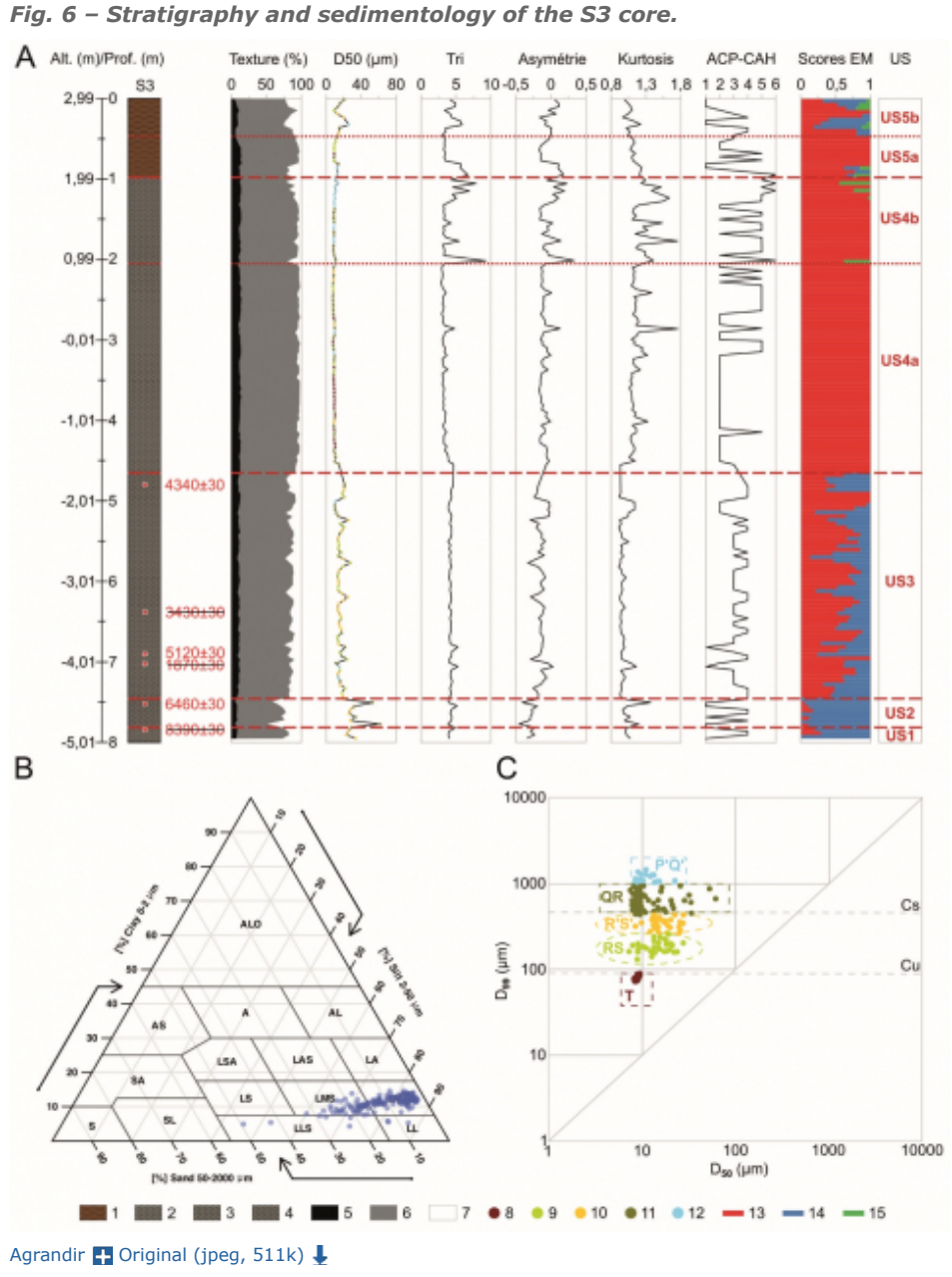
4.2. Les données des carottages et de la tranchée archéologique

31 Les principales informations sur l'organisation et la chronologie du remplissage sont apportées par les carottages S3, S2 et PONT01 ainsi que par la tranchée archéologique Tr10-11, complétée par le carottage SNP01.

Séquence S3

32 Le sondage S3, d'une profondeur de 8 m n'a pas atteint le substratum (fig. 5). L'altitude de son sommet est de 2,99 m NGF. D'un point de vue granulométrique, la carotte S3 est homogène et correspond à un bri typique de texture argilo-limoneuse à l'exception de sa base plus grossière. L'analyse des end-members (EMs) identifie trois EMs principaux associés à une valeur modale respective de 67 µm, 110 µm et 120 µm (sables très fins). Les données granulométriques permettent de diviser la séquence S3 en 5 unités stratigraphiques (fig. 6).

Fig. 6 – Stratigraphie et sédimentologie de la carotte S3.
Fig. 6 – Stratigraphy and sedimentology of the S3 core.



Agrandir Original (jpeg, 511k)

A : log et analyses ; B : triangle des textures français 'Aisne' ; C : image CM. 1. Sol ; 2. Limon argileux ; 3. Limon sableux ; 4. Sable limoneux ; 5. Argile ; 6. Limon ; 7. Sable ; 8. Décantation ; 9. Suspension uniforme ; 10. Suspension uniforme énergique ; 11. Suspension graduée ; 12. Saltation et suspension graduée ; 13. EM1 (67 µm - 49 %) ; 14. EM2 (110 µm - 49 %) ; 15. EM3 (120 µm - 1,9 %).

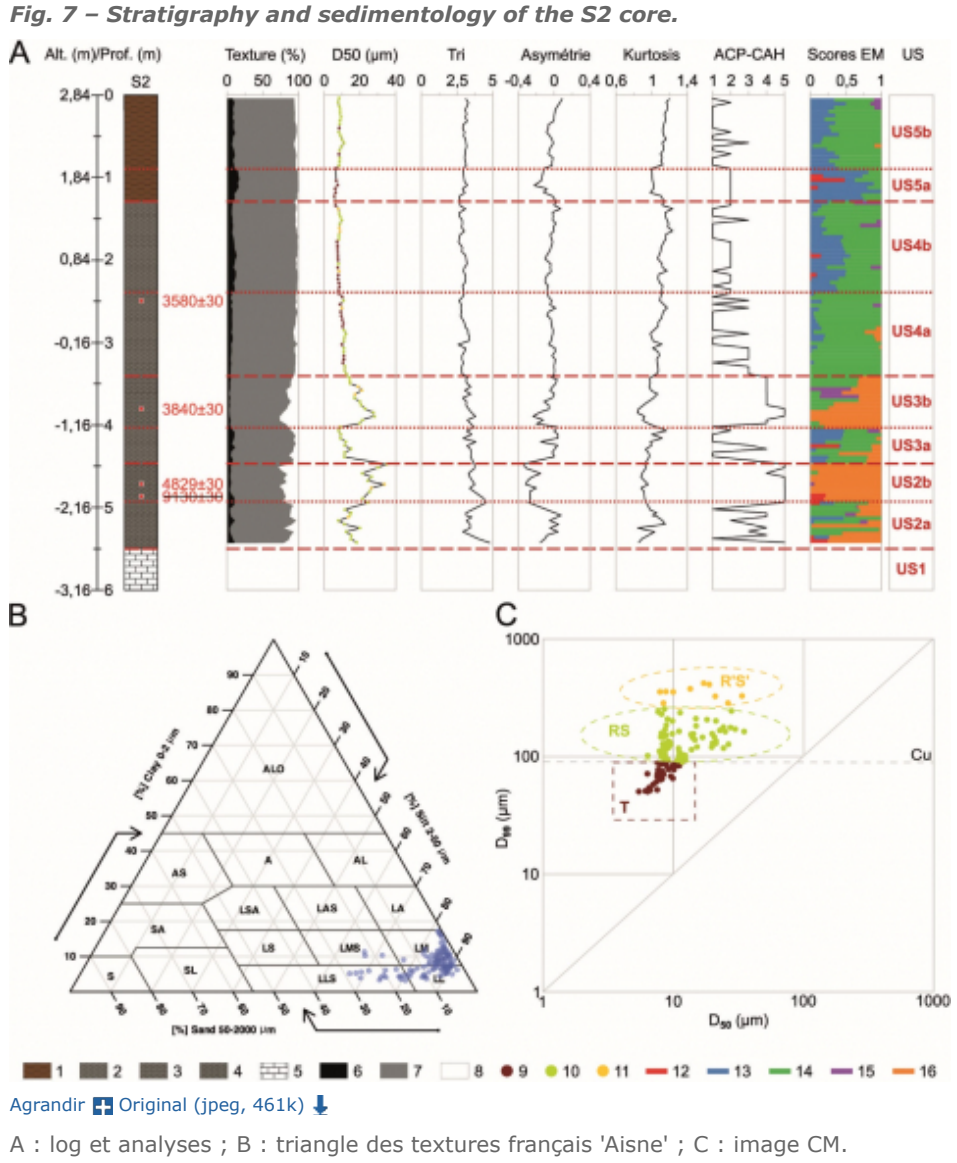
A: log and analysis; B: french 'Aisne' texture triangle; C: CM image. 1. Soil; 2. Clayey silt; 3. Sandy silt; 4. Silty sand; 5. Clay; 6. Silt; 7. Sand; 8. Decantation; 9. Uniform suspension; 10. Dynamic uniform suspension; 11. Graduated suspension; 12. Saltation and graduated suspension; 13. EM1 (67 µm - 49 %); 14. EM2 (110 µm - 49 %); 15. EM3 (120 µm - 1,9 %).

33 L'US1, entre 8,00 et 7,83 m est un limon argileux massif sombre dont le contact avec l'unité supérieure est franc. Elle pourrait correspondre au sommet d'un paléosol de type colluvisol hydromorphe. L'US2 (7,82-7,50 m), épaisse de 0,32 m est un sable limoneux lité mis en place par suspension uniforme à forte énergie ou par suspension graduée d'après l'image CM. Deux niveaux sableux remarquables d'une épaisseur centimétrique à 7,55 et 7,77 m s'intercalent, traduisant l'existence d'épisodes de dépôt à très forte énergie. Une valve entière non usée de *cerastoderma sp.* a été recueillie à 7,72 m. Cette unité pourrait correspondre à un haut de vasière. L'US3 (7,49-4,55 m), d'une épaisseur de 2,94 m se caractérise par une diminution de la proportion des sables (< 25 %) et un D_{50} compris en 10 et 30 µm. Elle est constituée de l'EM1 et l'EM2 dont les contributions sont inégales. En revanche plusieurs niveaux s'individualisent par une contribution plus importante de l'EM2 ce qui témoigne de périodes à plus forte énergie. L'image CM indique une mise en place par des processus hétérogènes où dominent les suspensions uniformes à forte énergie, uniformes et graduées. Cette unité est interprétée comme une vasière parcourue par des chenaux tidaux. L'US4a (4,54-2,06 m) est extrêmement homogène et est représentée uniquement par l'EM1. Elle correspond à un faciès de bri bleu limono-argileux typique. Elle est marquée par une diminution de la fraction sableuse (< 10 %) et du D_{50} compris entre 7 et 11 µm. La classification par l'image CM indique que la base de cette unité est dominée par les processus de décantation alors que son sommet est caractérisé par la mise en place par suspension graduée, traduisant une augmentation de l'énergie, probablement en lien avec l'accroissement de l'importance de la marée. Cette unité correspond à une sédimentation de schorre. L'US4b (2,05-1,01 m) montre une augmentation de la fraction sableuse et des processus de saltation associés à un milieu de dépôt plus énergique. Elle est dominée presque exclusivement par l'EM1. La contribution de l'EM3 est très mineure, mais elle indique l'enregistrement d'évènements à forte énergie. Elle pourrait correspondre à des dépôts mis en place près d'un chenal tidal parcourant le schorre. Enfin, l'US5 (1-0 m) est très hétérogène. Elle se singularise par une variation élevée du D_{50}, une augmentation de la fraction sableuse et une contribution inégale des 3 EMs. Son faciès est marqué par les processus post-dépositionnels d'oxydo-réduction (US5a) et de remaniements par le travail du sol (US5b).

