



**HAL**  
open science

## Exploration archéologique de 170 hectares de plaine maritime (Bourbourg, Saint-Georges-sur-l'Aa, Craywick, Nord de la France) : restitution de la fermeture d'un estuaire au Moyen Âge et mise en évidence de mares endiguées

Laurent Deschodt, Mathieu Lançon, Samuel Desoutter, Guillaume Hulin, François-Xavier Simon, Bruno Vanwalscappel, Yves Créteur, Frédéric Broes, Véronique Devred, Dominique Favier, et al.

### ► To cite this version:

Laurent Deschodt, Mathieu Lançon, Samuel Desoutter, Guillaume Hulin, François-Xavier Simon, et al.. Exploration archéologique de 170 hectares de plaine maritime (Bourbourg, Saint-Georges-sur-l'Aa, Craywick, Nord de la France) : restitution de la fermeture d'un estuaire au Moyen Âge et mise en évidence de mares endiguées. Bulletin de la Société Géologique de France, 2021, Special Issue Gearcheology, 192 (12), 20 p. 10.1051/bsgf/2021004 . halshs-03184693

**HAL Id: halshs-03184693**

**<https://shs.hal.science/halshs-03184693>**

Submitted on 31 Oct 2022

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

## Exploration archéologique de 170 hectares de plaine maritime (Bourbourg, Saint-Georges-sur-l'Aa, Craywick, Nord de la France) : restitution de la fermeture d'un estuaire au Moyen Âge et mise en évidence de mares endiguées

Laurent Deschodt<sup>1,2,\*</sup>, Mathieu Lançon<sup>1,3</sup>, Samuel Desoutter<sup>1,3</sup>, Guillaume Hulin<sup>1,4</sup>, François-Xavier Simon<sup>1,5</sup>, Bruno Vanwalscappel<sup>1</sup>, Yves Créteur<sup>1</sup>, Frédéric Broes<sup>1</sup>, Véronique Devred<sup>1</sup>, Dominique Favier<sup>1</sup> et Anne-Lise Le Bayon<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRAP, Institut National de Recherches Archéologiques Préventives, 121 Rue d'Alésia, CS20007, 75685 Paris Cedex 14, France

<sup>2</sup> LGP, Laboratoire de Géographie Physique : Environnements Quaternaires et Actuels (UMR 8591 CNRS, Université Paris 1, UPEC), 1 place Aristide Briand, 92195 Meudon Cedex, France

<sup>3</sup> IRHiS, Institut de Recherches Historiques du Septentrion (UMR 8589 CNRS, Université de Lille), 11 rue des Champs, F-59650, Villeneuve-d'Ascq, France

<sup>4</sup> METIS, Milieux environnementaux, transferts et interactions dans les hydrosystèmes et les sols (UMR 7619 CNRS, Sorbonne Université), 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France

<sup>5</sup> Laboratoire Chrono-Environnement, (UMR 6249 CNRS, Université de Franche-Comté), Campus de la Bouloie, 16 route de Gray, 25000 Besançon, France

Reçu le 29 novembre 2019 / Accepté le 8 février 2021

**Résumé** – Dans le cadre de l'agrandissement du port de Dunkerque, plus de 170 hectares de la plaine maritime ont été explorés sur la future « Zone Grande Industrie », dans l'ancien estuaire de la Denna (ou Déna, ou L'Enna), sous-bassin du petite fleuve côtier Aa. Le diagnostic d'archéologie préventive classique par ouverture de tranchées a été accompagnée de recherches en archives, de prospections géophysiques, de levés géomorphologiques en sondages en puits (profonds de 3 m) et en coupes. L'intégration des études de nature différente permet d'aboutir à une compréhension du secteur meilleure que ne l'eût fait chaque discipline séparément. Les dépôts sont essentiellement des sables tidaux recoupés par des chenaux de marée. Les décimètres supérieurs sont parfois plus limoneux. Les mesures de conductivité apparente permettent de spatialiser les données lithostratigraphiques ponctuelles. Leur confrontation, ainsi que des indices venant du réseau parcellaire, permet la mise en évidence d'un bord ouest de l'estuaire, contemporain d'occupations humaines. De même, la confrontation des vestiges archéologiques levés lors du diagnostic avec une zonation basée sur la géophysique et la stratigraphie permet d'appréhender l'évolution du paysage, notamment l'expansion et la contraction de l'habitat du secteur, depuis les premières interventions aux environs des X<sup>e</sup>–XII<sup>e</sup> siècles sur la bordure ouest de l'estuaire. Depuis ce dernier, l'habitat a progressé vers le nord-est, jusqu'à un bras de la Denna resté longtemps actif et dont l'axe correspond au système de drainage actuel. La cartographie de conductivité électrique permet également de mettre en évidence des anomalies qui se sont révélées être de larges et profondes structures anthropiques (jusqu'à environ 40 m de diamètre et plus de 5 m de profondeur, soit –2,5 m sous la cote zéro). Bien que nombreuses, ces structures peuvent passer facilement inaperçues lors des diagnostics archéologiques. Plusieurs ont été testées. Leur remplissage est variable mais présente comme point commun une étanchéification du fond et des parois par des mottes d'argile. Ces structures sont interprétées comme des mares endiguées dont quelques exemples subsistent sur la côte de la mer du Nord (en Frise, en Zélande et en Allemagne). Elles permettaient de recueillir l'eau douce et leur couronne de remblais en élévation s'élevaient au-dessus des plus fortes marées.

**Mots clés** : estuaire / Aa / géophysique / structure excavée / Moyen-Âge / paléoenvironnement

\*Auteur correspondant : [laurent.deschodt@inrap.fr](mailto:laurent.deschodt@inrap.fr)

**Abstract – Archaeological exploration of 170 hectares in the maritime plain (Bourbourg, Saint-Georges-sur-l’Aa, Craywick, Northern France): restitution of the closure of an estuary during the Middle Ages and highlighting of dyked ponds.**

As part of the expansion of the port of Dunkirk, more than 170 hectares of the maritime plain were explored on the future “Zone de Grande Industrie” (heavy industrie area) in the former estuary of the Denna (or Déna, or L’Enna) river, sub-catchment of the small coastal Aa river. The usual preventive archaeological diagnosis by trial trenches was accompanied by an archival research, a geophysical survey and geomorphological surveys (cross-sections and 3 m deep test pits). The integration of the different results leads to an understanding of the sector better than each discipline would have done separately. The first meters of deposits consist of tidal sands intersected by tidal channels. The upper decimeters are possibly siltier. The apparent conductivity survey allows spatializing the lithostratigraphic data. Their combination, as well as information from the ancien cadastre, highlight a state of the western edge of the estuary, contemporary with human occupations. In the same way, combination of archaeological remains collected during the survey with the geophysical/stratigraphical data allows to understand the evolution of that landscape, along with the expansion and contraction of dwellings, since the first remains around the X<sup>th</sup>–XII<sup>th</sup> century on the western edge of the estuary. From that, dwellings move to the northeast, to a long time active channel of the Denna which its axis corresponds to the current drainage system. The electrical conductivity survey also revealed anomalies that turned out to be broad and deep anthropogenic features (up to about 40 m in diameter and more than 5 m deep, *i.e.* –2.5 m below mean water level). Although abundant, these structures can easily be unnoticed by trial trenches. Three structures were tested. Their filling is variable but has a common point to be sealed on the bottom and to have walls made with clumps of clay. These features are interpreted as diked ponds, some examples remain on the coast of the North Sea (Friesland, Zeeland and Germany). They were used to collect fresh water while the surrounding shape embankment was used to protect it from the highest tides.

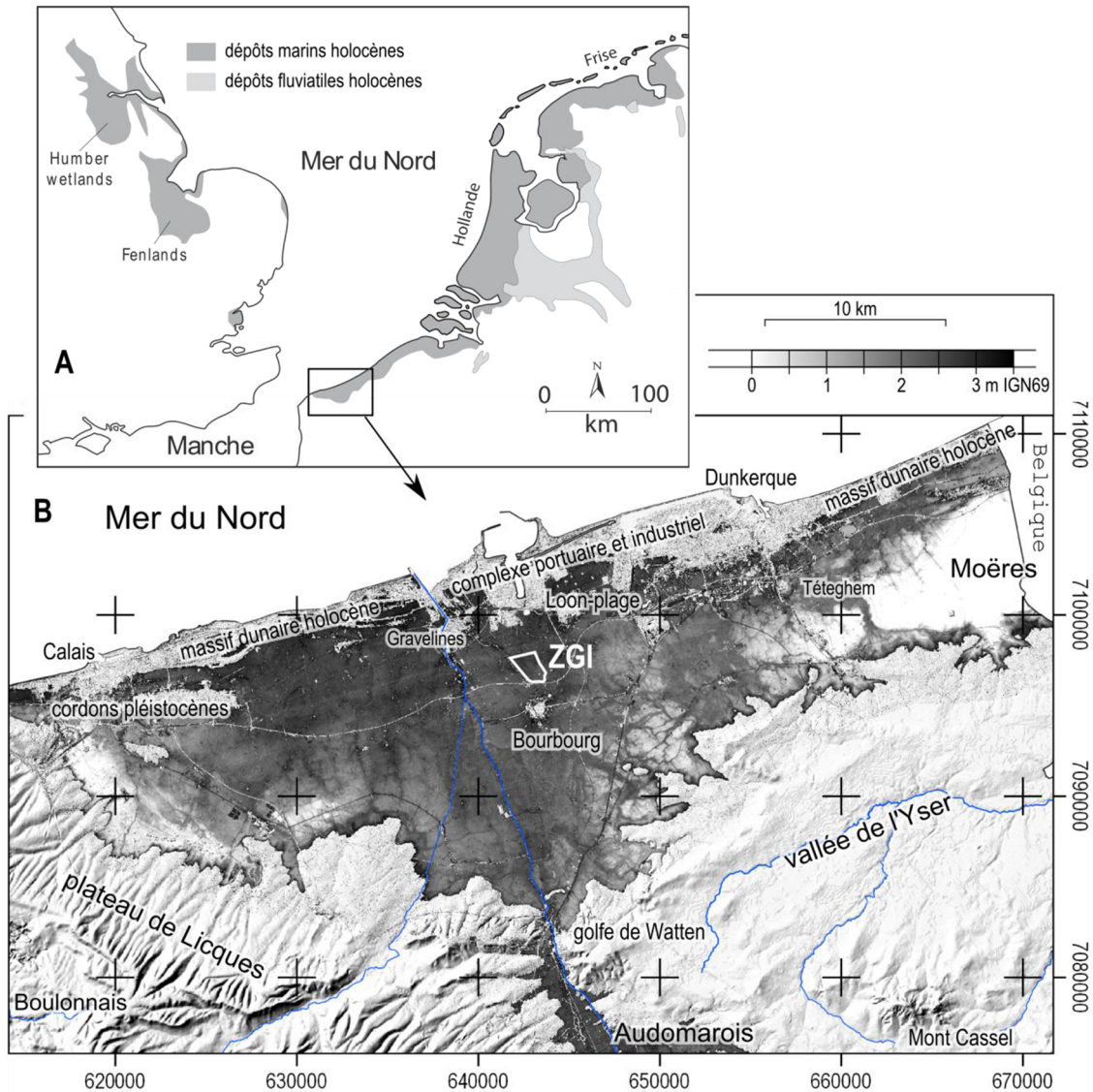
**Keywords:** estuary / Aa river / geophysics / excavated feature / Middle Age / paleoenvironment