Séquence S2

34 La carotte S2 recoupe une séquence de 6 m et a atteint le substratum calcaire à 5,50 m (fig. 6). L'altitude de son sommet est de 2,84 m NGF. La séquence S2 présente globalement une texture limono-argileuse propre aux formations de bri. Globalement, les sédiments sont caractérisés par un D_{50} voisin de 30 µm, une asymétrie négative (< 0,10), une distribution platykurtique à mésokurtique et un indice de tri élevé (> 2,5). La déconvolution par la méthode EmmaGeo permet d'identifier cinq contributions ou *end-members* (EMs) qui correspondent aux limons fins (EM1, 13 µm), limons grossiers (EM2 et 3, 36 et 53 µm respectivement) et sables très fins (EM4 et 5, 65 et 78 µm respectivement). Ces données granulométriques permettent de proposer un découpage de la séquence S2 en cinq unités stratigraphiques (fig. 7).

Fig. 7 – Stratigraphie et sédimentologie de la carotte S2.
Fig. 7 – Stratigraphy and sedimentology of the S2 core.



Agrandir Original (jpeg, 461k)

A : log et analyses ; B : triangle des textures français 'Aisne' ; C : image CM. 1. Sol ; 2. Limon argileux ; 3. Limon sableux ; 4. Sable limoneux; 5. Calcaire ; 6. Argile ; 7. Limon ; 8. Sable ; 9. Décantation ; 10. Suspension uniforme ; 11. Suspension uniforme énergique ; 12. EM1 (13 µm - 1,9 %) ; 13. EM2 (36 µm - 18 %) ; 14. EM3 (53 µm - 36 %) ; 15. EM4 (65 µm - 3,1 %) ; 16. EM5 (78 µm - 42 %).

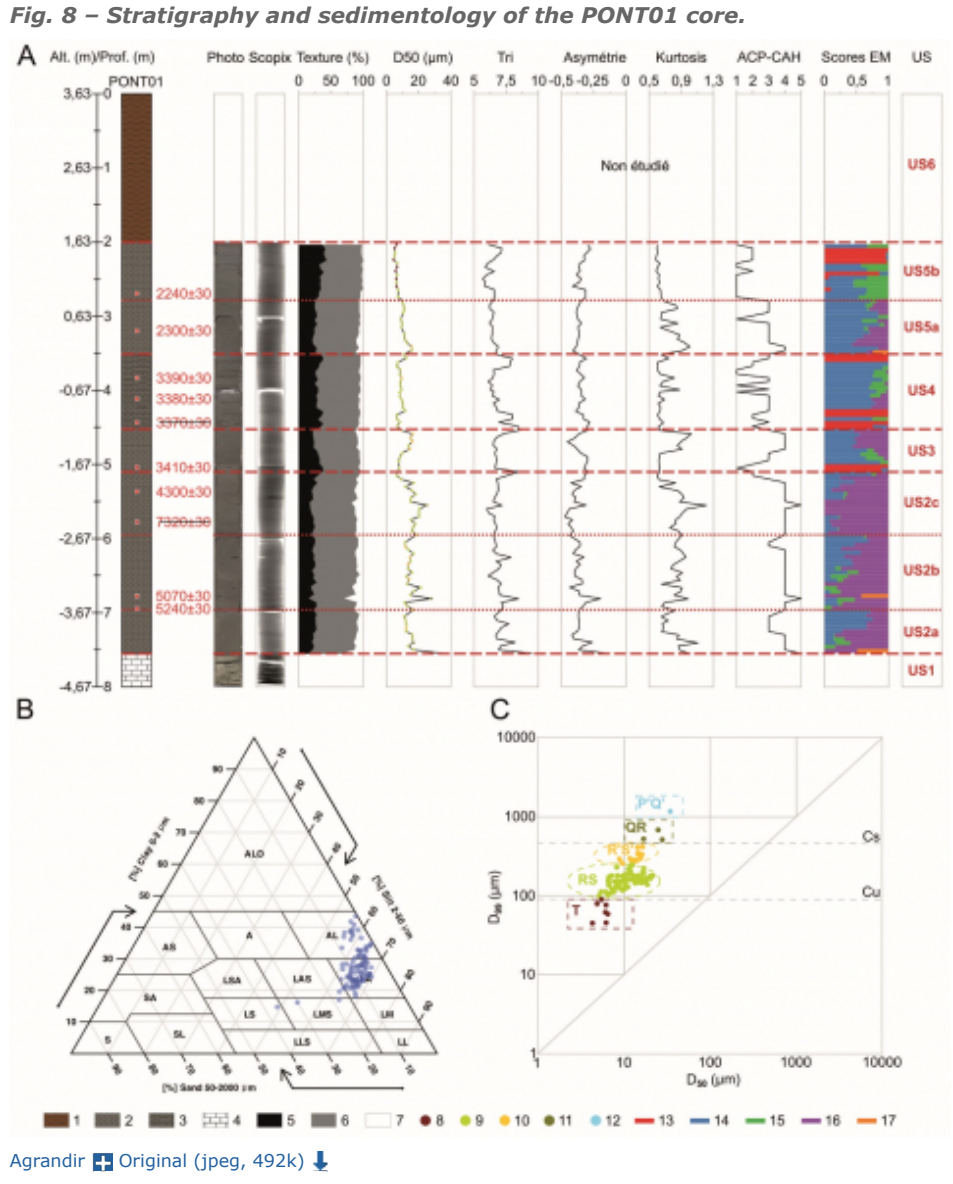
A: log and analysis; B : french 'Aisne' texture triangle; C : CM image. 1. Soil; 2. Clayey silt; 3. Sandy silt; 4. Silty sand; 5. Limestone; 6. Clay; 7. Silt; 8. Sand; 9. Decantation; 10. Uniform suspension; 11. Dynamic uniform suspension; 12. EM1 (13 µm - 1,9 %); 13. EM2 (36 µm - 18 %); 14. EM3 (53 µm - 36 %); 15. EM4 (65 µm - 3,1 %); 16. EM5 (78 µm - 42 %).

35 L'US1 (6-5,50 m) correspond au substratum calcaire altéré. L'US2 (5,50-4,47 m) montre la superposition d'un niveau dominé par des limons sableux (US2a) et d'un niveau de sables limoneux (US2b). Les EMs 3 et 5 sont les contributeurs principaux de l'US2a (5,50-5,02 m). La contribution de l'EM3 augmente vers le sommet de l'unité, tandis que celle de l'EM5 diminue, ce qui traduit un affinement de la granulométrie et le passage à des conditions de dépôt plus calme. L'image CM indique une mise en place par suspension uniforme à forte énergie qui pourrait être associée à un bas de slikke. L'US2b (5,01-4,47 m) est quant à elle représentée presque exclusivement par l'EM5. Elle se caractérise par un grain médian avec des valeurs plus élevées, entre 20 et 30 µm, croissantes vers le sommet et par une augmentation de la teneur en sable (> 20 %). L'image CM montre une mise en place par des processus de suspension uniforme et uniforme à forte énergie. Elle pourrait être associée à un chenal tidal parcourant la slikke. L'US3 (4,46-3,42 m) montre l'alternance entre un niveau de limons légèrement argileux (US3a) et un niveau de limons sableux (US3b) dont la mise en place s'est faite principalement par suspension uniforme. L'US3a (4,46-4,02 m) se singularise par une réduction de la proportion de sable (< 15 %) et du grain médian (8 à 15 µm). Les EMs 2 et 3 montrent une contribution élevée et croissante vers le sommet. L'US3b (4,01-3,42 m) est très hétérogène. La base de l'unité présente une fraction sableuse plus importante (> 15 %), un grain médian moins fin (> 20 µm) et surtout une contribution très élevée de l'EM 5. À l'inverse son sommet montre un affinement de la granulométrie médiane, une réduction de la teneur en sable et une concentration importante de l'EM 3. Cette unité pourrait être associée à un haut de slikke. L'US4 (3,41-1,38 m) est très homogène. Elle présente un faciès de bri bleu limono-argileux typique. Elle se caractérise par une réduction de la fraction sableuse (< 10 %) et du grain médian qui est compris entre 7 et 12 µm. L'image CM indique une mise en place dominée très largement par les processus de décantation associés à un milieu à très faible énergie. Les EMs 2 et 3 sont les principaux contributeurs. Toutefois l'apparition des EMs 4 et 5 bien que négligeables, permettent d'identifier des évènements à haute énergie dans l'enregistrement (*i.e.* couche de sables très fins). L'US4b (2,44-1,38 m) s'individualise par un grain médian et une fraction sableuse plus faibles et surtout par une contribution plus forte de l'EM 2, légèrement décroissante vers le sommet. L'US4 pourrait être associée à un bas de schorre soumis à des submersions régulières et des évènements de haute énergie. Enfin, l'US5 (1,37-0 m) est caractérisée par une réduction de la fraction sableuse (< 10 %), une légère augmentation de la teneur en argile (7 à 10 %) et un grain médian faible (< 12 µm). L'EM 2 domine très largement la partie supérieure de l'unité (US5a) et l'EM3 la partie inférieure avec des valeurs croissantes vers le sommet (US5b). Cette unité présente des processus post-dépositionnels et des remaniements. Elle correspond à un schorre mature.

Séquence PONT01

36 La carotte PONT01 a recoupé une séquence sur une épaisseur de 8 m et a atteint le substratum calcaire à 7,58 m (fig. 8). L'altitude de son sommet est de 3,63 m NGF. La carotte PONT01 est très homogène et correspond globalement à une formation de bri limono-argileux. Les échantillons sédimentaires présentent des distributions globalement similaires caractérisées par un grain médian faible, une asymétrie faible à très faible, une distribution platykurtique à mésokurtique et un indice de tri élevé. Cinq end-members (EMs) ont été déterminés : EM 1 correspond aux limons fins (15 µm), EM2 aux limons moyens (18 µm), EM 3 aux limons grossiers (57 µm), EM 4 et 5 aux sables très fins (78 µm et 99 µm). Les données granulométriques permettent de découper la séquence PONT01 en six unités stratigraphiques (fig. 7), l'US1 étant associée au substratum calcaire et l'US6 à une unité remaniée, non analysée.

Fig. 8 – Stratigraphie et sédimentologie de la carotte PONT01.
Fig. 8 – Stratigraphy and sedimentology of the PONT01 core.



Agrandir Original (jpeg, 492k)

A : log et analyses ; B : triangle des textures français 'Aisne' ; C : image CM. 1. Sol ; 2. Limon argileux ; 3. Limon argileux avec de fines laminations horizontales ; 4. Calcaire ; 5. Argile ; 6. Limon ; 7. Sable ; 8. Décantation ; 9. Suspension uniforme ; 10. Suspension uniforme énergique ; 11. Suspension graduée ; 12. Saltation et suspension graduée ; 13. EM1 (15 µm - 31 %) ; 14. EM2 (18 µm - 28 %) ; 15. EM3 (57 µm - 5,3 %) ; 16. EM4 (78 µm - 34 %) ; 17. EM5 (99 µm - 1,4 %).

A: log and analysis; B : french 'Aisne' texture triangle; C : CM image. 1. Soil; 2. Clayey silt; 3. Clayey silt with fine horizontal laminations; 4. Limestone; 5. Clay; 6. Silt; 7. Sand; 8. Decantation; 9. Uniform suspension; 10. Dynamic uniform suspension; 11. Graduated suspension; 12. Saltation and graduated suspension; 13. EM1 (15 µm - 31 %); 14. EM2 (18 µm - 28 %); 15. EM3 (57 µm - 5,3 %); 16. EM4 (78 µm - 34 %); 17. EM5 (99 µm - 1,4 %).

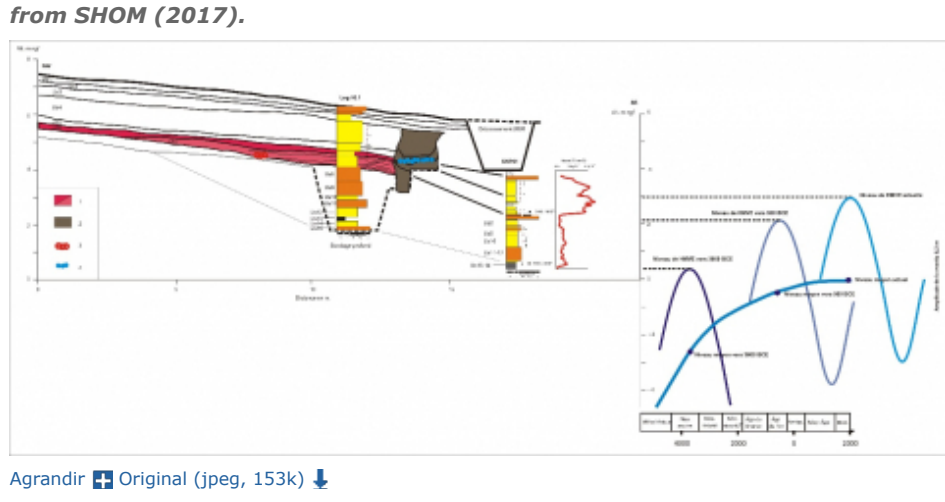
37 L'US2 (7,55-5,20 m) est très largement dominée par les EMs 2 et 4. La contribution de l'EM 5 est très mineure, mais elle met en évidence l'enregistrement discret d'évènements à haute énergie (*i.e.* des couches de sables très fins). L'unité présente une texture homogène limono-argileuse légèrement sableuse. Le grain médian est faible mais il varie entre 9 et 34 µm. Les conditions de dépôts sont très hétérogènes impliquant des processus de suspension uniforme à forte énergie, uniformes et graduées. Cette unité peut être interprétée comme un haut de vasière. Elle est divisée en trois ensembles selon la granulométrie. L'US2a (7,55-7,05 m) se différencie par une fraction sableuse aux valeurs plus faibles décroissantes vers le sommet. Les scores des EMs montrent également un affinement de la granulométrie. L'EM 2 augmente progressivement, à l'inverse l'EM 4 décroît. L'US2b (7,04-6,05 m) se différencie par une variation du grain médian et une fraction sableuse légèrement plus faible. La base de l'unité montre une contribution plus forte des EMs 3 et 4, à l'inverse son sommet est dominé par l'EM 2. L'US2c (6,04-5,20 m) s'individualise par un grain médian aux valeurs légèrement plus élevées, une fraction sableuse plus faible (< 20 %) et surtout une contribution plus forte de l'EM 4. L'US3 (5,19-4,59 m) est dominée par les EMs 2 et 4. Elle correspond à un bri limono-argileux. Le grain médian affiche des valeurs faibles, entre 6 et 16 µm, croissantes vers le sommet et une teneur en argile forte (> 20 %) et décroissante. Un niveau fin s'individualise à la base de l'unité à 5,19-5,10 m, par une contribution totale de l'EM 1. L'image CM indique que la base de cette unité est mise en place par des processus de suspension uniforme alors que son sommet est marqué par une mise en place par suspension uniforme à haute énergie, suggérant des conditions de dépôt plus énergiques probablement attribuées à l'importance de la marée. L'US4 (4,58-3,62 m), d'une épaisseur de 0,96 m, se différencie de l'unité précédente par la présence de fines laminations brunes horizontales et régulières mises en évidence par l'image Scopix. Cette unité présente également un limon argileux typique du bri mis en place par suspension uniforme. Elle se caractérise par un grain médian plus faible (< 12 µm), une teneur en argile plus forte (> 25 %) et une contribution de l'EM 2 plus importante par rapport à l'unité précédente. En revanche plusieurs niveaux à granulométrie très fine se distinguent par une contribution exclusive de l'EM 1 à 4,54-4,48 m, 4,38-4,33 m et 3,67-3,62 m. L'US3 et l'US4 peuvent correspondre à une vasière. L'US5 (3,61-2 m) montre une texture limono-argileuse typique du bri. Elle se caractérise par un grain médian faible, inclus entre 4 et 16 µm et une teneur en argile forte, comprise entre 20 et 40 %. Les variations de la granulométrie permettent de diviser cette unité en deux ensembles. L'US5a (3,61-2,80 m) s'individualise par un grain plus élevé, entre 8 et 16 µm, et une légère fraction sableuse (5-12 %) dont les valeurs sont décroissantes vers le sommet. Elle est représentée principalement par les EMs 2 et 4. L'EM 2 présente une contribution croissante vers le sommet. L'image CM indique une mise en place par suspension uniforme. L'US5b (2,79-2 m) se différencie par une faible variabilité du grain médian, entre 4 et 7 µm, une augmentation importante de la fraction argileuse (> 30 %) et des processus prédominants de décantation associés à un milieu de dépôt à très faible énergie. Elle est constituée des trois premiers EMs. Leur distribution est inégale, mais le sommet de l'unité est dominé par l'EM 1, traduisant un niveau à granulométrie très fine à 2,24-2,09 m.

4.3. L'apport de la tranchée Tr10-11 et du carottage SNP01

38 La tranchée Tr10-11 d'une longueur de 35 m a été implantée en pied de versant afin de clarifier la relation entre les formations superficielles et une large anomalie magnétique identifiée en zone basse (fig. 2C, 3). La tranchée est profonde de 2,5 m en moyenne et a atteint le substratum dans sa partie haute. Dans la partie basse de la tranchée, un sondage profond de 4,4 m (log 10.1, fig. 9) a été réalisé afin de traverser l'ensemble des formations superficielles, mais le substratum n'a pas été atteint. Enfin, le carottage SNP01 a été implanté en pied de versant après décaissement des formations superficielles jusqu'à la côte +3,95 m NGF. Ce carottage a recoupé 3 m de formations plus ou moins anthropisées sans atteindre le calcaire en place. Outre la description visuelle des unités traversées, cette carotte à fait l'objet d'une mesure de susceptibilité magnétique afin d'identifier le plus précisément possible des niveaux anthropisés et effectuer un échantillonnage pour datations radiocarbones. Les données présentent de manière synthétique l'identification des unités stratigraphiques sur la Figure 8 :

- L'US15 est une formation argilo-limoneuse calcaire beige clair renfermant des blocs calcaires anguleux. Elle correspond à une colluvion issue des formations crétacées identifiées par Bourgueil et Moreau (1972) sur les versants dominant la Charente. Le signal SM de cette unité est très faible, inférieur à 10^{-3} SI ;
- Les US 14 et 13 correspondent à deux horizons d'un sol hydromorphe, l'horizon supérieur de couleur noire est enrichi en éléments organiques. Les caractéristiques de ce niveau le rapprochent d'un humus de type anmoor qui se forme en condition anaérobiose non permanente où la nappe phréatique subit des variations saisonnières importantes. L'augmentation du signal SI jusqu'à $2x10^{-3}$ SI est associée à la pédogenèse et à l'enrichissement en argiles. Le sommet de l'unité 13 a livré une date 4010 +/- 30 BP (2617-2489 cal. BCE) ;
- Les US 11 et 12 d'une épaisseur de 0,65 m sont des colluvions limono-argileuses renfermant des blocs grossiers anguleux et altérés issus des versants. Les deux unités se différencient par leur teneur en fines qui diminue vers le haut de la séquence et par une augmentation corrélative de la fraction caillouteuse. Localement, ce niveau est enrichi en fragments de charbons de bois, de tessons de céramiques qui ont été attribués au Néolithique récent ainsi que des coquilles fragmentées. Ces éléments sont probablement en position remaniée ;
- Les US 10 et 9, d'une épaisseur cumulée de 0,65 m, correspondent à une importante séquence de colluvions très anthropisée, qui se distinguent par leur texture et leur couleur. L'US 10 de couleur brun clair, renferme de nombreux éléments calcaires roulés de petite taille. L'US 9, montre un enrichissement en matière organique et en fragments de céramique ;
- L'US 8 d'une couleur gris-vert et de texture fine montre à son sommet un niveau de blocs calcaires. Cette unité très atypique à valeur de SM minimale, pourrait correspondre à un apport volontaire de matériaux destinés à constituer une plateforme sur laquelle viennent s'installer les activités de briquetage ;
- Les US 7 et 6 correspondent à des formations brun-ocre renfermant de très nombreux fragments de vases à sel, de pilettes et de fragments de terre cuite. L'US 7 renferme de nombreux vases entiers. Le signal SM de cette unité est très élevé ($4x10^{-3}$ SI). L'organisation des stratifications à contre-pente suggère des accumulations volontaires de rejets. L'US 6, proche par sa texture et sa couleur est cependant plus massive et ne renferme pas de vases entiers. Sa signature SM est également moins forte ce qui renforce l'hypothèse d'une formation partiellement remaniée sur de courtes distances. L'US 7 a livré à son extrême base une date radiocarbone 2490 +/- 30 BP (780-510 cal. BCE), contemporaine du 1er âge du Fer ;
- L'US 5 est une colluvion brun clair renfermant une forte charge de graviers et de blocs anguleux, qui s'épaissit dans la partie basse du versant. Cette formation renferme des éléments de céramiques protohistoriques roulés dans le bas du versant. Dans la partie haute du versant, la couleur plus brune et l'aspect plus grumeleux témoignent d'une légère pédogenèse et d'une stabilisation temporaire de l'équilibre du versant ;
- Les US 4 et 3, épaisses de 0,50 m en moyenne sont une colluvion brun clair à matrice limoneuse, qui renferme des éléments calcaires grossiers sub-anguleux et quelques rares fragments de céramique protohistorique. L'US 3 se distingue par l'apparition d'une structure grumeleuse et plus grise ainsi que de biocalcitisations qui attestent d'une évolution pédologique ;
- Les US 2 et 1 correspondent à des remblais liés aux activités de terrassements agricoles menées au cours de la période récente.

Fig. 9 – Coupe de la tranchée TR10-11 et du carottage SNP01 et relation au niveau marin. Courbe de remontée du niveau marin d'après Garcia-Artola et al. (2018). Marnage d'après SHOM (2017).
Fig. 9 – Cross-section of trench TR10-11 and core SNP01 and relationship to sea level. Sea level rise curve from Garcia-Artola et al. (2018). Tidal range from SHOM (2017).



Agrandir Original (jpeg, 153k)

1. Rejet de briquetage ; 2. Silo médiéval ; 3. Zone de rejet de godets entiers ; 3. Zone de rejet de malacofaune marine.
1. Salt exploitation reject; 2. Medieval silo; 3. Complete bucket reject zone; 4. Marine malacofauna reject zone.

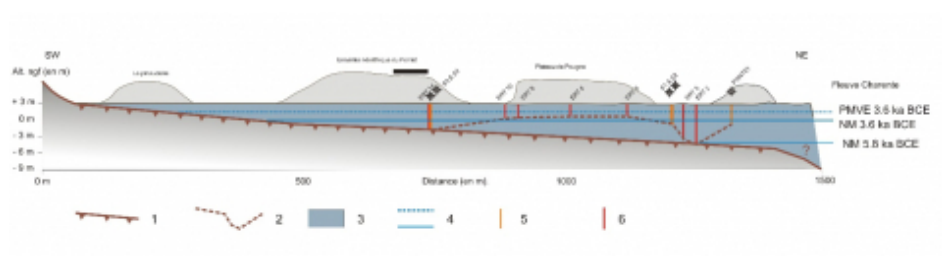
5. Discussion

39 A partir des données des sections électriques, de carottages et de la tranchée archéologique, il est possible de proposer une reconstitution schématique du profil en long de la vallée du Grand Ecours, de sa paléo-topographie, et de l'organisation sédimentaire de son remplissage. Ces données peuvent être mises en corrélation avec l'évolution régionale du niveau marin et permettent de proposer une reconstitution de l'évolution paléogéographique du vallon en cohérence avec les données stratigraphiques.

5.1. Evolution paléogéographique de la Charente

40 En utilisant les sections électriques perpendiculaires à l'axe du vallon (sections 2, 6, 10 et 14) la côte du point le plus bas du remplissage sur chaque profil peut être identifiée. Elle donne l'altitude locale de la base du calcaire. Les profils intermédiaires (sections 5, 8 et 9 notamment) ainsi que les carottages (S3, S1 et PONT01) permettent de compléter la restitution de cette géométrie (fig. 10). Le profil en long de l'axe du talweg présente une pente régulière et forte de l'ordre de 1 %. En l'absence de données locales, le raccordement avec l'axe fluvial de la Charente reste incertain. Les données des carottages les plus proches, localisés au niveau du Pont du Matrou (BSS001RLSR), soit 3,6 km en amont, indiquent une côte de base du talweg entre -13,6 et -11,6 m NGF alors que les données des carottages de Rochefort (BSS001RLSW), situés plus en amont, indiquent une profondeur plus importante de -26,4 m NGF. Ces dernières données n'ont pas été confirmées par des sections de résistivité récentes acquises sur le site de l'ancien bagne, qui indiquent des profondeurs du substratum vers -16 m NGF (Mathé et Carozza, inédit). Cependant, ce point n'a pas directement d'incidence sur l'évolution paléogéographique de la vallée du Grand Écours pour la période d'intérêt.

Fig. 10 – Reconstitution de la paléotopographie et du remplissage de la vallée du Grand Écours et relation avec l'évolution du niveau marin.
Fig. 10 – Reconstruction of the paleotopography and filling of the Grand Ecours Valley and its relationship with sea-level change.