## 1 Introduction

### 1.1 Les dépôts flamands et l’occupation de la plaine : état de la question

Le littoral de la mer du Nord est bordé par une vaste plaine côtière de la mer du Nord qui s’étend du Nord de la France au Danemark. De Calais au nord de la Belgique, elle constitue une zone basse, aux environs de 2,5 m au-dessus du niveau moyen de la mer, protégée par un cordon dunaire quasi-continu (Fig. 1). Cette vaste plaine maritime est à l’origine de la notion même d’étage Flandrien (Holocène) et de transgression flamandienne (dernière remontée glacio-eustatique à partir de la fin du Pléistocène supérieur) (Blanchard, 1906). Les dépôts marins quaternaires (majoritairement holocènes mais aussi en partie pléistocènes), dépassent 25 m d’épaisseur dans l’axe des anciennes vallées incisées dans le substrat argileux paléogène (Fig. 2). Dans sa partie française, la plaine maritime a une largeur moyenne de 12 km et atteint une largeur maximale de 20 km, au niveau des anciens estuaires de la Hem et de l’Aa (Fig. 1). La plaine a fait l’objet de nombreuses études géologiques et géographiques, notamment Dubois (1924), Briquet (1930), Sommé (1977) et la position stratigraphique d’éléments archéologiques a dès le XIX<sup>e</sup> siècle participé à la perception de phases transgressives (Gosselet 1901). Dubois (1924) définit les assises de « Calais » et de « Dunkerque » qui correspondent à deux phases transgressives principales séparées par la tourbe dite « de surface ». La transgression calaisienne est responsable d’un épais dépôt sableux et correspond à la fin de la remontée glacio-eustatique jusqu’à la stabilisation du niveau mondial de l’océan autour du niveau actuel aux environs de 5000 cal. BC. (Lambeck *et al.*, 2002). L’assise de Dunkerque correspond à des dépôts marins qui

pénètrent profondément dans la plaine maritime, parfois jusqu’à sa bordure, en scellant et érodant une partie de la tourbe « de surface ». Ces entrées marines sont particulièrement évidentes pour la fin de la période antique et disparaissent au Moyen-Âge avec le comblement des estuaires, évolution naturelle favorisée par des endiguements. Cette transgression « dunkerquienne » a souvent été abusivement interprétée en terme de variations historiques du niveau de la mer. Bien d’autres facteurs ont pu jouer un rôle sur la dynamique du littoral : évolutions endogènes du système, évolution climatique (Meurisse-Fort, 2008), la dégradation des tourbières et leur tassement (Baeteman, 2016). Les phases transgressives et les subdivisions de Dubois, après avoir été adoptées et étendues à la Belgique (Tavernier, 1948 ; Ameryckx et Verhulst, 1958) y ont été par la suite discutées (Verhulst et Gottschalk, 1980 ; Thont *et al.*, 2013). Les archéologues belges, néerlandais et allemands ont des exemples d’occupations de la plaine maritime de la mer du Nord depuis plus de 12 000 ans (Bazelmans *et al.*, 2012 ; Meier *et al.*, 2013). En France, la perception simpliste d’un vaste envahissement marin, et donc d’un territoire impropre aux occupations en dehors des massifs dunaires, suivi d’une lente reconquête médiévale, a longtemps dominé. Elle a entravé la recherche et la reconnaissance même de sites archéologiques. Le contexte sédimentaire est, il est vrai, souvent complexe et difficile à investiguer en dehors des derniers aménagements médiévaux en sub-surface : derrière les cordons dunaires, les dépôts tidaux, des chenaux, des schorres se succèdent dans le temps et l’espace, avec peu de repère chronologique de terrain, si ce n’est la tourbe dite « de surface », elle-même diachrone, souvent enfouie sous les derniers apports tidaux et irrégulièrement conservée. Des découvertes récentes d’aménagements du Néolithique et du Haut-Moyen-Âge en Flandre française au



**Fig. 1.** Localisation de la zone d'étude. A : Localisation de la plaine maritime française dans les plaines maritimes de la mer du Nord (carte d'après Van de Noort, 2000) ; B : Localisation Zone Grande Industrie (ZGI) dans la plaine maritime française, MNT d'après Lidar littoral (DDTM 59, 2007–2008) et BD alti 25 (IGN), avec ombrage des reliefs au-dessus de 3,5 m IGN69. Coordonnées en mètres Lambert 93.

**Fig. 1.** Location of the study area. A : Location of the French maritime plain in the plains of the North Sea (map from Van de Noort, 2000); B : Location of the Denna estuary in the maritime plain and Zone Grande Industrie, Lidar Littoral DTM (DDTM 59, 2007–2008) and BD alti 25 (IGN), with hill shading over 3.5 m IGN69 elevation. Lambert 93 meters survey.

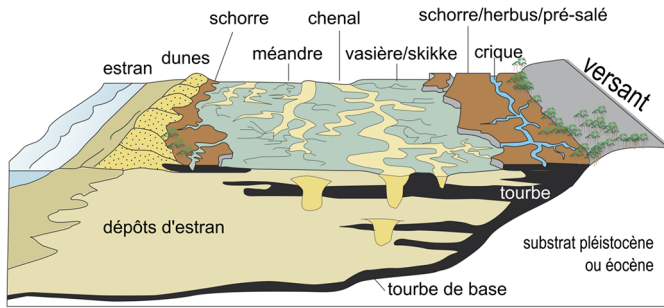
cœur de la plaine permettent de reconsidérer le supposé caractère inhabitable des zones basses (Lançon et Boulén, 2019). Une attention accrue est aujourd'hui portée en archéologie préventive à la plaine maritime.

## 1.2 La « Zone de Grande Industrie » et objectif du diagnostic archéologique

Dans le cadre du développement du port autonome de Dunkerque, l'Inrap a réalisé le diagnostic archéologique de la « Zone de Grande Industrie » sur les communes de Bourbourg, Saint-Georges-sur-l'Aa et Craywick, à environ 6 km en arrière du trait de côte actuel. Cette partie de la plaine est aujourd'hui

exploitée en openfield. Son altitude varie entre 2,1 et 2,8 m IGN69 et se situe le plus souvent aux environs de 2,5 m, ce qui correspond peu ou prou à la cote des pleines mers de mortes eaux calculée au port de Dunkerque ouest (2,456 m IGN69) (Tab. 1).

La zone diagnostiquée, d'environ 200 ha, se situe au cœur de l'estuaire d'un des bras du petit fleuve côtier Aa : la Denna (l'Enna ou la Déna selon d'autres graphies anciennes). Ce cours d'eau se divisait en plusieurs bras à travers le cordon dunaire avant de rejoindre la mer du nord (Fig. 3). Dans les années 1970, le creusement du port ouest de Dunkerque, le développement des industries associées et l'édification de la centrale nucléaire de Gravelines, à l'ouest du port, ont totalement modifié l'embouchure et le front de



**Fig. 2.** Bloc diagramme schématique du comblement holocène de la plaine.

**Fig. 2.** Schematic block diagram of the holocene filling of the plain.

mer. Au Moyen-Âge, la Denna s'écoulait en aval de Bourbourg dans un vaste estuaire en cours de remblaiement, avec des évidences d'influences marines et d'eau saumâtre. La plaine est maintenant drainée par un réseau de larges fossés (*watergangs*) dont nombre sont les vestiges des chenaux les plus récents. Le coin d'eau salé reste cependant à quelques mètres sous la surface (vers  $-1$  à  $-2$  m IGN69), avec des variations saisonnières et d'éventuelles remontées locales (Mercier et Bacrot, 1990). L'absence de tourbe « de surface » à l'intérieur même de l'ancien estuaire limite la possibilité de compaction des terrains, contrairement aux zones plus internes de la plaine maritime où les chenaux de marées sableux peuvent constituer des reliefs inversés (Fig. 1).

Le diagnostic qui avait pour but de caractériser les vestiges et données archéologiques du secteur a été réalisé en deux tranches en 2016 et 2017 (Lançon et al., 2017 ; Desoutter et al., 2018). Du fait de l'ampleur des surfaces à traiter et au regard de la grande variabilité des phénomènes géomorphologiques en jeux dans la construction des paysages littoraux, l'opération a nécessité la mise en place d'une approche multi-scalaire et transdisciplinaire afin de mieux percevoir le cadre naturel et la chronologie des implantations humaines.

## 2 Différentes approches et principaux résultats

### 2.1 Étude des archives historiques

Une analyse des toponymes (hydronymes, odonymes, lieux-dits) dans les sources médiévales et modernes de cette partie de la châtellenie de Bourbourg permet de documenter les éléments et les infrastructures de l'estuaire de la Denna et d'identifier le domaine monastique du *Palling dick*, appartenant à l'abbaye Notre-Dame de Bourbourg, situé dans l'emprise du diagnostic.

Les premières mentions toponymiques (entre la fin du IX<sup>e</sup> siècle et le début du XII<sup>e</sup> siècle) ont été surimposées à un extrait de la carte géologique du BRGM au 1/50 000 (Leplat et al., 1988) (Fig. 3). L'ensemble permet de reconstituer en partie le paysage de la Denna aux alentours du X<sup>e</sup> siècle. Les paroisses, domaines et lieux-dits habités se répartissaient de part et d'autre de l'estuaire. Ses limites étaient bordées par deux voies dont les premières mentions retrouvées dans le cadre de l'étude sont plus tardives (XIV<sup>e</sup> siècle). La plus à