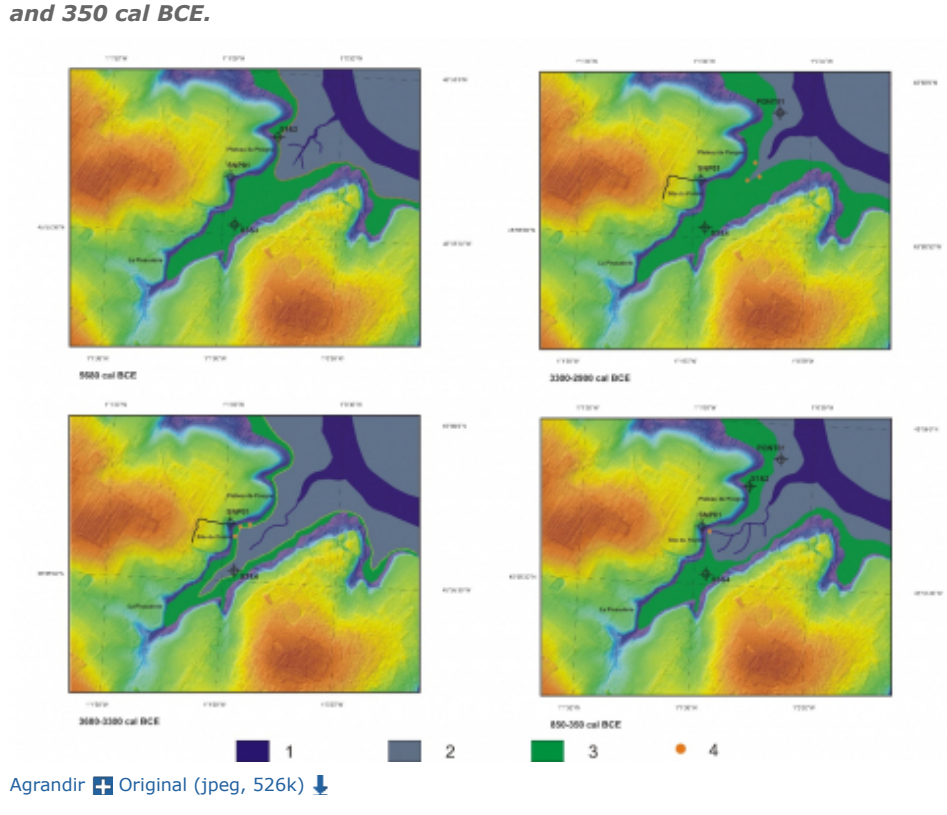


Agrandir Original (jpeg, 84k)

1. Incision Pléniglaciaire ; 2. Paléotopographie de la bordure de la vallée ; 3. Remplissage holocène ; 4. Niveau des PMVE et du NM à 5800 et 3600 cal BCE ; 5. Carottage ; 6. Section de résistivité électrique.
1. Pleniglacial incision; 2. Valley margin paleotopography; 3. Holocene infill; 4. HMWS and MSL levels at 5.8 and 3.6 ka cal BCE; 5. Core drilling; 6. ERT.

41 D'après les données régionales de remontée du niveau marin (Stéphan et Goslin, 2014 ; Garcia-Artola et al., 2018) complétées par Carozza et al. (2023) pour les périodes anciennes, les premières influences marines pourraient être perçues dans la partie aval de la vallée vers 5800 cal. BCE. Durant cet intervalle, des formations continentales hydromorphes s'accumulent au pied de la colline du Pontet comme le montre la base de la carotte S3 (US1). Au droit du site, les influences marines, d'abord limitées aux PMVE, se manifestent vers 5475 cal. BCE comme l'atteste la datation obtenue sur la carotte S3. Au pied du site se développe alors une vasière intertidale marquée par des apports sableux probablement liés à la présence de chenaux tidaux (fig. 11). Ces données sont conformes aux conclusions de Carbonel et al. (1998) qui identifient un maximum transgressif contemporain du VIe millénaire. L'aggradation rapide de la vasière (0,22 cm/an pour la carotte S3 et 0,14 cm/an pour la carotte PONT01 à partir de 3900 BCE) se poursuit en relation avec le maintien d'une vitesse de remontée rapide du niveau de la mer jusque vers 3000 BCE. À cette date, les carottes S2, S3 et PONT01 enregistrent une transition synchrone vers des dépôts plus fins, mis en place par décantation et interprétés comme le passage à un bas de schorre. Comme l'ont montré Haslett et al. (2003), la réduction de la vitesse de remontée du niveau marin et le maintien de vitesses de sédimentation élevées se traduisent par une progradation des marais littoraux. Plus au sud, dans le marais de Brouage, les premiers cordons littoraux internes se forment à la même période (Carozza et al., 2023) ce qui conforte l'hypothèse de la réduction de la création d'espace disponible et d'un début de progradation des marais amonts à cette date. Ce résultat montre cependant un décalage important, de près d'un millénaire, avec les hypothèses proposées par Carbonel et al. (1998) sur les marais de l'estuaire de la Charente. Celui-ci s'explique principalement par l'absence de données chronologiques fiables pour la période postérieure à 3500 BCE dans les travaux de ces auteurs.

Fig. 11 – Evolution paléogéographique de la vallée du Grand Ecours entre 5700 et 350 cal BCE.
Fig. 11 – Paleogeographic evolution of the Grand Ecours valley between 5700 and 350 cal BCE.



Agrandir Original (jpeg, 526k)

1. Fleuve Charente ; 2. Slikke ; 3. Schorre ; 4. Etablissement saunier potentiel - briquetage.
1. Charente River; 2. Slikke; 3. Schorre; 4. Potential salt workshop - briquetage.

5.2. Conséquences des évolutions paléogéographiques sur l'occupation humaine

42 Durant la première phase de l'occupation néolithique du site du Pontet (3600-3300 cal. BCE), le niveau moyen de la mer est estimé à -2,7 m NGF (fig. 11). Les PMVE seraient voisines de -0,4 m NGF et les PHMA de +0,1 m NGF. Les données de la carotte S3 indiquent alors à cette période l'existence d'un haut de vasière littorale en fond de vallon, alors que sur les versants, le carottage SNP01 montre le maintien d'un paléosol hydromorphe émergé jusqu'à 1620-1430 cal. BCE à +0,5 m NGF. Ainsi durant cette phase d'occupation, une vasière parcourue par des chenaux tidaux occupait le pied du site et pouvait permettre un accès direct aux eaux marines en vue de leur utilisation pour la production de sel ignigène soit, sur les versants soit, directement dans l'enceinte. La recherche d'éventuels vestiges de cette activité en pied de versant doit intégrer l'aggradation des marais depuis cette date (~ 2,5 m).

43 Durant la seconde phase de l'occupation du site (3300-2600 cal. BCE), à partir de ca. 3000 cal. BCE, si le niveau marin moyen s'est peu élevé, la vasière laisse place à un schorre en progradation rapide à une côte voisine initiale des PMVE, soit +0,5 m NGF (fig. 11). L'éloignement de la ligne de rivage rend alors difficile l'exploitation directe en bordure de site. Il est alors possible que, sur ces terrains nouvellement émergés, des structures destinées à l'exploitation directe du sel ignigène aient été implantées en bordure de marais. Si ce type de structure n'a pas été reconnue sur le site du Pontet, une telle organisation spatiale a été décrite sur le site de la Garenne à Saint-Hippolyte, une dizaine de kilomètres en amont dans la vallée de la Charente (Mathé et Carozza, inédit), où une anomalie magnétique isolée dans la plaine, distante d'une cinquantaine de mètres a fait l'objet d'une exploration par carottage. Celui-ci a livré à une profondeur de 1,6 m (soit +1,5 m NGF) des éléments anthropiques (tessons, terre brûlée et silex) datés à 3345-3095 cal. BCE reposant sur un sol hydromorphe peu épais positionné sur un replat et recouvert par un bri bleu de plus d'un mètre d'épaisseur.

44 La présence d'un important site de saunier de l'âge du Fer en pied de versant suppose un accès à l'eau salée jusqu'au pied de la butte du Pontet au cours de la seconde moitié du Ier millénaire BCE. L'installation saunière repose sur d'importants niveaux de colluvions issues des versants et renfermant des éléments de démantèlement de l'occupation néolithique. D'un point de vue chronologique, ces colluvions se mettent en place entre 1620-1430 cal. BCE et 780-510 cal. BCE, soit à l'âge du Bronze, peut-être en relation avec une exploitation agropastorale du plateau et des versants. Ces colluvions qui forment un prisme progradant sur le marais ont facilité l'installation saunière légèrement au-dessus des PMVE à environ +2 m NGF. L'importante accumulation de briquetage qui atteint près de 2 m au niveau du carottage SNP01 suggère une installation en proximité de la rupture de pente et du contact versant-marais comme cela est fréquemment le cas comme à Saint-Laurent-de-la-Pré (Vacher, 2017), à Muron (Vacher et Landreau, 2018) ou autour du Golfe de Brouage (Carozza et al., sous presse). La poursuite de la remontée du niveau marin durant le IIIe et le IIe millénaire BCE conduit à une position du niveau moyen de la mer à -0,5 m NGF. La côte des PMVE serait alors voisine de +2,3 m NGF. Cette côte correspond au niveau d'apparition des vestiges de briquetage dans la partie basse du versant d'après le carottage SNP01.

45 Ainsi, au cours de l'âge du Fer, les influences marines semblent présenter un caractère transgressif dans les marais. Ce phénomène, identifié de longue date en Bretagne (Morzadec-Kerfourn, 1974) et longtemps associé à une oscillation positive du niveau marin n'est documenté que de manière très discrète au sud de la Loire. Dans le bassin de la Boutonne, Carbonel et al. (1998) ont identifié une phase lacustre mal datée à une côte comprise entre -0,5 et +1,5 m NGF qui pourrait signer un épisode de recul du schorre et des marais littoraux. Dans l'estuaire de la Gironde, cet intervalle correspond à la formation du cordon Richard, un chenier qui atteste d'un puissant épisode de remaniement des marais (Diot et Tastet, 1995 ; Stéphan et al., 2019). Les travaux de révision de la courbe de remontée du niveau marin à l'échelle de la façade atlantique par Goslin et al. (2013), Stephan et al. (2015) et Garcia-Artola et al. (2018) ont conduit à réinterpréter cet épisode. Pouzet (2018) identifie une phase de tempêtes entre 850 et 550 cal. BP qui pourrait être la cause du recul des marais littoraux et de la pénétration des influences marines, en accord avec les données à l'échelle de la façade Atlantique. Ces éléments suggèrent que l'utilisation des sites sauniers de l'âge du Fer comme marqueur du maximum transgressif et pour reconstituer les paléogéographies (Gabet, 1968, 1970 et 1971) doit être reconsidérée.

6. Conclusion

46 La production de sel ignigène dans les marais littoraux macro-tidaux de l'estuaire de la Charente durant le Néolithique moyen et jusqu'à l'âge du Fer est tributaire des conditions paléogéographiques qui permettent l'accès à l'eau marine. Celles-ci dépendent notamment de l'interaction entre les héritages topographiques liés à l'érosion Pléniglaciaire et à la remontée du niveau marin Holocène qui détermine la position locale du trait de côte. Au cours du Néolithique récent 1 la position du trait de côte au pied du site du Pontet a pu permettre une exploitation directe de la ressource en eau de mer pour la production de sel ignigène. Mais à partir de 3000 cal. BCE, le début de la progradation du schorre dans un contexte de ralentissement de la vitesse de hausse du niveau marin régional a conduit à un éloignement du trait de côte, nécessitant probablement une réorganisation spatiale du système de production. L'absence de vestiges clairement identifiés correspondant à cette seconde phase d'organisation pourrait s'expliquer par leur enfouissement à des profondeurs supérieures à 2,5 m sous la surface actuelle.

47 La position du site à sel de l'âge du Fer, en pied de versant, ne traduit pas la position d'un maximum transgressif comme suggéré par Gabet (1968) mais se développe dans un contexte déjà régressif depuis plus de 1500 ans. Cependant, les premiers siècles du Ier millénaire BCE sont marqués par une phase d'érosion des marais en relation avec l'augmentation du régime des tempêtes qui a favorisé les entrées d'eau de mer loin dans les terres. L'utilisation de la position des sites sauniers de l'âge du Fer comme indicateur paléogéographique doit donc être maniée avec prudence en intégrant à la fois les données stationnelles comme la présence de chenaux de marais notamment et les évolutions locales de la réponse des marais à la baisse de la vitesse de remontée du niveau marin.

48 Si les indicateurs archéologiques fournissent des jalons précieux et souvent non ambigus pour reconstituer l'évolution et la position du trait de côte, leur insertion au sein des dynamiques géomorphologiques reste la condition à la bonne compréhension des dynamiques géomorphologiques.

Auteur correspondant : Tel : + 33 (0)6 45 00 67 70, amelie.duquesne1@univ-lr.fr (Amélie Duquesne)

Bibliographie

Alexianu M., Weller O., Brigand R. (2012) – EthnosalRo: an ethnoarchaeological project on Romanian salt. The European Archaeologist, 38, 17–22.

Ard V. (2011) – Traditions céramiques au Néolithique récent et final dans le Centre-Ouest de la France (3700-2200 avant J.-C.) : filiations et interactions entre groupes culturels. Thèse, Univ. Paris Ouest Nanterre, 2 vol., 641 p.

Ard V. (dir.) (2022) – Rapport 2022 du PCR d'exploitation du sel dans les golfes charentais du Néolithique à l'âge du Fer. L'enceinte néolithique et le site à sel protohistorique du Pontet à Saint-Nazaire-sur-Charente (17). Rapport de fouille 2022, 89 p.

Ard V., Weller O. (2012) – Les vases de « type Champ-Durand » : témoins d'une exploitation du sel au Néolithique récent dans le Marais poitevin. In Joussaume R. (dir.), L'enceinte néolithique de Champ-Durand à Nieul-sur-l'Autise (Vendée). Chauvigny, Association des Publications Chauvinoises (Mémoire ; XLIV), 319–343.

Ard V., Weller O. (2014) – Des enceintes qui ne manquent pas de sel. Les vases de « type Champ-Durand » comme témoins d'une activité spécifique aux pourtours des marais poitevin et charentais. In Joussaume R., Large J.M., Corson S., Le Meur N., Tortuyaux J.P. (dir.) : Enceintes néolithiques de l'Ouest de la France de la Seine à la Gironde. Actes du colloque CrabeNéo, Les Lucs-sur-Boulogne, 19-21 septembre 2012, Chauvigny, APC (Mémoires ; XLVIII), 371–385.

Ard V., Aoustin D., Bouchet É., Camus A., Carrère I., Charrieau L., Galin W., Granai S., Jadeau F., Jeauf-Freau V., Legrand V., Le Jeune Y., Leroux V.E., Leveque F., Mathé V., Mens E., Onfray M., Papon J., Pillot L., Poncet D. (2016) – Projet Collectif de Recherche (2013-2015) : Le Nord-Charente au Néolithique moyen et récent : enceintes fossoyées, sépultures mégalithiques et territoires (4500-2900 av. J.-C.), inclus les résultats des fouilles des dolmens de la Motte de la Jacquille et de l'enceinte du Peu à Charmé (Charente), Rapport final 2015, DRAC-SRA Poitou-Charentes, Poitiers, 466 p.

Baize D., Jabiol B. (1995) – Guide Pour la Description des Sols, col. Techniques et pratiques, INRA, Paris, France, 1995 ; 375 p.

Bertrand F. (2008) – La vulnérabilité des milieux lagunaires : fondements, représentations spatiales et évaluations dans l'aire atlantique. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, Univ. Paris 1., 351 p.

Blaauw M., (2010) – Methods and code for 'classical' age-modelling of radiocarbon sequences, Quaternary Geochronology, 5 (5), 512–518.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871101410000038

Bolle A. (1994) – Muron, déviation (Charente-Maritime). Sauvetage urgent. Document Final de Synthèse, AFAN, DRAC-SRA Poitou-Charentes, Poitiers, 109 p.

Bourgueil B. (2005) – Évolution de la transgression flandrienne et du littoral charentais depuis 8 500 BP. Géologie de la France, 1, 75–84.

Bourgueil B. (1995) – Datations au radiocarbone de niveaux tourbeux holocènes du marais de Rochefort (Charente-Maritime). Géologie de la France, 1, 77–80.

Bourgueil B., Moreau P. (1972) – Carte géologique de la France au 1/50 000e, feuille de Rochefort, n° 658, et sa notice (XIV-30). BRGM, Orléans, 30 p.

Bruniaux G. (2017) – Reconstitution paléogéographique et prospection archéologique en zone littorale par approches géophysiques multi-méthodes et multi-échelles. Thèse, Univ. de La Rochelle, 361 p.

Bruniaux G., Mathé V., Lévêque F., Ard V., Camus A. (2016) – Prospections géophysiques sur le site néolithique du Pontet (Saint-Nazaire-sur-Charente, Charente-Maritime). In Marticorena P., Ard V., Hasler A., Cauliez J., Gilabert C., Sénépart I. (dir.) : « Entre deux mers » et actualité de la recherche, 12e Rencontres Méridionales de Préhistoire Récente, septembre 2016, Bayonne, 181–186.

Bruniaux G., Mathé V., Lévêque F., Camus A., Ard V. (2017) – Data processing chain for high spatial resolution magnetic survey: Application on the Neolithic site of le Pontet (Charente-maritime, France). Archaeological Prospection, 25 (1), 3–16.

DOI : 10.1002/arp.1590

Bruniaux G., Legrand V., Bouchet E., Lévêque F., Louboutin C., Mathé V., Ard V. (2022) – Discussions sur la complémentarité de la méthode géomagnétique et de l'imagerie aérienne pour l'étude des enceintes néolithiques du Centre-Ouest de la France, Bulletin de la Société préhistorique française, 119 (1), 77–102.

Burgaud P. (1937) – Un fond de cabane néolithique à La Garenne, commune de Saint-Hippolyte (Charente-Inférieure). Bulletin de la Société Préhistorique Française, 34 (2), 132–140.

Burnez C., Façon R. (1957) – Le Terrier de Biard (Commune de Segonzac, Charente), Bulletin de la Société préhistorique de France, 54 (11-12), 770-775.

Burnez C., Hesse A. (1967) – Prospections géophysiques sur les sites archéologiques de la Charente, Bulletin de la Société préhistorique française, 64 (2), 299-304.

Burnez C., Louboutin C. (1999) – Les enceintes fossoyées néolithiques : architecture et fonction. L'exemple du Bassin inférieur de la Charente. Bulletin de la Société Préhistorique Française, 96 (3), 329–352.

Burnez C., Louboutin C., Braguier S. (2001) – Les habitats néolithiques ceinturés du Centre-Ouest de la France. In Guilaine J. (dir.), Communautés villageoises du Proche-Orient à l'Atlantique (8000-2000 avant notre ère). Séminaire du Collège de France, Paris, Errance, 205–220.

Carbonel P., Dartevelle H., Evin J., Gruet Y., Laporte L., Marambat L., Tastet J.P., Vella C., Weber O. (1998) – Evolution paléogéographique de l'estuaire de la Charente au cours de l'Holocène. In Laporte L. (dir.) : L'estuaire de la Charente de la Protohistoire au Moyen-Âge. Documents d'archéologie française, Editions de la Maison des sciences de l'homme, Paris, 15–25.

DOI : 10.4000/books.editionsmsh.44723

Carozza J.M., Aoustin D., Dupont C., Mathé V., Normand E., Champagne A. (2023) – Evolution d'un marais atlantique au cours de l'Holocène : le cas de Brouage (Charente-Maritime, France). Quaternaire, 34, 4, 233–251.

DOI : https://doi.org/10.4000/quaternaire.18918

Carozza J.M., Aoustin D., Dupont C., Mathé V., Duprat P., Normand E., Champagne A. (sous presse) – Le marais avant les marais : Brouage entre 6000 av. J.-C et le début du 1er millénaire. In Augeron M., Normand E. et Robin K. (Edit.). Brouage, des origines à nos jours. Une place forte au milieu des marais. Geste éditions – collection Les Presses universitaires de Nouvelle-Aquitaine.

Carpentier V., Ghesquière E., Marcigny C. (2012) – Grains de Sel. Itinéraire dans les salines du littoral bas-normand de la préhistoire au XIXe siècle, OREP Editions, Nonant, 224 p.

siècle, CREF Editions, Nohant, 224 p.

Cassen S., Scarre C. (1997) – Les enceintes de La Mastine et de Pied-Lizet (Charente-Maritime), fouilles archéologiques et études paléo-environnementales dans le Marais poitevin (1984-1988). Association des Publications Chauvinoises, Mémoire XIII, 196 p.

Cassen S., Labriffe P.A., Menanteau L. (2006) – Le sel « chauffé » des baies marines en Armorique-sud durant les Ve et IVe millénaire av. J.C. : à la recherche (ouest-européenne) de croyances et de faits techniques. In Hocquet et Sarrazin (Dirs.) : Le Sel de la Baie. Histoire, archéologie, ethnologie des sels atlantiques. 6e Congrès de la Commission internationale d'Histoire du Sel, Nantes 16-17 septembre 2004, Presses Univ. Rennes, 33–54.

DOI :10.4000/books.pur.758

Cassen S., Weller O. (2013) – Idées et faits relatifs à la production des sels marins et terrestres en Europe, du VIIe au IIIe millénaire. In Soares J. (Eds.): Prehistory of Wetlands. Landscapes of salt. Setúbal Arqueológica 14. Museum of Archaeology and Ethnography of the District of Setúbal (MAEDS). Setúbal, 255–304.

Clavé B., Massé L., Carbonel P., Tastet J. P. – (2001). Holocene coastal changes and infilling of the La Perroche marsh (French Atlantic coast). Oceanologica Acta, 24 (4), 377–389.

https://archimer.ifremer.fr/doc/00322/43349/42877.pdf

Dandurand G., Onfray M., Bruniaux G. (2020) – Apport de la géomorphologie et de la géoarchéologie à la caractérisation des anomalies magnétiques et électriques et à la restitution du cadre paysager : le cas de l'enceinte du Néolithique récent du Pontet à Saint-Nazaire-sur-Charente. In Ard V. et Mathé V. (dir.), Dynamiques d'occupation et d'exploitation du sel dans les golfes charentais, du Néolithique à l'Âge du Fer. Rapport de Projet Collectif de Recherche, SRA Poitou-Charentes, Poitiers, 46–57.

Daire M.Y. (2003) – Le sel des Gaulois. Editions Errance, Paris, 150 p.

Desfossés Y. (dir.) (2000) – Archéologie préventive en vallée de Canche, les sites protohistoriques fouillés dans le cadre de la réalisation de l'autoroute A16. Berck-sur-Mer, CRADC, Nord-Ouest Archéologie, 11, 427 p.

Dietze E., Dietze M. (2019) – Grain-size distribution unmixing using the R package EMMAgeo. Eiszeitalter und Gegenwart. Quaternary Science Journal, 68, 29–46.

https://doi.org/10.5194/egqsj-68-29-2019

Dietze E., Hartmann K., Diekmann B., IJmker J., Lehmkuhl F., Opitz S., Stauch G., Wünnemann B., Borchers A. (2012) – An end-member algorithm for deciphering modern detrital processes from lake sediments of Lake Donggi Cona, NE Tibetan Plateau, China. Sedimentary Geology, 243-244, 169–180.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003707381100265X

Dietze E., Wunnemann B., Hartmann K., Diekmann B., Jin H., Stauch G., Yang S., Lehmkuhl F.(2013) – Early to mid-Holocene lake high-stand sediments at Lake Donggi Cona, northeastern Tibetan Plateau, China. Quaternary Research, 79, 325–336.

DOI : 10.1016/j.yqres.2012.12.008

Dietze E., Maussion F., Ahlborn M., Diekmann B., Hartmann K., Henkel K., Kasper T., Lockot G., Opitz S., Haberzettl T. (2014) – Sediment transport processes across the Tibetan Plateau inferred from robust grain-size end members in lake sediments. Climatology Past, 10, 91–106.

DOI : 10.5194/cp-10-91-2014

Dietze M., Schulte P., Dietze E. (2022) – Application of end-member modelling to grain-size data: Constraints and limitations. Sedimentology, 69, 845–863.

DOI : 10.1111/sed.12929

Diot M.F., Taster J.-P. (1995) – Paléo-environnements holocènes et limites chrono-climatiques enregistrés dans un marais estuarien de la Gironde (France). Quaternaire, 6 (2), 63–75.

https://www.persee.fr/doc/quate_1142-2904_1995_num_6_2_2039

Gachina J. (1975) – Niveau stratigraphique et datation C14 de la hache naviforme du site de La Sauzaie, commune de Soubise (Charente-Maritime), Bulletin de la Société Préhistorique Française, 72, 378–380.

Gabet C. (1968) – Les variations du littoral d'Aunis et de Saintonge. Bulletin de la Société de Géographie de Rochefort, 1, 2ème série (2,3,4), 48 p.