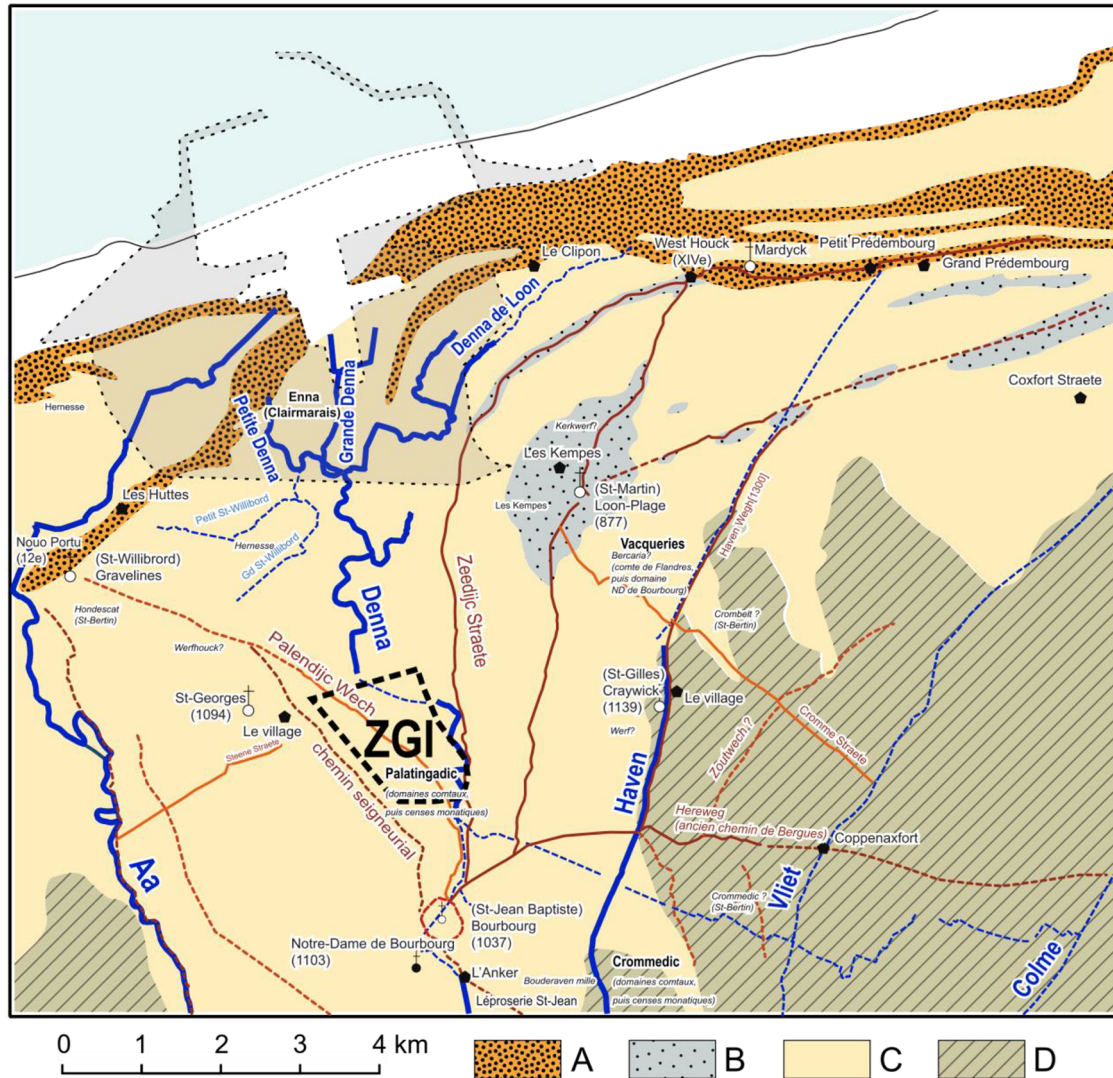
l'est rejoignait Bourbourg à Mardyck en longeant la dune. Elle était nommée la *Zeedijc Straete* (mentionnée au XIII<sup>e</sup> siècle) ou *Zee Wech* (rue de la digue de mer/chemin de la mer) et même parfois *Oudendyck* (vieille digue). À l'ouest, le *Palendijc wech* (chemin de la digue aux anguilles, mentionné vers 1300 et attesté de manière certaine en 1517) rejoignait Bourbourg à Gravelines. Il traversait l'emprise et fut également appelé plus tardivement le « chemin de Madame l'Abbesse ». Ces deux voiries, dont le nom renforce l'idée de la présence de digues, aboutissaient au nord de l'enceinte de la ville de Bourbourg implantée dans le fond de l'estuaire. Le plan circulaire de ce bourg évoque les *Ringwalburgen* de Zélande ou, plus proches, ceux de Furnes ou de Bergues. Il pourrait appartenir à un ensemble d'enceintes réparties sur toute la côte de la mer du Nord et aménagées pour la plupart dans la seconde moitié du IX<sup>e</sup> siècle (Heeringen et al., 1995). Nous pensons qu'à cette période, l'estuaire de la Denna était une entrée navigable suffisamment importante pour qu'on se préoccupe d'en contrôler l'accès. Bien qu'imprécise, se dessine ainsi l'image d'un terroir structuré dès le X<sup>e</sup> siècle autour de l'estuaire.

Sous les comtes de Flandre Thierry et Philippe d'Alsace (milieu et deuxième moitié du XII<sup>e</sup> siècle), d'autres indices pourraient témoigner d'un gain progressif des terres sur l'ancien estuaire de la Denna : c'est le site de Gravelines, sur l'Aa, qui a été choisi comme port estuarien par le comte (vers 1160) et, « près du fleuve Enna », un très vaste domaine agricole (justement nommé l'Enna) voisin du cordon dunaire a été donné vers 1173/1176 à l'abbaye cistercienne de Clairmarais (BnF, Duchesne 22, fol.474, signalé par *Diplomatica Belgica*, notice 8978 ; de Laplane 1863, pièce justificative XXXIV, p. 353). À cette période, la réorganisation du territoire par le comte de Flandre a conduit à une rationalisation de l'hydrographie, avec la possible canalisation de l'Aa d'une part, et celles des anciennes rivières de l'Haven, du Vliet, et de la Colme qui évacuent les eaux vers Dunkerque. Le tout est renforcé par un réseau de canaux secondaires perpendiculaires.

### 2.2 Examen des plans cadastraux

Les plans du cadastre dit *napoléonien* des communes de Bourbourg, Loon-Plage, Craywick et Saint-Georges sur l'Aa, levés entre 1833 et 1836 (Archives Départementales du Nord : ADN 59, sous série P31) ont été géoréférencés et redessinés sur un système d'information géographique (Fig. 4). Les grandes lignes des structures parcellaires ont été discriminées.

Le cours d'eau du Palyck Dyck (peut-être remanié au nord lors du siège de Gravelines en 1644) avait un parcours sinueux entre le Chemin de Madame l'Abbesse (à l'ouest) et le *Zeedick* (à l'est). Il a conditionné en grande partie le système parcellaire qui s'organise également autour de l'axe tracé par le chemin de Madame l'Abbesse (ancien *Palindick Straete* et digue supposée). Les parcelles à l'ouest du chemin étaient plus réduites et moins régulières. Plusieurs ruptures de limites de parcelles sont attribuables à la présence de digues anciennes ou des fonds de parcelles axés sur le chemin de Gravelines à Bourbourg. L'une des limites de parcelles est remarquable par son tracé curviligne et parallèle à la courbe formée par le chemin de Madame l'Abbesse.



**Fig. 3.** Hypothèse de restitution de l'estuaire de la Denna entre les X<sup>e</sup> et XII<sup>e</sup> siècles (M. Lançon, sur la base du glossaire toponymique de C. Cercy, in Lançon et al., 2017), sur un extrait du fond de carte géologique 1/50 000 du BRGM (Leplat et al., 1988). A : « MzbD », « dunes et cordons littoraux sableux récents » ; B : « MzaS », « assise de Calais », sable ; C : « Mzb », « assise de Dunkerque », sable et limon-sableux ; D : « Mzb/T », « tourbe supérieure », tourbe recouverte par l'« assise de Dunkerque ».

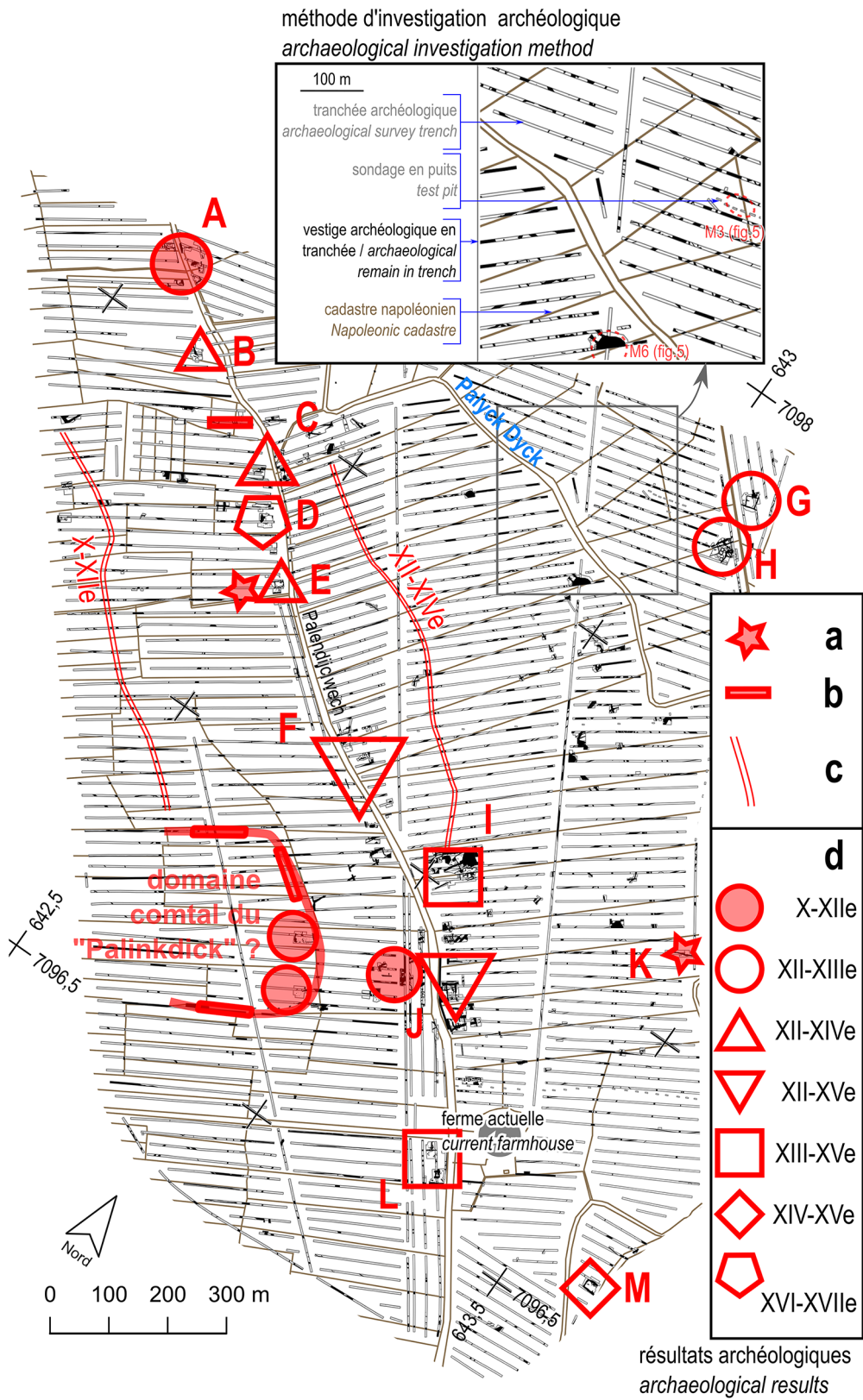
**Fig. 3.** Hypothesis for the restitution of the Denna estuary between the 10th and 12th centuries (M. Lançon, based on the toponymic glossary of C. Cercy, in Lançon et al., 2017) on an extract from the geological map 1/50 000 of the BRGM (Leplat et al., 1988). A : "MzbD", "recent dunes and sandy coastal barriers"; B : "MzaS", "assise de Calais", sand; C : "Mzb", "assise de Dunkerque", sand and sandy loam; D : "Mzb/T", "upper peat", peat covered by the "assise de Dunkerque".

### 2.3 Examen des photographies aériennes

Dans ce secteur de la plaine maritime, les textures contrastées en surfaces (sable ou argile) sont parfois bien lisibles sur les vues aériennes (IGN, Bing Aerial, Google earth). Outre des indices archéologiques, des figures dendritiques caractéristiques de chenaux de marée sont repérés. Ces données ont été recueillies avant l'opération de terrain. Elles sont fragmentaires (en fonction de l'état des cultures sur chaque parcelle lors des prises de vue) mais complètent les données recueillies sur le terrain dans les tranchées archéologiques ou par mesure de la conductivité apparente.