Gabet C. (1970) – La transgression flandrienne en Aunis et Saintonge. Nouvelles observations dans le marais. Actes 93ème Congrès national des Sociétés savantes historiques, 3, 15–22.

Gabet C. (1971) – La phase terminale de la transgression flandrienne sur le littoral charentais. Quaternaria Rome, 14, 181–188.

Gabet C., Massaud J. (1965) – Le gisement peu-richardien de La Garenne 2, commune de Saint- Hippolyte (Charente-Maritime). Bulletin de la Société Préhistorique Française, 62 (1), 159-165.

García-Artola A., Stéphan P., Cearreta A., Kopp R.E., Khan N.S., Horton B. P. (2018) – Holocene sea-level database from the Atlantic coast of Europe. Quaternary Science Reviews, 196, 177–192.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S027737911830283X

Goslin J., Van **Vliet-Lanoë B.**, **Stéphan P.**, **Delacourt C.**, **Fernane A.**, **Gandouin E.**, **Hénaff A.**, **Penaud A.**, **Suanez S.** (2013) – Holocene relative sea-level changes in western Brittany (France) between 7600 and 4000 cal. BP: Reconstruction from basal-peat deposits ». Géomorphologie : relief, processus, environnement, 19, 4, 425–444.

DOI : https://doi.org/10.4000/geomorphologie.10386

Gouletquer P. (1966) – Les briquetages armoricains. Annales de Bretagne, 73 (1), 83–118.

Gouletquer P. (1970) – Les Briquetages de l'âge du Fer sur les côtes sud de la Bretagne. Bulletin de la Société préhistorique française, 67 (1), 399–411.

Gouletquer P., Weller O. (2010) – Continuités et discontinuités dans l'exploitation du sel sur la côte atlantique de la Bretagne. Haute Normandie archéologique, 14, 95–105.

Harding A. (2013) – Salt in prehistoric Europe. Sidestone Press, Leiden, 162 p.

Haslett S.K., Cundy A.B., Davies C.F.C., Powell E.S., Croudace I.W. (2003) – Salt marsh sedimentation over the past c. 120 years along the west Cotentin coast of Normandy (France): relationship to sea-level rise and sediment supply. Journal of coastal research, 7 (3), 609–620.

https://www.jstor.org/stable/4299202

Jamagne M. (1967) – Bases et techniques d'une cartographie des sols, Annales Agronomiques, 18, 142 p.

Joussaume R. (1982) – Champ-Durand à Nieul/l'Autize (Vendée). Site préhistorique fortifié du IIIe millénaire av. J.-C., Groupe Vendéen d'Études Préhistoriques, La Roche-sur-Yon, 18.

Joussaume R. (1995) – Les enceintes néolithiques du Centre- Ouest de la France, Groupe vendéen d'Études préhistoriques, 31, 25–31.

Joussaume R. (1999) – À propos de l'enceinte fossoyée de Champ-Durand à Nieul-sur-l'Autize (Vendée), Bulletin de la Société préhistorique française, 96 (3), 401–408.

DOI : 10.3406/bspf.1999.10982

Kinory J. (2012) – Salt production, distribution and use in the British Iron Age, Oxford : Archeopress, BAR British Series 559.

DOI :10.30861/9781407309729

Landreau G. (2007) – Du godet à l'auget. Les établissements salicoles gaulois entre Loire et Gironde. In : Bertrand I., Maguer P. (dir) : De Pierre et de terre, les Gaulois entre Loire et Dordogne, Catalogue de l'exposition présentée par les musées de la Ville de Chauvigny (Vienne), Association des Publications Chauvinoises, 15 mai-14 octobre 2007, Chauvigny, 39–42.

Landreau G. (2009) – Entre Isthme gaulois et Océan, la saliniculture au second âge du Fer. Etat des connaissances, in Bertrand I., Duval A., Gomez de Soto J., Maguer P. (dir.) : Les Gaulois entre Loire et Dordogne, Actes du XXXIe colloque international de l'AFEAF, Association des Publications Chauvinoises, Tome I, Mémoire XXXIV, 245–306.

Lenz N., Lindhorst S., Helge W.A. (2023) – Determination and quantification of sedimentary processes in salt marshes using end-member Modelling of grain-size data. Depositional Record, 9, 4–29.

Lévêque F., Mathé V. (2015) – Prospection magnétique 3D à haute résolution. Les nouvelles de l'archéologie, 138, 19–23.

DOI :10.4000/nda.2697

Loke M. H., Barker R. D. (1996) – Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. Geophysical Prospecting, 44 (1), 131–152.

DOI : 10.1111/j.1365-2478.1996.tb00142.x

Loke M. H., (2014) – Rapid 2-D Resistivity and IP inversion using the least-squares method. Malaysia, Geotomo software.

Maguer P., Landreau G., Martignole L. (2011) – Les sauneries gauloises du littoral charentais, Archéopages, 31, 14–21.

Marsac M., Joussaume R. (1977) – Le marais poitevin aux temps néolithiques, Archéologia, 112, 20-31.

Mathé V., Ard V. (dir.) (2015) – Rapport 2015 du PCR Dynamiques d'occupation et d'exploitation du sel dans les golfes charentais du Néolithique. Rapport du PCR 2015, 127 p.

Mathé V., Ard V. (dir.) (2016) – Rapport 2016 du PCR Dynamiques d'occupation et d'exploitation du sel dans les golfes charentais du Néolithique. Rapport du PCR 2016, 214 p.

Mathé V., Ard V. (dir.) (2018) – Rapport 2018 du PCR Dynamiques d'occupation et d'exploitation du sel dans les golfes charentais du Néolithique. Rapport du PCR 2018, 58 p.

Mathé V., Ard V. (dir.) (2019) – Rapport 2019 du PCR Dynamiques d'occupation et d'exploitation du sel dans les golfes charentais du Néolithique. Rapport du PCR 2019, 177 p.

Mathé V., Ard V. (dir.) (2020) – Rapport 2020 du PCR d'exploitation du sel dans les golfes charentais du Néolithique. Rapport du PCR 2020, 141 p.

Mathé V., Ard V. (dir.) (2021) – Rapport 2021 du PCR d'exploitation du sel dans les golfes charentais du Néolithique à l'âge du Fer. Rapport du PCR 2021, 112 p.

Mathé V., Ard V. (dir.) (2022) – Rapport 2021 du PCR d'exploitation du sel dans les golfes charentais du Néolithique à l'âge du Fer. Rapport du PCR 2021, 95 p.

Moeys J., (2018) – The soil texture wizard: R functions for plotting, classifying, transforming and exploring soil texture data. CRAN, 99 pp.

Monah D. (2002) – L'exploitation préhistorique du sel dans les Carpates orientales. In Weller O. (Ed.) : Archéologie du sel : Techniques et sociétés dans la Pré- et Protohistoire européenne, Actes du colloque 12.2 du XIVe Congrès de l'UISPP, septembre 2001, Liège et de la Table Ronde du Comité des Salines de France, mai 1998, Paris, 135–146.

Monah D., Dumitroaia G., Weller O., Chapman J. (2007) – L'exploitation du sel à travers le temps. C. Matasa, coll. Bibliotheca Memoria Antiquitatis, XVIII, Piatra Neamt, Roumanie, 327 p.

Morzadec-Kerfourn M.T. (1974) – Variation de la ligne de rivage armoricaine au Quaternaire. Analyses polliniques de dépôts organiques littoraux. Ph.D thesis, University of Rennes 1, 208 p.

Nikolov V. (2011) – Provadia-Solnitsata (NE Bulgaria): A Salt-Producing Center of the 6th and 5th Millennia BC. In Alexianu M., Weller O., Curca R. (Eds.): Archaeology and Anthropology of salt. A diachronic approach. BAR International Series 2198, Archaeopress, Oxford, 59–64.

Olivier L. (2000) – Le « Briquetage de la Seille » (Moselle) : nouvelles recherches sur une exploitation proto-industrielle du sel à l'Âge du Fer, Antiquités nationales, 32, 143–171.

Olivier L. (2005) – Le « Briquetage de la Seille » (Moselle) : bilan d'un programme de cinq années de recherches archéologiques (2001-2005), Antiquités nationales, 37, 219–230.

Olivier L. (2010) – Nouvelles recherches sur le site de sauniers du premier Age du Fer de Marsal « La Digue » (Moselle), Antiquités nationales, 41, 127–160.

Olivier L., Kovacik J. (2006) – The « Briquetage de la Seille » : proto-industrial salt production in the European Iron Age, Antiquity, 80 (309), 558–566.

DOI : 10.1017/S0003598X00094035

Passega, R. (1964) – Grain size representation by CM patterns as a geological tool. Journal of Sedimentary Petrology, 34 (4), 830–847.

https://doi.org/10.1306/74D711A4-2B21-11D7-8648000102C1865D

Pautreau J.P. (1974) – L'habitat Peu-richardien de la Sauzaie, commune de Soubise (Charente- Maritime). Fouille de sauvetage. Premiers résultats, Rochefort, Circonscription des Antiquités préhistoriques Poitou-Charentes, 101 p.

Pautreau J.P. (1976) – L'habitat Peu-richardien de la Sauzaie (Commune de Soubise, Charente-Maritime), Revue archéologique du Centre de la France, 15 (3-4), p. 350.

Pautreau J.P., Robert P.P. (1975) – Découverte d'un four de poterie de l'Âge du Cuivre en Saintonge. Archéologia, 86, 50–55.

Péridy P. (1999) – Les enceintes néolithiques à fossés interrompus entre Loire et Marais poitevin, Bulletin de la Société Préhistorique Française, 96 (3), 421–426.

Perrichet-Thomas C. (1986) – Les sites à sel en Aunis et Saintonge : présentation et problématique. Actes du VIIIe colloque sur les âges du Fer en France non méditerranéenne, Angoulême, 18-20 mai 1984, Aquitania, 1, 167–171.

Perrichet-Thomas C. (1990) – Le rôle du sel dans l'économie latènienne à travers les textes anciens et la recherche archéologique chez les Santons. Les Gaulois d'Armorique, Actes du XIIe colloque AFEAF, Revue Archéologique de l'Ouest, 3, 277–286.

Pouzet P. (2018) – Etude des paléo-évènements extrêmes le long de la côte atlantique française : approches sédimentologiques, dendrochronologiques et historiques. Thèse, Univ. Nantes, 332 p.

Prilaux G (2000) – La production du sel à l'Âge du Fer, contribution à l'établissement d'une typologie à partir des exemples de l'autoroute A16. Collection Protohistoire européenne 5, Ed. Monique Mergoil, Montagnac, 109 p.

Reimer P.J., Austin W.E.N., Bard E., Bard E et al. (2020) – The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP). Radiocarbon. 62 (4), 725–757. DOI:10.1017/RDC.2020.41

Sellier D. (2010) – L'analyse intégrée du relief et la sélection déductive des géomorphosites : application à la Charente-Maritime (France). Géomorphologie : relief, processus, environnement, 16, 2, 199–214.

https://doi.org/10.4000/geomorphologie.7931

Stéphan P., Verdin F., Arnaud-Fassetta G., Bertrand F., Eynaud F., García-Artola A., Bosq M., Culioli C., Suanez S., Coutelier C., Bertran P., Costa S., (2019) – Holocene coastal changes along the Gironde estuary (SW France): new insights from the North Médoc peninsula beach/dune system », Quaternaire, 30, 47–75.

https://doi.org/10.4000/quaternaire.11172

Stéphan, P., Goslin, J., Pailler, Y., Manceau, R., Suanez, S., Van Vliet-Lanoë, B., Hénaff, A., Delacourt, C., (2015) – Holocene salt-marsh sedimentary infilling and relative sea-level changes in West Brittany (France) using foraminifera-based transfer functions. Boreas, 44.

https://doi.org/10.1111/bor.12092

SHOM (2017) – Références Altimétriques Maritimes. Ports de France métropolitaine et d'Outre-Mer, Cotes du zéro hydrographique et niveaux caractéristiques de la marée, 118 p.

Tasić N. (2000) – Salt use in the Early and Middle Neolithic of the Balkan Peninsula. In Nikolova L. (Ed.) : Technology, Style and Society. Contributions to the innovations between the Alps and the Black Sea in prehistory, Oxford British Archaeological Reports, International Series 854, 35–40.

DOI : 10.30861/9781841711362

Tasić N. (2002) – Salt trade in the Neolithic of south-east Europe. In Weller O. (Ed.) : Archéologie du sel : Techniques et sociétés dans la Pré- et Protohistoire européenne, Actes du colloque 12.2 du XIVe Congrès de l'UISPP, septembre 2001, Liège et de la Table Ronde du Comité des Salines de France, mai 1998, Paris, 147–152.