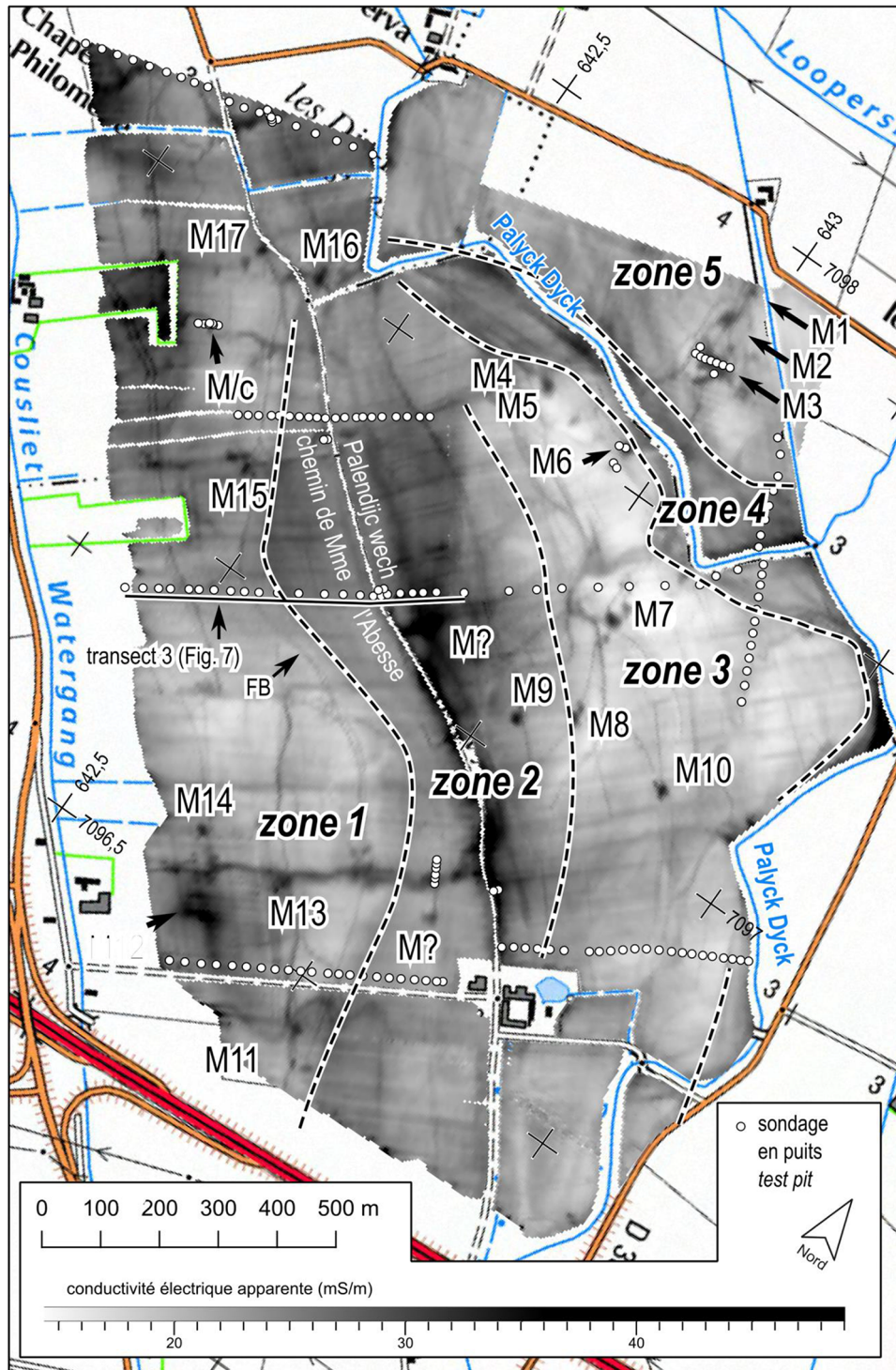
### 2.4 Microtopographie

L'utilisation d'un modèle numérique de terrain (avec une résolution horizontale de 1 m et altitudinale de 1 cm) issu du LiDAR littoral (DDTM 59) permet fréquemment de mettre en évidence une microtopographie explicite dans une plaine maritime réputée plane : dunes, traces d'extractions de tourbe, chenaux de marée perçus en relief ou en creux... Sur l'emprise, dans le contexte d'ancien estuaire, la topographie est cependant particulièrement régulière et les dénivelés sont faibles. Nous pouvons seulement noter de légers reliefs qui correspondent aux interruptions de parcelles sur le plan



**Fig. 4.** Principaux ensembles archéologiques détectés et attribution chronologique. Fond de plan : parcelles d'après le cadastre « napoléonien ». a : fossé barrant un chenal (X<sup>e</sup>-XII<sup>e</sup> siècles en E, IX<sup>e</sup>-XII<sup>e</sup> siècles en K); b : structure ou niveau archéologique associé à un chenal; c : long fossé double; d : habitat et attribution chronologique.

**Fig. 4.** Main archaeological sets detected and their chronological attribution. Basemap: the “Napoleonic” cadastre. a: ditch obstructing a channel (X–XIIth centuries in E, IX–XIIth centuries in K); b: archaeological structure or level associated with a channel; c: long double; d: habitat and chronological attribution.



**Fig. 5.** Carte de conductivité apparente EM31 mode VCP et localisation des observations de la stratigraphie holocène. Sur un extrait de la carte IGN 1/25 000, coordonnées en km Lambert 93. Distinction de 5 zones paléogéographiques en fonctions de la stratigraphie, de la conductivité, de la présence d'hydrobies et des vestiges archéologiques, M = mares ; M/c = probable mare érodée par un chenal de marée ; FB : fossé bordier de la limite zone 1–2.

**Fig. 5.** Apparent conductivity map EM31 VCP mode and location of Holocene stratigraphy observations. Overlaying an extract of the 1/25 000 IGN map, Lambert 93 survey Distinction of 5 palaeogeographic zones on the basis of stratigraphy, conductivity, presence of hydrobias and archaeological remains; M = ponds; M/c = probable pond eroded by a tidal channel; FB: ditch bordering the zone 1–2 boundary.



**Table 1.** Références altimétriques marines pour le port de Dunkerque ouest et conversion en m IGN69. Sources : SHOM, 2019 ; Data.schom.fr., 2020. ZH : zéro hydrographique ; PHMA : plus hautes mers astronomiques ; PMVE : pleine mer de vives eaux ; PMME : pleine mer de mortes eaux ; NM : niveau moyen ; BMME : basse mer de mortes eaux ; BMVE : basse mer de vives eaux ; PBMA : plus basses eaux astronomiques ; sur ZGI, à 6 km en amont du point de calcul, l'onde de marée devait être amplifiée par la forme de l'estuaire.

**Table 1.** Marine altimeter references for the port of West Dunkirk and conversion to IGN69 meters survey. Sources: SHOM, 2019; Data.schom.fr., 2020. ZH: zero hydrographic level; PHMA: HAT highest astronomical tides; PMVE: MHWS mean high water spring; PMME: MHWN mean high water neap; NM: MSL mean sea level; BMME: MLWN mean low water neap; BMVE: MLWS mean low water spring; PBMA: LAT lowest astronomical tides; at ZGI, 6 km upstream of the calculation point, the tidal wave had to be amplified by the shape of the estuary.

		Conversion IGN69
ZH	0	-2,844
PHMA	6,88	4,036
PMVE	6,4	3,556
PMME	5,3	2,456
NM	3,43	0,586
BMME	1,55	-1,294
BMVE	0,6	-2,244
PBMA	-0,04	-2,884

napoléonien (dont la courbe parallèle au chemin de Madame l'Abbesse) et fréquemment une altimétrie légèrement plus basse à l'est du chemin de Madame l'Abbesse.

## 2.5 Étude géophysique

La quasi-totalité du secteur d'étude a été cartographiée en géophysique (Fig. 5). Le paramètre mesuré est la conductivité électrique qui traduit la facilité d'un courant à traverser un matériau. Il est principalement lié à la teneur en argile des sols ainsi qu'à leur humidité relative. La prospection électromagnétique de type Slingram, ou à bobines, est une méthode intégratrice car elle renvoie une valeur globale pour une épaisseur de sol considérée. On parle alors de conductivité électrique apparente. L'appareil utilisé est un EM 31 (Geonics) de type Slingram utilisé en mode VCP (Vertical CoPlanar). Ce dispositif présente une profondeur d'investigation de 2 à 3 m, compatible avec la profondeur des entités recherchées. L'appareil est placé sur un chariot et les mesures sont réalisées en continu. Le positionnement des données est effectué avec un GPS différentiel dont la précision est inférieure à 10 cm. L'échantillonnage adopté pour la prospection électromagnétique est un point de mesure tous les 0,5 m environ selon la vitesse d'avancement. La distance moyenne inter-profil, est comprise entre 5 et 10 m, en accord avec la taille des entités géomorphologiques recherchées.

Les contrastes observés sur la carte de conductivité apparente sont très marqués (Fig. 5). Les zones les plus

résistantes (en blanc) correspondent à un sédiment plus sableux contrairement aux zones plus conductrices (en noir) caractérisées par un sédiment plus argileux. Nous distinguons trois grands types de structures :

- 1 De nombreuses anomalies conductrices évoquent des formes et des incisions méandriformes dues à des chenaux de marées. Ceux-ci couvrent l'ensemble du périmètre investigué mais leur abondance et la netteté des limites sont variables. Les sondages en puits ont été positionnés en fonction de ces structures et ont permis de les caractériser. La cartographie géophysique et les sondages en puits se sont révélés complémentaires.
- 2 La conductivité permet également de repérer des structures anthropiques sous la forme d'un réseau de fossés et de drains. Certaines de ces anomalies correspondent à des limites parcellaires actuelles, d'autres correspondant à celles du cadastre napoléonien. D'autres encore relèvent d'occupations archéologiques plus anciennes. Si les fossés visibles sur la carte pourraient laisser croire que la méthode est à même de repérer des structures archéologiques, il faut rappeler que ces éléments sont visibles uniquement car leur taille est conséquente et qu'ils ont été recoupés perpendiculairement aux axes de mesures. Les investigations archéologiques en tranchées et la cartographie géophysique se sont également révélées parfaitement complémentaires, les deux approches conjuguées permettent d'appréhender plus efficacement les réseaux fossoyés et les noyaux d'habitats.
- 3 En plusieurs endroits la géophysique a également détecté des « poches » de matériaux conducteurs pour certaines en lien avec des occupations repérées lors du diagnostic. Ces structures énigmatiques (notées « M » sur la Fig. 5) auraient pu être difficilement détectables par les tranchées archéologiques en raison même de leur ampleur et de la nature du comblement. Elles ont été sondées en puits et se sont révélées être d'origine humaine. Elles font l'objet d'une analyse spécifique dans la partie 5.

## 2.6 Stratigraphie des dépôts quaternaires

### 2.6.1 Méthode

Dans le but d'établir la stratigraphie de la zone et d'appréhender le contexte environnemental des occupations archéologiques, nous avons réalisé un ensemble de 146 observations en puits à la pelle mécanique complétées par six levés détaillés en coupe et 7 profils pédologiques (Fig. 5).

- 1 Les coupes ont porté sur des chenaux ou sur des fossés anthropiques sous influence marine. Elles consistent au levé détaillé à l'échelle 1/20 de ces structures recoupées en tranchée. Les coupes ont l'avantage de pouvoir suivre la structure sédimentaire dans le détail parfois sur plusieurs dizaines de mètres de longueur. Toutefois, elles sont limitées en profondeur par les venues d'eau.
- 2 La position des puits a été déterminée principalement en fonction des structures ou anomalies observées en cartographie géophysique. Ils ont été réalisés à la pelle mécanique et au godet rétro afin d'observer la stratigraphie. Ils ont une dimension d'environ 2 m de large sur 3 ou 4 m de longueur. Leur profondeur a été limitée par l'arrivée d'eau et l'effondrement des parois sableuses. L'investiga-

**Table 2.** Données métriques des diagnostics archéologiques.**Table 2.** Metric data of archaeological diagnosis.

	ZGI T2	ZGI T1	Somme/Total
Surface globale (m <sup>2</sup> )	870 000	1 000 000	1 870 000
Surface ouverte (m <sup>2</sup> )	135 661,43	135 218,84	270 880,27
% ouvert	15,6	13,5	14,5
Nb tranchées	202	217	419
Longueur tr min (m)	14,5	10	
Longueur tr max (m)	820	661	
Longueurs cumulées totale (m)	34 845,6	39 515,5	74 361,1
Nb fenêtres	130	164	294
Nb sondages geomorpho	64	87	151
Nb structures/anomalies relevées	2465	1855	4320
Profondeur moyenne de lecture des structures (m)	0,45	0,45	0,45

tion a couramment pu être menée jusqu'à environ 3 m de profondeur. La stratigraphie des puits est levée schématiquement, par nettoyage de la coupe dans la partie supérieure de l'excavation et ensuite, quand la profondeur devient plus importante, par description visuelle du fond du puits et prélèvement du sédiment extrait. Une attention particulière est portée aux contenus en malacofaune, celle-ci pouvant porter des indications sur l'environnement contemporain du dépôt. La profondeur des unités stratigraphiques est levée depuis la surface avec un décimètre lesté. Une plateforme mobile avec garde-fou, large de 6 m et déplacée par la pelle mécanique à chaque nouvelle ouverture, prévient l'opérateur de tout risque de chute ou d'éboulement.

Les observations permettent de décrire une lithostratigraphie type sur environ les trois premiers mètres. Par corrélation de proche en proche, des transects lithostratigraphiques ont été systématiquement construits et comparés avec le profil de conductivité apparente correspondant, en essayant de déterminer les facteurs lithologiques principaux qui la détermine. Une extrapolation spatiale des données lithologiques ponctuelles peut ainsi être proposée. Les puits apportent une donnée stratigraphique qualitative qui complète une donnée spatiale extensive géophysique.

Les profils pédologiques ont été levés dans des tranchées archéologiques à proximité d'occupations humaines dans le but de détecter la présence éventuelle de paléosols. Ils ont été accompagnés de tests de phosphore. Deux niveaux de sols anciens ont pu être mis en évidence à proximité de la ferme actuelle.

### 2.6.2 Lithostratigraphie type sur les trois premiers mètres

Il convient de rappeler, avant de présenter la stratigraphie, que les unités présentes peuvent être diachrones. Les coupes ont permis de voir l'amorce de tels phénomènes : discordances au sein de la nappe sableuse, passage d'une unité sableuse à une unité limoneuse. Nous devons donc éviter d'attribuer d'emblée une valeur chronologique stricte aux unités lithologiques des transects.

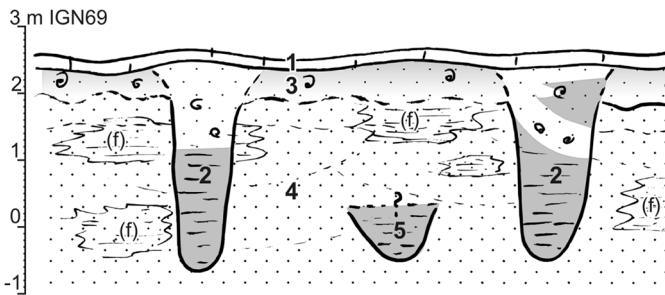
Les observations des terrains peuvent être résumées selon le transect schématique général de la [figure 6](#), avec de haut en bas :

- Unité 1 – labour ;
- Unité 2 – comblement argilo-sableux de chenaux de marée ; dans la partie supérieure des comblements, l'unité 2 se distingue mal de 3 ;
- Unité 3 – sablon, sable fin limoneux, limon sablonneux et plus rarement limon, avec malacofaune de type hydrobie parfois en abondance ; discrets litages. L'unité 3 est composée de sable fin, souvent limoneux, plus rarement de limon pur.

Dans l'unité 3, le contenu en malacofaune (hydrobies) est souvent abondant, les coquillages en position de vie ne sont plus présents (ou alors rarement vers la base et sous la forme d'individus isolés et de petites tailles). Quand le limon domine, le faciès présente fréquemment une structuration en agrégats anguleux témoignant d'un amorce de gonflement et rétraction du sédiment ; toutefois, les dépôts argileux ou très fin généralement associé au schorre ([Verger 1956](#)) ne sont pas observés, les transitions du sable au limon sont diffuses et la texture sablonneuse domine largement la zone. L'unité 3 est également traversée par une porosité due à des radicules. Cette dernière peut bien sûr être récente et développée à partir de la surface, mais l'un des transects a permis d'observer une telle porosité recouverte par un sable pur. Le fait indique que (a) la colonisation par la végétation a été précoce, (b) qu'elle accompagne le dépôt de sable avec malacofaune de type hydrobie et (c) qu'elle a pu localement reculer face à des conditions plus dynamiques (et être, dans le cas cité, scellée par les dépôts sableux correspondants).

Nous interprétons donc l'unité 3 comme une zone estuarienne qui tend à se végétaliser et à devenir saumâtre mais qui est encore soumise aux marées et à des apports de sédiments sableux. Comme pour l'unité 4, l'unité 3 est diachrone. Des indices stratigraphiques d'un passage latéral de l'unité 4 à l'unité 3 existent ;

- Unité 4 – lit de sable, coquillages épars ou en lits, présence d'hydrobies épisodique dans la partie supérieure en



**Fig. 6.** Lithostratigraphie type dans la zone explorée. 1 : labour; 2 : comblement argilo-sableux de chenaux de marée; 3 : sable à limon, avec hydrobies; 4 : lit de sable, coquillages; passages de lits de sédiment plus fin (« f »); 5 : argile au sein de l'unité 4.

**Fig. 6.** Lithostratigraphy type in the explored area. 1: plougg; 2: sandy-clay infilling of tidal channels; 3: sandy to silt, with hydrobies; 4: sand beds, shells; finer sediment beds ("f"); 5: clay within 4 unit.

association avec des coquillages dans la partie sommitale; passages de lits de sédiments plus fins en nappes plus ou moins bien marquées (faciès « f »); petits débris végétaux flottés épars ou plus rarement en lits; l'unité 4 devient grise à partir d'environ 0 m d'altitude, sans autre changement de lithologie (coloration post-dépôt). L'unité 4 présente par endroit des évidences de limites discordantes. Sa mise en place s'effectue donc sous la forme de vastes nappes de sable séparées par des limites érosives que nous ne percevons que très rarement. Il peut s'agir de sable déposé sur un estran mais aussi de chenaux à comblement sableux. L'unité est le bilan sédimentaire d'une zone tidale à la morphologie mouvante, un palimpseste où se sont développées plusieurs générations de chenaux de marées. Ceux-ci sont perçus sur le terrain ou en géophysique quand leur comblement est à dominante argileuse. Les chenaux à comblement sableux ne se distinguent peu ou pas. Le sommet de l'unité 4 montre l'apparition épisodique de malacofaune de type hydrobie conjointement à la persistance de coquillages en position de vie. Le fait semble indiquer une tendance à des eaux plus saumâtres tout en restant dans la zone tidale. Cette observation conforte l'hypothèse d'une zone estuarienne avec apport d'eau douce et tendance au remblaiement;

- Unité 5 – nappe d'argile au sein de 4, probable base du comblement d'une génération antérieure de chenaux de marée, partiellement démantelée.

## 2.7 Diagnostic archéologique

### 2.7.1 Présentation des investigations

Le diagnostic archéologique consiste en une détection et une caractérisation (âge, nature, extension) des éventuels vestiges archéologiques. Il se fait en général grâce à une ouverture en tranchées à la pelle mécanique qui permet de « lire » la présence éventuelle de structures construites

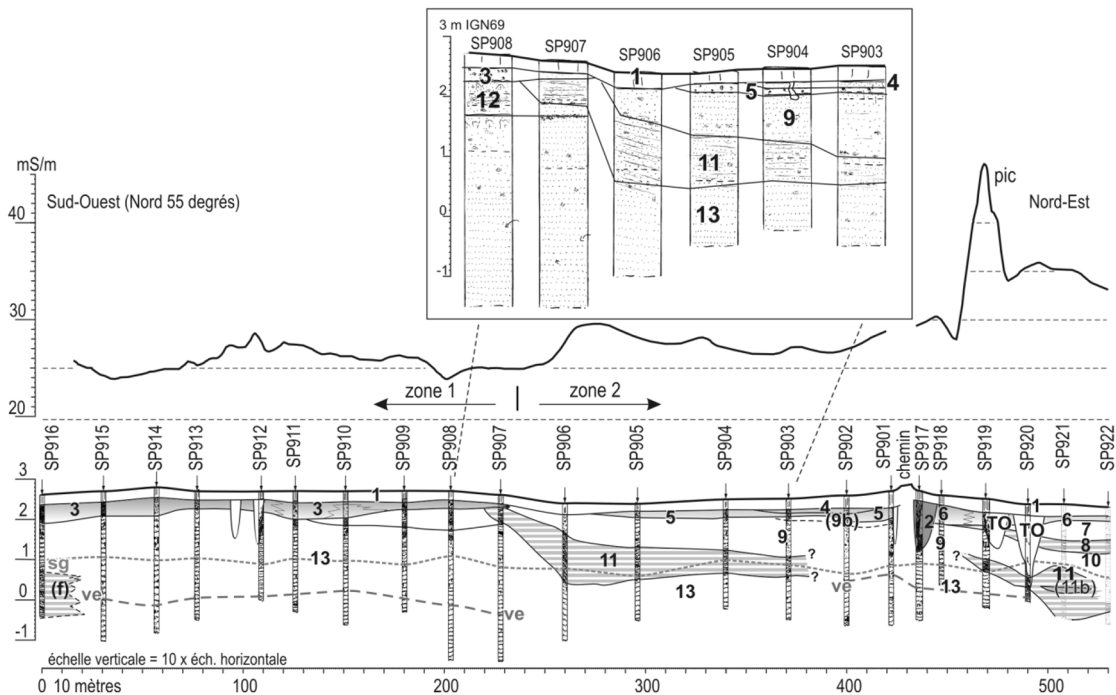
(fondations...) ou le plus souvent en creux (fossés, fosses, trous de poteaux...). En cas de stratigraphie plus complexe (profondeur d'enfouissement, contexte sédimentaire particuliers), la méthode doit être adaptée pour mener au mieux les investigations. Le diagnostic est une phase préliminaire de reconnaissance, où quelques structures sont « testées », et ne constitue en aucun cas une fouille qui nécessiterait plus de temps et de moyens. Les tranchées, de trois mètres de large et de quelques dizaines de centimètres de profondeurs, ont été réalisées sur une longueur cumulée de plus de 74 km (Tab. 2), avec éventuellement des « fenêtres » (élargissements) pour documenter au mieux les structures les plus vastes ou les zones de densité plus fortes. Au total, 13 à 15 % de la surface de l'emprise ont été ainsi explorés. Les anomalies repérées sont essentiellement des structures en creux auxquelles s'ajoutent de nombreuses variations sédimentaires liées à la dynamique maritime. Les vestiges ont été enregistrés au fur et à mesure sur un système d'information géographique (Fig. 4). Ils sont datés par stratigraphie (recoupement) et par le corpus de mobilier qu'ils ont pu livrer lors des tests. Les mobiliers collectés correspondent pour l'essentiel à du mobilier céramique, du mobilier métallique et des rejets de faunes consommées, avec également quelques monnaies, éléments en cuir, fragments de verre, quelques éléments lithiques et de nombreux fragments de terre cuite architecturale. Plusieurs ensembles archéologiques ont été repérés.