Tencariu F.A., Alexianu M., Cotiuga V., Vasilache V., Sandu I. (2015) – Briquetage and salt cakes : an experimental approach of prehistoric technique. Journal of Archaeological Science, 59, 118–131.

DOI :10.1016/j.jas.2015.04.016

Vacher S. (2017) – Les occupations entre terre et marais sur la presqu'île des Pierres Closes à Saint-Laurent-de-la-Prée (17), Route impériale, extension du golf, phases 1 et 2, rapport de diagnostic archéologique, Poitiers, Inrap.

Vacher S., Landreau G. (2018) – Premiers sondages sur l'atelier de sauniers gaulois de Treize Œufs à Muron, fouille réalisée dans le cadre du projet collectif de recherche « Dynamiques d'occupation et d'exploitation du sel dans les golfes charentais du Néolithique à l'âge du Fer », La lettre d'Archéaunis, 49, 2018-2, 15–28.

Weber N. (2004) – Morphologie, architecture des dépôts, évolution séculaire et millénaire du littoral charentais. Apports de la sismique réflexion combinée à des suivis bathymétriques et validée par des vibrocarottages. Thèse, Univ. La Rochelle, 372 p.

Weller O. (2000a) – Les premières formes d'exploitation du sel durant le Néolithique et le Chalcolithique européens : de la reconnaissance des techniques à l'analyse des dimensions économiques. Thèse, Univ. Paris I (Panthéon-Sorbonne), 326 p.

Weller O. (2000b) – Produire du sel par le feu : techniques et enjeux socio-économiques dans le Néolithique européen. In Pétrequin P., Fluzin P., Thiriot J., Benoit B. (Dir.) : Arts du feu et productions artisanales. XXe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, 1999, APDCA, Antibes, 565–584.

Weller O. (2002a) – Aux origines de la production du sel en Europe. Vestiges, fonctions et enjeux archéologiques. In Weller O. (Ed.) : Archéologie du sel : Techniques et sociétés dans la Pré- et Protohistoire européenne, Actes du colloque 12.2 du XIVe Congrès de l'UISPP, septembre 2001, Liège et de la Table Ronde du Comité des Salines de France, mai 1998, Paris, 163–175.

Weller O. (2002b) – Archéologie du sel : Techniques et sociétés dans la Pré- et Protohistoire européenne, Actes du colloque 12.2 du XIVe Congrès de l'UISPP, septembre 2001, Liège et de la Table Ronde du Comité des Salines de France, mai 1998, Paris, 257 p.

Weller O. (2012) – La production chalcolithique du sel à Provadia-Solnitsata : de la technologie céramique aux implications socio-économiques. In Nikolov V., Bacvarov K. (Eds) : Salt and gold the role of salt in Prehistoric Europe. Actes du Colloque international Humboldt-Kolleg, octobre 2010, Provadia (Bulgarie), 67–87.

Weller O. (2015) – First salt making in Europe: an overview from Neolithic times. Documenta Praehistorica XLII, 42, 185–196.

DOI : 10.4312\dp.42.12

Weller O., Ard V. (2024) – Prehistoric salt production: Technological approach in ceramic studies. Journal of Archaeological Science: Reports, 53, 104379.

DOI : 10.1016/j.jasrep.2024.104379

Weller O., Desfosses Y. (2002) – Les ateliers sauniers de Sorrus (Pas-de-Calais) : un apport majeur aux techniques de production de sel et à leur évolution durant le second Âge du Fer. In Weller O. (Eds) : Archéologie du sel : techniques et sociétés, Internationale Archäologie, ASTK 3, Table Ronde du Comité des Salines de France, mai 1998, Paris, 63–80.

Weller O., Dumitroaia Gh. (2005) – The earliest salt production in the World. A Neolithic exploitation in Lunca-Poiana Slatinei, Romania. Antiquity, 79 (306), 1–4.

Weller O., Dufraisse A., Pétrequin P. (Eds.) (2008a) – Sel, eau et forêt. D'hier à aujourd'hui. Presses Universitaires de Franche-Comté, Collection « Les cahiers de la MSHE Ledoux » n°12, Besançon, 598 p.

Weller O., Dumitroaia G., Sordoillet D., Dufraisse A., Gauthier E., Munteanu R. (2008b) – Première exploitation de sel en Europe. Techniques et gestion de l'exploitation de la source salée de Poiana Slatinei à Lunca (Neamt, Roumanie). In Weller O., Dufraisse A., Pétrequin P. (Eds.) : Sel, eau et forêt. D'hier à aujourd'hui. Presses Universitaires de Franche-Comté, Collection « Les cahiers de la MSHE Ledoux » n°12, Besançon, 205–230.

Annexe

Version abrégée en anglais

The location of igneous salt workshop (salt production by evaporation through artificial heating) between the Late Neolithic (3600-2900 cal. BCE) and the Iron Age (850-150 cal. BCE) is dependent on access to seawater and therefore on the position of the coastline. The construction of scenarios combining geomorphological heritage, sea-level evolution and the sedimentary dynamics of marshland areas is thus necessary to consider possible modes of exploitation of this resource, its spatial organization, particularly in relation to habitats, and its potential evolution over time in response to environmental factors. Gabet (1968, 1970 and 1971) had already taken part in this type of approach for the Iron Age, but it had never been envisaged for earlier periods, in particular for the Late Neolithic, when the number of hilltop causewayed enclosures near estuaries and marshes multiplied on a regional scale. The aim of this article is to examine the relationship between the location of salt-making sites and paleogeographic evolution around Le Pontet (Soubise, France) (fig. 1).

Located in the Charente estuary in a tributary valley (the Grand Écours), Le Pontet site is a causewayed enclosure whose main occupation dates back to the Late Neolithic (fig. 2). Fieldwork has been carried out on the site, combining geophysical surveys on the archaeological site, excavation of fortification trench and hollow structures, trenches at the base of the slope, coring and environmental geophysics (electromagnetic mapping and electrical resistivity tomography profiles), with the specific aim of reconstructing the paleogeographical evolution of the site (fig. 3). These new results complement and refine previous work on a regional scale (Regain, 1980; Bourgueil, 2005) and the synthesis of the evolution of the lower Charente estuary around Rochefort by Carbonel et al. (1998).

Geophysical and coring data were used to reconstruct the pre-transgressive palaeotopography of the Grand Écours valley and the thickness of its infill. These data show that the valley has a regular slope morphology (~ 1%) over a length of around 1.15 km and that its infill is thickening downstream and reaching more than 10 m deep. The topographic elevation of the top of the fill is remarkably constant at +3.2 m NGF (General levelling of France), which corresponds to the height of current HMVS.

Stratigraphic and chronological data from cores S2, S3 and PONT01 show an ordering between a basal transgressive muddy sequence associated with a slikke environnement dominated by heterogeneous depositional processes (uniform, high-energy to graded suspension) and a regressive schorre at the summit dominated by settling processes (fig. 5-7). The transgressive maximum is reached around ca. 3000 cal. BCE in all three cores. Data from trench TR10 and the associated core SNP01, located at the foot of the slope, are consistent with this model and show that the transgressive maximum was reached at the end of the period (fig. 8).

Taken together, these data enable us to propose a reconstruction of the paleogeographical evolution of the Grand Écours valley around 5600, 3600, 3000 and 750 cal. BCE, *i.e.,* before Neolithic occupation, during Late Neolithic 1, Late Neolithic 2 and the Iron Age (fig. 10). These scenarios show that during Late Neolithic 1 settlement, the foot of the site was bordered by an upper mudflat that provided direct access to the saltwater resource. In this scenario, salt mining structures could be located in the immediate vicinity of the site. During the Late Neolithic 2 period, the progradation dynamics of the schorre led to a shift away from the coastline, modifying the conditions of access to saltwater resources. Based on observations made at the site of La Garenne (Commune de Saint-Hippolyte), it is therefore conceivable that the saunière installations could have moved away from the enclosure. However, there is no archaeological evidence to support this model. Lastly, during the Iron Age, the erosion of the salt marsh during the climatic downturn around ca. 3000 cal BCE made it possible to install a salt furnace on the edge of the slope. The position of these installations cannot therefore be used to date the Holocene transgressive maximum that predates it.

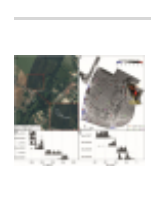
Table des illustrations

Titre **Fig. 1 – Carte de localisation de la zone d'étude.*Fig. 1 – Location map of the study area.***

Légende 1. Site à sel de l'âge du Fer cité dans ce travail ; 2. Sondage étudié dans Carbonel et al. (1998) ; 3. Sondage étudié dans Bourgueil (2005) ; 4. Zone d'étude ; 5. Site de carottage ; 6. Ville principale.*1. Iron Age salt exploitation site in this work; 2. Coring site studied in Carbonel et al. (1998); 3. Coring site studied in Bourgueil (2005); 4. Study area; 5. Coring site; 6. Main city.*

URL http://journals.openedition.org/geomorphologie/docannexe/image/18520/img-1.jpg

Fichier image/jpeg, 522k

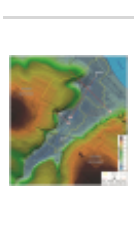


Titre **Fig. 2 – Le site néolithique du Pontet.*Fig. 2 – The Pontet neolithic site.***

Légende A : photographie aérienne de la vallée du Grand Écours ; B : photographie aérienne du site fortifié du Pontet ; C : carte des anomalies géomagnétiques de l'enceinte fossoyée du Pontet ; D : datations radiocarbones pour le Néolithique ; E : datations radiocarbones pour l'âge du Fer.1. Tranchée archéologique ; 2. Site de carottage ; 3. Enceinte externe ; 4. Enceinte médiane ; 5. Enceinte interne ; 6. Entrée en forme de pinces de crabe.

URL http://journals.openedition.org/geomorphologie/docannexe/image/18520/img-2.jpg

Fichier image/jpeg, 513k



Titre **Fig. 3 – Localisation des prospections géophysiques, des sites de carottage et de la tranchée archéologique sur le site du Pontet.*Fig. 3 – Location of geophysical surveys, coring sites and archaeological trench on the site of Le Pontet.***

Légende 1. Prospection électromagnétique ; 2. Prospection géomagnétique ; 3. Section de résistivité électrique ; 4. Section de résistivité électrique exploitée dans ce travail ; 5. Site de carottage ; 6. Tranchée archéologique.*1. Electromagnetic survey; 2. Geomagnetic map; 3. Electric resistivity tomography section; 4. Electric resistivity tomography section studied in this work; 5. Coring site; 6. Archaeological trench.*

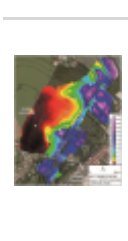
URL http://journals.openedition.org/geomorphologie/docannexe/image/18520/img-3.jpg

Fichier image/jpeg, 603k

Titre **Tab. 1 - Datations radiocarbones des carottes S2, S3, SNP01 et PONT01. Les dates sont calibrées à 2 σ avec le package R CLAM et la courbe de calibration IntCal20.*Tab. 1 - Radiocarbon dates of the S2, S3, SNP01, PONT01 cores. Dates are calibrated to 2 σ with the R package CLAM and the Intcal20.14C calibration curve.***

URL http://journals.openedition.org/geomorphologie/docannexe/image/18520/img-4.jpg

Fichier image/jpeg, 652k



Titre **Fig. 4 – Carte de conductivité électrique apparente (maille d'interpolation 2x2 m) du fond du vallon du Grand Écours (EM 31). Profondeur d'investigation entre 1,5 et 5 m (EM31-MK2).*Fig. 4 – Apparent electrical conductivity map (interpolation mesh 2x2 m) of the Grand Ecours valley floor (EM31). Depth of investigation between 1.5 and 5 m (EM31-MK2).***

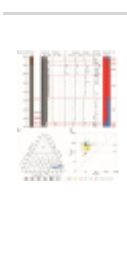
URL http://journals.openedition.org/geomorphologie/docannexe/image/18520/img-5.jpg

Fichier image/jpeg, 293k

Titre **Fig. 5 – Sections de résistivité électrique étudiées sur le site du Pontet.*Fig. 5 – Electric resistivity tomography sections studied on the site of Le Pontet.***

URL http://journals.openedition.org/geomorphologie/docannexe/image/18520/img-6.jpg

Fichier image/jpeg, 283k

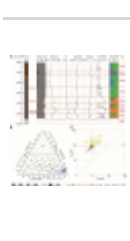


Titre **Fig. 6 – Stratigraphie et sédimentologie de la carotte S3.*Fig. 6 – Stratigraphy and sedimentology of the S3 core.***

Légende A : log et analyses ; B : triangle des textures français 'Aisne' ; C : image CM.1. Sol ; 2. Limon argileux ; 3. Limon sableux ; 4. Sable limoneux ; 5. Argile ; 6. Limon ; 7. Sable ; 8. Décantation ; 9. Suspension uniforme ; 10. Suspension uniforme énergique ; 11. Suspension graduée ; 12. Saltation et suspension graduée ; 13. EM1 (67 µm - 49 %) ; 14. EM2 (110 µm - 49 %) ; 15. EM3 (120 µm - 1,9 %).