### 2.7.2 Localisation et datation des occupations

La première phase d'occupation (X<sup>e</sup>–XII<sup>e</sup> siècles) pourrait correspondre au domaine comtal du « Palinckdick » mentionné dès 1111 dans les sources (Vercauteren, 1938, ch.54, pp. 136–138; de Coussemaker 1882–1891, ch.XII, p. 9). Un système d'enclos semi-circulaire fermait une zone d'approximativement 6 hectares et la protégeait de la marée. Deux bâtiments datés du X<sup>e</sup>–XII<sup>e</sup> siècles occupaient l'espace interne. À l'extérieur de l'enclos, plusieurs vestiges de la même période étaient implantés en bord de chenal (ensembles J et K).

Entre la fin du XII<sup>e</sup> siècle et le XV<sup>e</sup> siècle, on observe une densification des occupations qui s'est déplacé vers les zones basses de l'emprise et, notamment, un bras de chenal dans sa partie centrale, sous le chemin rural (*Palendijc wech* ou *chemin de Madame l'Abesse*). Cette densification s'est accompagnée d'un changement d'organisation parcellaire. Les occupations se composent d'un noyau central important autour du chemin (ensembles I, J et L) et de noyaux périphériques secondaires (ensemble G, H et M). Le domaine aurait pu se développer sur plus de 60 hectares. Plusieurs vestiges archéologiques peuvent témoigner de la présence de bâtiments sur poteaux ou excavés. D'autres habitats pourraient être surélevés, rendant impossible la détection des structures porteuses après nivellement ultérieur.

Les zones d'habitats se sont raréfiés aux périodes modernes et contemporaines au profit de la mise en place de terre agricole. Leur organisation a perduré jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle, voire jusqu'aux récents remembrements. L'habitat s'est concentré, très probablement, au niveau de la ferme encore en élévation actuellement. Aucun état antérieur à la fin du XVII<sup>e</sup> siècle n'a été archéologiquement attesté. Cependant, la présence de l'ensemble L (XIII<sup>e</sup>–XV<sup>e</sup> siècles), proche de cette



**Fig. 7.** Confrontation du transect lithostratigraphique n°3 et du profil de conductivité correspondant. 1 : labour ; 2 : sédiment fin avec céramique, comblement probable d'un chenal ; 3 : limon et sable avec hydrobies ; 4 : sable limoneux gris ; 5 : limon, plus ou moins sableux, avec malacofaune type hydrobie ; 6 : id. 3 ; 7 : sable ; 8 : sable avec lits de sédiment fin ; 9 : sable lité, coquillages épars ; 10 : id. 9 ; 11 : lits de sable et de sédiment fin, argile en 11b ; 12 : sable, se distingue de 13 par une base un peu plus grossière et une limite nette ; 13 : id. 9, indication de « f » quand présence de lits de sédiments fins ; sg : limite supérieur du sable gris, réduit ; ve : arrivées d'eau ; TO : trous d'obus et munitions ; pic : pic de conductivité lié à des trous d'obus et des munitions de la Seconde Guerre Mondiale.

**Fig. 7.** Confrontation of the lithostratigraphic transect n°3 and the corresponding conductivity profile. 1: plowing; 2: fine sediment with ceramic, probable filling of a channel; 3: silt and sand with hydrobies; 4: gray silty sand; 5: silt, more or less sandy, with malacofauna like hydrobia; 6: id. 3; 7: sand; 8: sand with fine sediment beds; 9: sand bed, scattered shells; 10: id. 9; 11: beds of sand and fine sediment, clay in 11b; 12: sand, is distinguished from 13 by a somewhat coarser base and a clear boundary; 13: id. 9, indication of "f" when presence of fine sediment beds; sg: upper limit of gray sand, reduced; ve: water arrivals; TO: shell holes and ammunition; peak: peak of conductivity related to shell holes and ammunition of the Second World War.

ferme, témoigne de l'existence d'une d'occupation antérieure dans cette zone.

### 3 Mise en évidence d'un état du bord ouest de l'estuaire contemporain de l'occupation archéologique

Sur la [figure 7](#), nous confrontons le transect lithostratigraphique n°3 interprété (localisation sur la [Fig. 5](#)) et le profil de conductivité apparente correspondant. L'information majeure est l'association d'une limite nette de conductivité apparente (limite entre les zones 1 et 2, cf. partie 4 et [Fig. 5](#)) et d'une remontée de discrets lits de sédiments de texture fine. Cette limite forme au droit du transect 3 une courbe (élargissement de la zone des fines vers l'ouest). Il est remarquable qu'un élément structurant du parcellaire napoléonien (partie 2.2), suit la même courbe avec un décalage régulier, d'environ 20 à 40 m, plus à l'ouest ([Fig. 4](#) et [5](#), noté « FB »). Ceci implique que la limite physique cartographiée via la conductivité était perceptible lorsque le parcellaire a été fixé un peu plus à l'ouest. Seul l'état moderne du fossé

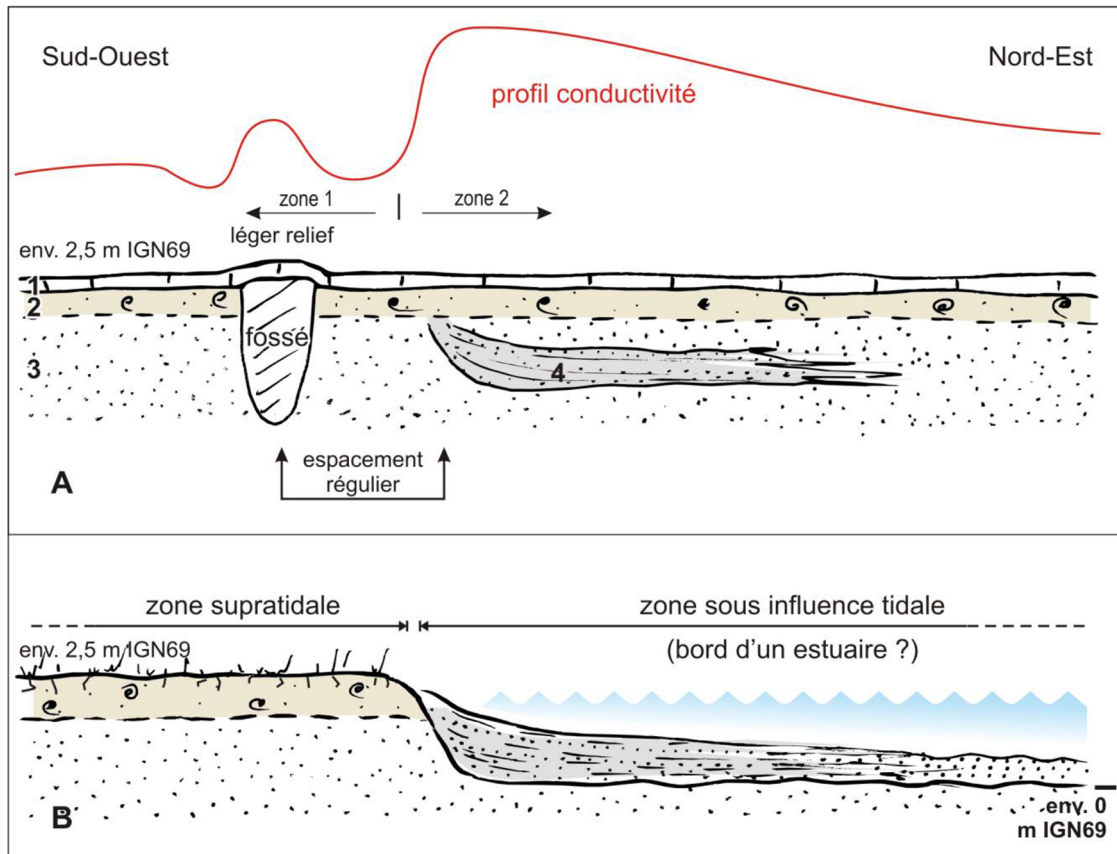
correspondant au parcellaire est connu. Mais son premier état a été creusé en bordure d'un espace tidal actif ([Fig. 8](#)). Il est vraisemblable qu'il ait été contemporain du noyau d'habitat du secteur daté des X<sup>e</sup>-XII<sup>e</sup> siècles.

### 4 Essai de synthèse : fermeture de l'estuaire et évolution des zones d'habitats au Moyen-Âge

#### 4.1 Définition de cinq zones distinctes dans l'espace exploré

La lithostratigraphie type définie sur la [figure 6](#) présente des variations spatiales ([Fig. 5](#)) déclinées de la manière suivante en fonction de variations lithologiques, de contenus malacologiques ou d'indices archéologiques :

- Zone 1: C'est dans cette zone qu'a été définie principalement la lithostratigraphie type, avec des sables tidaux, moyens à grossier, régulièrement lités (unité 4) recouverts de quelques décimètres de sédiments limoneux à hydrobies (unité 3), le tout parcouru par des chenaux de



**Fig. 8.** Limite entre les zones 1 et 2 selon le transect lithostratigraphique n°3 et hypothèse de la bordure d’estuaire contemporaine de la fixation du parcellaire de la zone 1. A : état actuel ; B : état passé, bordure de l’estuaire actif ; 1 : labour ; 2 : schorre ; 3 : sable ; 4 : sable argileux lité.  
**Fig. 8.** Limit between zones 1 and 2 according to lithostratigraphic transect n°3 and hypothesis of the contemporary estuary border of the fixation of the zone 1 plots. A : current state ; B : past state, edge of active estuary ; 1 : plowing ; 2 : schorre ; 3 : sand ; 4 : bedded clayed sand.