URL http://journals.openedition.org/geomorphologie/docannexe/image/18520/img-7.jpg

Fichier image/jpeg, 511k

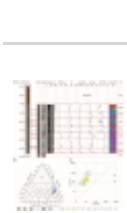


Titre **Fig. 7 – Stratigraphie et sédimentologie de la carotte S2.*Fig. 7 – Stratigraphy and sedimentology of the S2 core.***

Légende A : log et analyses ; B : triangle des textures français 'Aisne' ; C : image CM.1. Sol ; 2. Limon argileux ; 3. Limon sableux ; 4. Sable limoneux ; 5. Calcaire ; 6. Argile ; 7. Limon ; 8. Sable ; 9. Décantation ; 10. Suspension uniforme ; 11. Suspension uniforme énergique ; 12. Saltation ; 13. EM1 (15 µm - 1,9 %) ; 14. EM2 (36 µm - 18 %) ; 15. EM3 (53 µm - 36 %) ; 16. EM4 (65 µm - 3,1 %) ; 16. EM5 (78 µm - 42 %).

URL http://journals.openedition.org/geomorphologie/docannexe/image/18520/img-8.jpg

Fichier image/jpeg, 461k



Titre **Fig. 8 – Stratigraphie et sédimentologie de la carotte PONT01.*Fig. 8 – Stratigraphy and sedimentology of the PONT01 core.***

Légende A : log et analyses ; B : triangle des textures français 'Aisne' ; C : image CM.1. Sol ; 2. Limon argileux ; 3. Limon argileux avec de fines laminations horizontales ; 4. Calcaire ; 5. Argile ; 6. Limon ; 7. Sable ; 8. Décantation ; 9. Suspension uniforme ; 10. Suspension uniforme énergique ; 11. Suspension graduée ; 12. Saltation et suspension graduée ; 13. EM1 (15 µm - 31 %) ; 14. EM2 (18 µm - 28 %) ; 15. EM3 (57 µm - 5,3 %) ; 16. EM4 (78 µm - 34 %) ; 17. EM5 (99 µm - 1,4 %).

URL http://journals.openedition.org/geomorphologie/docannexe/image/18520/img-9.jpg

Fichier image/jpeg, 492k

Titre **Fig. 9 – Coupe de la tranchée TR10-11 et du carottage SNP01 et relation au niveau marin. Courbe de remontée du niveau marin d'après Garcia-Artola et al. (2018). Marnage d'après SHOM (2017).*Fig. 9 – Cross-section of trench TR10-11 and core SNP01 and relationship to sea level. Sea level rise curve from Garcia-Artola et al. (2018). Tidal range from SHOM (2017).***

Légende 1. Rejet de briquetage ; 2. Silo médiéval ; 3. Zone de rejet de godets entiers ; 4. Zone de rejet de malacofaune marine.*1. Salt exploitation reject; 2. Medieval silo; 3. Complete bucket reject zone; 4. Marine malacofauna reject zone.*

URL http://journals.openedition.org/geomorphologie/docannexe/image/18520/img-10.jpg

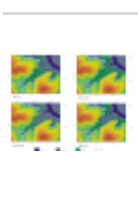
Fichier image/jpeg, 153k

Titre **Fig. 10 – Reconstitution de la paléotopographie et du remplissage de la vallée du Grand Écours et relation avec l'évolution du niveau marin.*Fig. 10 – Reconstruction of the paleotopography and filling of the Grand Ecours Valley and its relationship with sea-level change.***

Légende 1. Incision Pléniglaciaire ; 2. Paléotopographie de la bordure de la vallée ; 3. Remplissage holocène ; 4. Niveau des PMVE et du NM à 5800 et 3600 cal BCE ; 5. Carottage ; 6. Section de résistivité électrique.*1. Pleniglacial incision; 2. Valley margin paleotopography; 3. Holocene infill; 4. HMWS and MSL levels at 5.8 and 3.6 ka cal BCE; 5. Core drilling; 6. ERT.*

URL http://journals.openedition.org/geomorphologie/docannexe/image/18520/img-11.jpg

Fichier image/jpeg, 84k



Titre **Fig. 11 – Evolution paléogéographique de la vallée du Grand Ecours entre 5700 et 350 cal BCE.*Fig. 11 – Paleogeographic evolution of the Grand Ecours valley between 5700 and 350 cal BCE.***

Légende 1. Fleuve Charente ; 2. Slikke ; 3. Schorre ; 4. Etablissement saunier potentiel - briquetage.*1. Charente River; 2. Slikke; 3. Schorre; 4. Potential salt workshop - briquetage.*

URL http://journals.openedition.org/geomorphologie/docannexe/image/18520/img-12.jpg

Fichier image/jpeg, 526k

Pour citer cet article

Référence électronique

Amélie Duquesne, Jean-Michel Carozza, Guillaume Bruniaux, Vivien Mathé, Marylise Onfray, François Levêque, Stéphane Vacher, Laurent Carozza, Pierre Stéphan et Vincent Ard, « Evolution paléogéographique du bas estuaire de la Charente et production du sel entre le Néolithique et l'Âge du Fer : le cas du site du Pontet (Saint-Nazaire, Charente-Maritime, France) », *Géomorphologie : relief, processus, environnement* [En ligne], Articles sous presse, mis en ligne le 17 octobre 2024, consulté le 31 octobre 2024. URL : http://journals.openedition.org/geomorphologie/18520

Auteurs

Amélie Duquesne
LIENSS – UMR 7266 CNRS, La Rochelle Université, Bâtiment ILE, 2 rue O. de Gouges, 17000 La Rochelle, France.

Articles du même auteur

L'anastomose du fleuve Charente : apports de la quantification des formes fluviales à la connaissance des processus géomorphologiques et des facteurs de contrôle [Texte intégral]
The anastomosed pattern of the Charente River: Insight from fluvial landforms quantification to the knowledge of geomorphic processes and controlling factors
Paru dans *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 29-1 | 2023

Trajectoire d'évolution d'un cours d'eau à très faible énergie : le cas de la Charente entre Angoulême et Saintes (Ouest de la France) [Texte intégral]
Paru dans *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, vol. 26 - n° 2 | 2020

Jean-Michel Carozza
LIENSS – UMR 7266 CNRS, La Rochelle Université, Bâtiment ILE, 2 rue O. de Gouges, 17000 La Rochelle, France.

Articles du même auteur

L'anastomose du fleuve Charente : apports de la quantification des formes fluviales à la connaissance des processus géomorphologiques et des facteurs de contrôle [Texte intégral]
The anastomosed pattern of the Charente River: Insight from fluvial landforms quantification to the knowledge of geomorphic processes and controlling factors
Paru dans *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 29-1 | 2023

Trajectoire d'évolution d'un cours d'eau à très faible énergie : le cas de la Charente entre Angoulême et Saintes (Ouest de la France) [Texte intégral]
Paru dans *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, vol. 26 - n° 2 | 2020

Les formes d'érosion en lit mineur rocheux : typologie, distribution spatiale et implications sur la dynamique du lit. Exemple à partir des seuils rocheux molassiques de la moyenne Garonne toulousaine (Sud-Ouest, France) [Texte intégral]
Sculpted forms into bedrock channel: typology, spatial distribution and implications for channel dynamic. Insight from molassic knickpoints on the Middle Garonne (South-West France)
Paru dans *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, vol. 26 - n° 2 | 2020

La connectivité sédimentaire dans la haute chaîne pyrénéenne par l'analyse de la crue de juin 2013 : le rôle des formations superficielles [Texte intégral]
Sediment connectivity in the high Pyrenees mountain range by 2013 flood analysis: role of surficial sediment storages
Paru dans *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, vol. 24 - n° 4 | 2018

Ajustements géomorphologiques du chenal de la moyenne Garonne en aval de Toulouse au cours des 200 dernières années (sud-ouest, France) [Texte intégral]
Geomorphological adjustments of channel of the middle Garonne River downstream Toulouse over the last 200 years (South West France)
Paru dans *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, vol. 23 - n° 2 | 2017

Évolution de la dynamique fluviale de la moyenne Garonne toulousaine : apport d'une approche multi-sources cartes historiques, stratigraphie et géophysique sur le site Grenade-Ondes [Texte intégral]
The fluvial dynamics of the middle Garonne River documented by combining historical maps, stratigraphy and geophysics approaches on the Grenade-Ondes study site
Paru dans *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, vol. 21 - n° 1 | 2015

Tous les textes...

Guillaume Bruniaux
LIENSS – UMR 7266 CNRS, La Rochelle Université, Bâtiment ILE, 2 rue O. de Gouges, 17000 La Rochelle, France.

Vivien Mathé
LIENSS – UMR 7266 CNRS, La Rochelle Université, Bâtiment ILE, 2 rue O. de Gouges, 17000 La Rochelle, France.

Articles du même auteur

Évolution hydrogéomorphologique holocène de la Garonne maritime - Focus sur les sites de Langoiran et de l'Isle-Saint-Georges (Gironde, France) [Texte intégral]
Holocene hydrogeomorphological evolution of the tidal Garonne River – Focus on the sites of Langoiran and Isle Saint-Georges (Gironde, France)
Paru dans *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, vol. 21 - n° 1 | 2015

Marylise Onfray
LETG-Brest – UMR 6554 Inrap Bretagne.

François Levêque
LIENSS – UMR 7266 CNRS, La Rochelle Université, Bâtiment ILE, 2 rue O. de Gouges, 17000 La Rochelle, France.

Stéphane Vacher
INRAP GSO.

Laurent Carozza
GEODE – UMR 5602 CNRS, Université Toulouse Jean Jaurès, 5 Allées Antonio Machado, 31058 Toulouse, France.

Pierre Stéphan
LETG-Brest – UMR 6554 Inrap Bretagne.

Articles du même auteur

Actes des 22èmes Journées des Jeunes Géomorphologues (Brest, 2021) [Texte intégral]
Paru dans *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, vol. 28 - n° 4 | 2022

Fifteen years of hydrodynamic forcing and morphological changes leading to breaching of a gravel spit, Sillon de Talbert (Brittany) [Texte intégral]
Quinze ans de forçage hydrodynamique et de changements morphologiques aboutissant à la rupture d'une flèche de galets, Sillon de Talbert (Bretagne)
Paru dans *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, vol. 24 - n° 4 | 2018

Dynamique pluri-décennale du trait de côte en lien avec les variations des forçages météo-océaniques au nord de la Bretagne (baie de Goulven, France) [Texte intégral]
Mesoscale shoreline dynamic related to meteo-oceanic forcing variations on North Brittany (Goulven Bay, France)
Paru dans *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, vol. 24 - n° 1 | 2018

Bilan des tempêtes de l'hiver 2013-2014 sur la dynamique de recul du trait de côte en Bretagne [Texte intégral]
Review of winter storms 2013-2014 on shoreline retreat dynamic on Brittany coast
Paru dans *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, vol. 21 - n° 3 | 2015

Holocene relative sea-level changes in western Brittany (France) between 7600 and 4000 cal. BP: Reconstitution from basal-peat deposits [Texte intégral]
Variations du niveau marin relatif holocène dans l'ouest de la Bretagne (France) : reconstitution à partir des tourbes de base entre 7600 and 4000 cal. BP
Paru dans *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, vol. 19 - n° 4 | 2013

Mise au point sur l'évolution géomorphologique et le devenir des flèches de galets du Loc'h de Landévennec (Bretagne, France) [Texte intégral]
Clarification on the geomorphological evolution and the future of gravel spits of Loc'h de Landévennec (Brittany, France)
Paru dans *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, vol. 19 - n° 2 | 2013

Tous les textes...

Vincent Ard
TRACES – UMR 5608 CNRS, Université Toulouse Jean Jaurès, 5 Allées Antonio Machado, 31058 Toulouse, France.

Droits d'auteur

Le texte et les autres éléments (illustrations, fichiers annexes importés), sont « Tous droits réservés », sauf mention contraire.