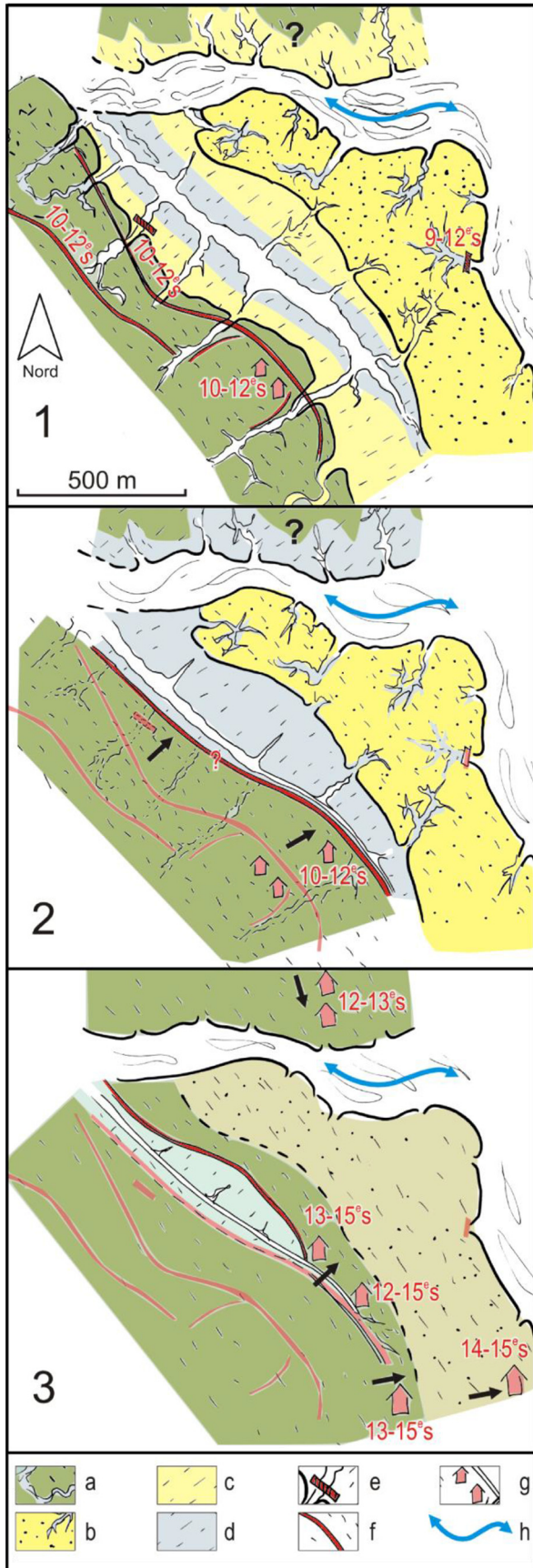
**Table 3.** Liste non exhaustive et dimensions des mares sur la deuxième tranche du diagnostic archéologique (partie est).  
**Table 3.** Non-exhaustive list and dimensions of the pools on the second part of the archaeological diagnosis (eastern part).

No	Longueur (m)	Largueur (m)	Profondeur (m)	Surface (m <sup>2</sup> )
1	35	25	?	875
2	35	31	?	1085
3	65	42	5,5	2730
4	39	24	1,5	936
5	43	35	?	1505
6	35	32	4	1120
7	34	30	2,5	1020
8	35	30	?	1050
9	30	28	3	840
10	30	25	?	750

marée (unités 2 et 5). C’est dans la zone 1 que le schorre (unité 3) semble le mieux développé.

- Zone 2 : La zone 2 se caractérise par une conductivité apparente un peu plus forte que la zone 1 car, d’une part, elle contient des lits de sédiment fins plus abondants dans l’unité 4 et, d’autre part, elle est composée d’un ancien chenal médian à remplissage argileux. La limite entre

zone 1 et zone 2 se distingue sur la cartographie géophysique mais n’est perçue nettement que dans un seul transect stratigraphique (transect 3). Elle est interprétée comme la bordure occidentale d’un état de l’estuaire, elle-même doublée par un fossé structurant le parcellaire. La zone 2 comporte en son centre un chenal de marée comblé par des sédiments fins bien perçus en



géophysique. Le chenal a subi une anthropisation (rejet de matériel archéologique, transformation progressive en fossé). Il a été progressivement isolé des influences marines directes (les coquillages ne sont rencontrés qu'en profondeur dans un état « naturel » du chenal ; par la suite, les malacofaunes saumâtres se développent). Nous interprétons la zone 2 comme une bordure d'estuaire actif qui a subi par la suite une sédimentation fine. Une activité anthropique contemporaine a pu exister sur la rive comme en témoigne une occurrence de terre cuite dans la sédimentation naturelle (unité 3, sédiment fin à hydrobies).

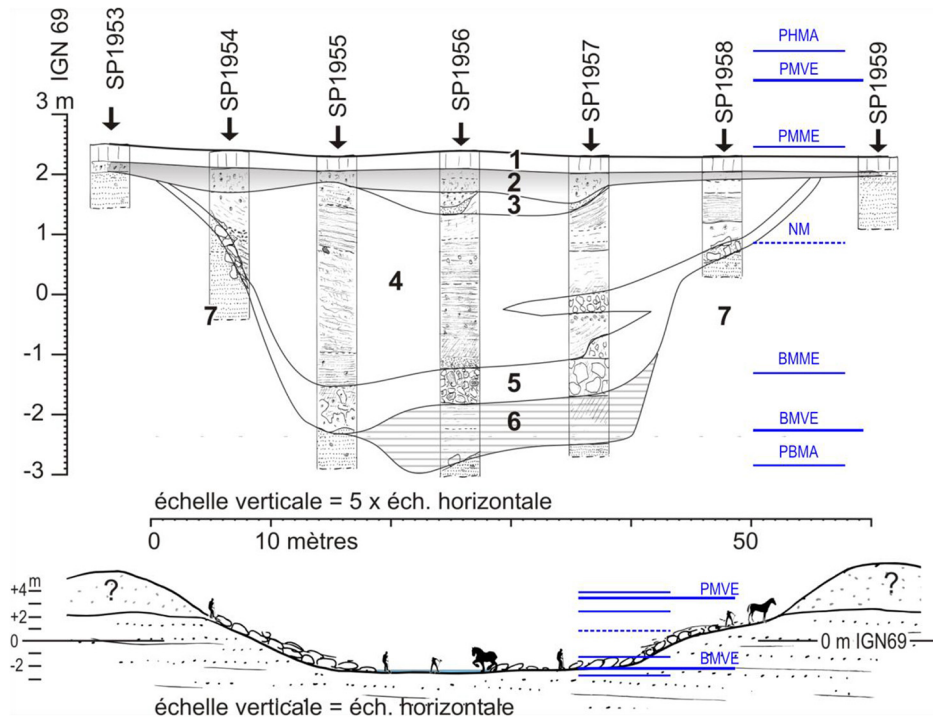
- Zone 3 : Elle se caractérise par la quasi-absence de l'unité 3 (sédiment fin à hydrobie). Soit celle-ci ne s'est pas déposée, soit, très peu épaisse, elle est maintenant intégrée aux labours (unité 1). Cette absence de sédiment fin en partie supérieure se traduit sur la carte géophysique par de très faibles valeurs de conductivité apparente. La zone reste toutefois parcourue de chenaux de marée avec des remplissages divers et des malacofaunes marines ou saumâtres. Un des chenaux de marée est barré par un fossé contenant du matériel archéologique des IX<sup>e</sup>-XII<sup>e</sup> siècles. Nous notons aussi la présence de quelques malacofaunes d'eau douce au sommet de l'unité sableuse 2 et la présence épisodique de charbons de bois, que ce soit, en chenaux ou au sommet de l'unité 2.

Nous interprétons la zone 3 comme une zone sableuse haute au sein de l'estuaire, sans véritable développement de schorre. Cette zone, en vis-à-vis du probable domaine comtal du Palinkdick par rapport au chenal de marée de la zone 3, devait être accessible précocement aux activités humaines contemporaine (X<sup>e</sup>-XII<sup>e</sup> siècles), mais un habitat n'y a été édifié que tardivement (XII<sup>e</sup>-XV<sup>e</sup> siècles).

- Zone 4 : La zone 4 est un faisceau de linéaments de plus forte conductivité qui borde le watergang actuel. Elle a été constituée par une zone active qui a perduré plus longtemps que dans les autres zones. Recoupée en transect, nous y retrouvons des hydrobies en partie supérieure et localement de fortes accumulations de sédiments fins, composés de limon et d'argile, avec des malacofaunes saumâtres.
- Zone 5 : Elle reste peu explorée d'un point de vue lithostratigraphique, elle a été reconnue par l'extrémité d'un transect. Nous y retrouvons une sédimentation de sables tidaux surmontés par des sédiments fins à hydrobie, comme dans les zones 1 et 2. Elle forme la limite nord-est à la zone 4.

**Fig. 9.** Évolution schématique de l'occupation en lien avec la fermeture de l'estuaire. a : schorre; b : banc sableux; c : dépôts sableux; d : slikke, dominante fine; e : fossé coupant un chenal de marée et attribution chronologique; f : double fossé ou fossé long; g : habitat et attribution chronologique; h : bras actif de l'estuaire.

**Fig. 9.** Schematic evolution of the occupation related to the closure of the estuary. a : schorre; b : sandy bank; c : sandy deposits; d : slikke, dominant fine; e : ditch cutting a tidal channel and chronological attribution; f : double ditch or long ditch; g : habitat and chronological attribution; h : active estuary.



**Fig. 10.** Transect de la mare n°3, essai de restitution du creusement possible et projection des hauteurs de marées pour le port de Dunkerque ouest. 1 : labour; 2 : limon argileux avec hydrobies; 3 : sable; 4 : argile et lits d'argile et de sable, souvent très régulier (rythmite), présence de coquillages localement abondant en position de vie; 5 : mottes d'argile, apport anthropique; 6 : argile, décantation; 7 : sable encaissant. PHMA : plus hautes mers astronomiques; PMVE : pleine mer de vives eaux; PMME : pleine mer de mortes eaux; NM : niveau moyen; BMME : basse mer de mortes eaux; BMVE : basse mer de vives eaux; PBMA : plus basses eaux astronomiques.

**Fig. 10.** Transect of the pond n°3, attempt at illustrating the possible digging and projection of tidal heights for the port of Dunkirk West. 1: plough; 2: clayed silt with hydrobionts; 3: sand; 4: very evenly beds of clay/sand, presence of shells, locally abundant, in life position; 5: clods of clay, anthropic input; 6: clay, decantation; 7: surrounding sand; PHMA: HAT highest astronomical tides; PMVE: MHWS mean high water spring; PMME: MHWN mean high water neap; NM: MSL mean sea level; BMME: MLWN mean low water neap; BMVE: MLWS mean low water spring; PBMA: LAT lowest astronomical tides.

## 4.2 Hypothèse d'évolution de la zone au Moyen-Âge.

La zonation précédente et les vestiges archéologiques permettent de restituer l'évolution suivante du paysage et de l'occupation au cours du Moyen-Âge dans l'espace exploré (Fig. 9).

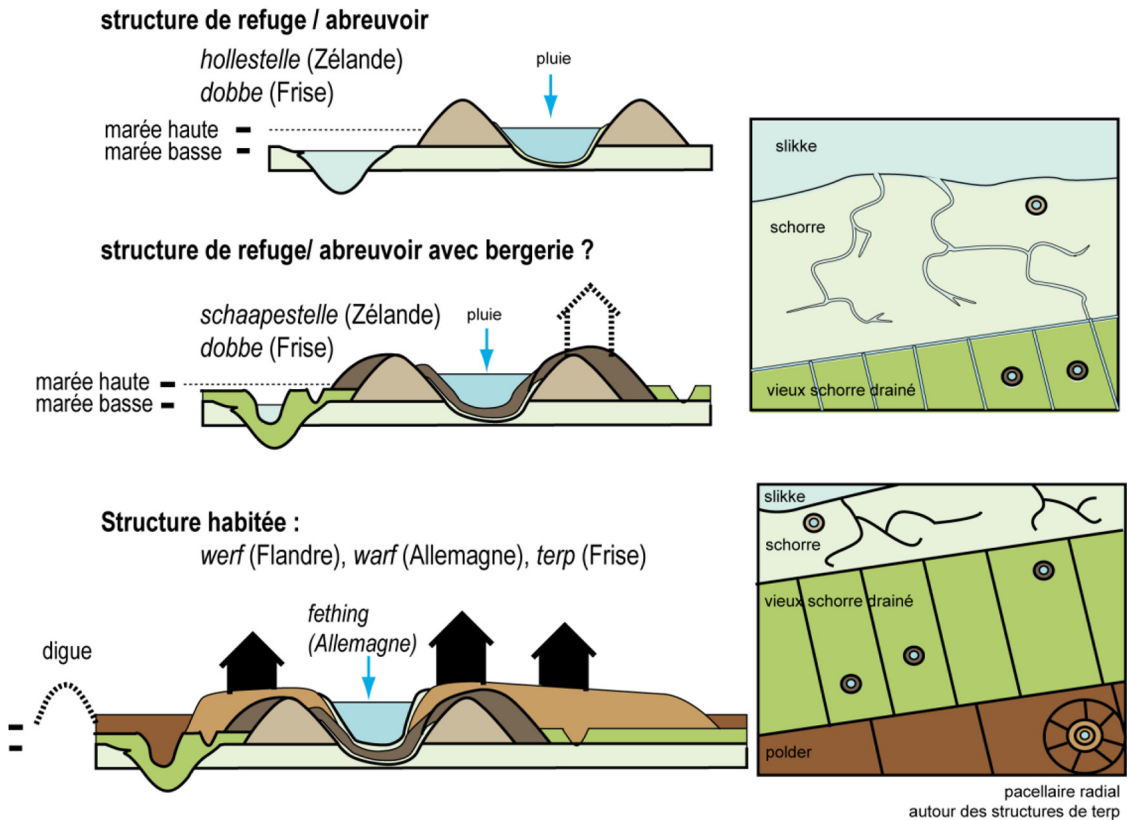
Les occupations les plus anciennes (X<sup>e</sup>-XII<sup>e</sup> siècles) étaient présentes à l'ouest de la zone, en arrière des doubles fossés structurants (endiguement?) et sur un schorre déjà formé. Plus à l'est, l'estuaire encore largement ouvert était composé d'un chenal en cours d'envasement, d'une zone un peu plus haute sableuse parcourue de petits chenaux de marée dont certains subissent une intervention anthropique précoce (endiguement?) datée des IX<sup>e</sup>-XII<sup>e</sup> siècles. Plus à l'est encore, se trouvait un estuaire actif. Au cours des XIII<sup>e</sup>-XV<sup>e</sup> siècles, l'habitat s'est déplacé au plus près du chenal envasé puis au-delà, sur la rive opposée, toujours sous la protection d'un double fossé (et d'une digue associée probable). L'axe estuarien le plus actif, en limite est de la zone explorée, a été ensuite réduit pour former le watergang actuel.

## 5 Mise en évidence de structure excavée de grande envergure

### 5.1 De vastes structures anthropiques difficiles à détecter

Un apport inattendu de l'exploration de la zone est l'identification de nombreuses structures anthropiques aux dimensions hors normes. Il semble que ce soit les premières occurrences en plaine maritime flamande française.

Leur diamètre important, le remblaiement fréquent par un sédiment sableux proche de l'encaissant, leur surimposition à une mosaïque de texture et de sédiment en contexte estuarien rendent leur détection en tranchée problématique avec les moyens mécaniques d'un diagnostic archéologique classique. D'ailleurs, elles n'ont été clairement appréhendées qu'à partir de la campagne 2017 où elles se distinguaient particulièrement nettement sur les cartes de conductivité apparente au sein de l'encaissant sableux de la zone 3. Dans le cadre du diagnostic archéologique, seules quelques-unes d'entre elles



**Fig. 11.** Exemples de mares endiguées sur les rives de la mer du Nord.  
**Fig. 11.** *Exemples of dammed pools along the shores of the North Sea.*

ont pu faire l'objet d'une investigation un peu plus poussée (Tab. 3). Nous les désignons ici sous le terme générique de «mares» bien qu'il ne semble pas adéquat pour tous les aménagements.

## 5.2 Deux exemples

### 5.2.1 Mare n°3

La structure, bien distincte en photographie aérienne et en conductivité apparente (forte conductivité contrastant avec l'environnement sableux à faible conductivité), a fait l'objet de plusieurs sondages en puits (Fig. 5). Ceux-ci ont permis de construire un transect à travers la structure (Fig. 10). Le sommet du colmatage, est composé de limon argileux avec de petits coquillages d'eau saumâtre. Il ne se différencie que peu des terrains environnants. Nous sommes toutefois en présence d'un creusement anthropique. La structure est profonde de 5,5 m. Elle atteint 3 m sous la cote zéro. Un tel creusement est possible si les travaux sont effectués lors des basses mers de vives eaux : BM de Mortes eaux à -2,28 m IGN69 et BM de Vives eaux à -3,23 m IGN69 (Data.schom.fr., 2020). La structure est large d'une quarantaine de mètres dans son plus grand axe. La forme générale est celle d'un vaste entonnoir avec le creusement maximum au centre, avec toutefois des parois localement sub-verticales en bordure de la structure. Elle est principalement comblée par des lits réguliers d'argile et de sable probablement en lien avec le cycle des marées (Plateau 1A et 1B). Elle contient

d'abondant coquillages (*Cardium sp.*) en position de vie. Un apport de mottes d'argile se retrouve contre les parois et dans le fond de la structure (Plateau 1C et 1D). Elles proviennent vraisemblablement de l'environnement proche (vasières, schorre). Le fond de la structure est marqué par un premier dépôt d'argile de décantation (Plateau 1E).

### 5.2.2 Mare n°6

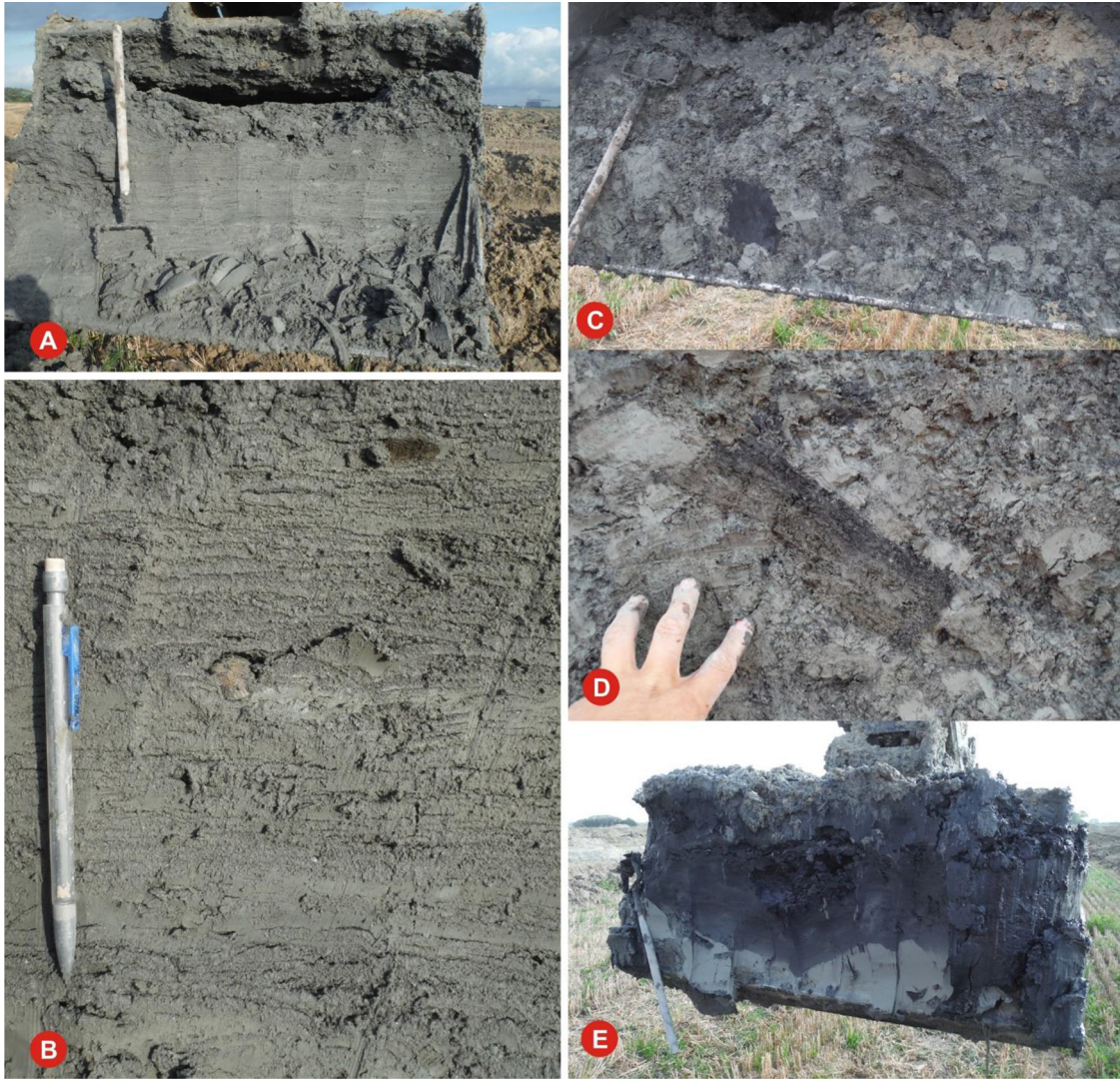
Deux sondages en puits ont été réalisés, au centre et à la périphérie de la structure. Comme dans le cas de la mare n°3, le creusement est profond : plus de 4 m de profondeur (passant sous la cote -2 m IGN 69) et tapissé de mottes d'argile rapportées. Toutefois, le comblement débute ici par une argile puis passe à une tourbe fibreuse avec malacofaunes d'eau douce. La tourbe comporte un fragment de tuile. La partie supérieure du remplissage, des cotes environ 0 à 2 m est hétérogène et résulte probablement d'un comblement volontaire.

### 5.2.3 Premières synthèses

- D'imposants aménagements

Les tests effectués dans le cadre du seul diagnostic archéologique ne constituent qu'une première approche des structures anthropiques. Certaines mares résultent d'un creusement jusqu'à plus de 5 m, largement sous le niveau moyen de la mer. Il a dû être effectué à une période où le niveau de la nappe était soumis au marnage. Les mares les plus profondes montrent





**Plateau 1.** Remplissage sédimentaire de la mare n°3. A et B : lits réguliers d'argile et de sable (Fig. 10, unité 4) ; C et D : mottes argileuses (Fig. 10, unité 4) ; E : Argile à la base du remplissage de la structure (Fig. 10, unité 6).

**Plate 1.** Sedimentary infilling of the pond n°3. A and B: evenly beds of clay and sand (Fig. 10, unit 4); C and D: clay cods (Fig. 10, unit 5); E: clay at the base of the structure infilling (Fig. 10, unit 6).

clairement un apport de mottes argileuses (provenant vraisemblablement des vasières et schorres proches) qui ont permis de stabiliser la paroi sableuse et de l'étanchéifier.

– Variabilité du comblement

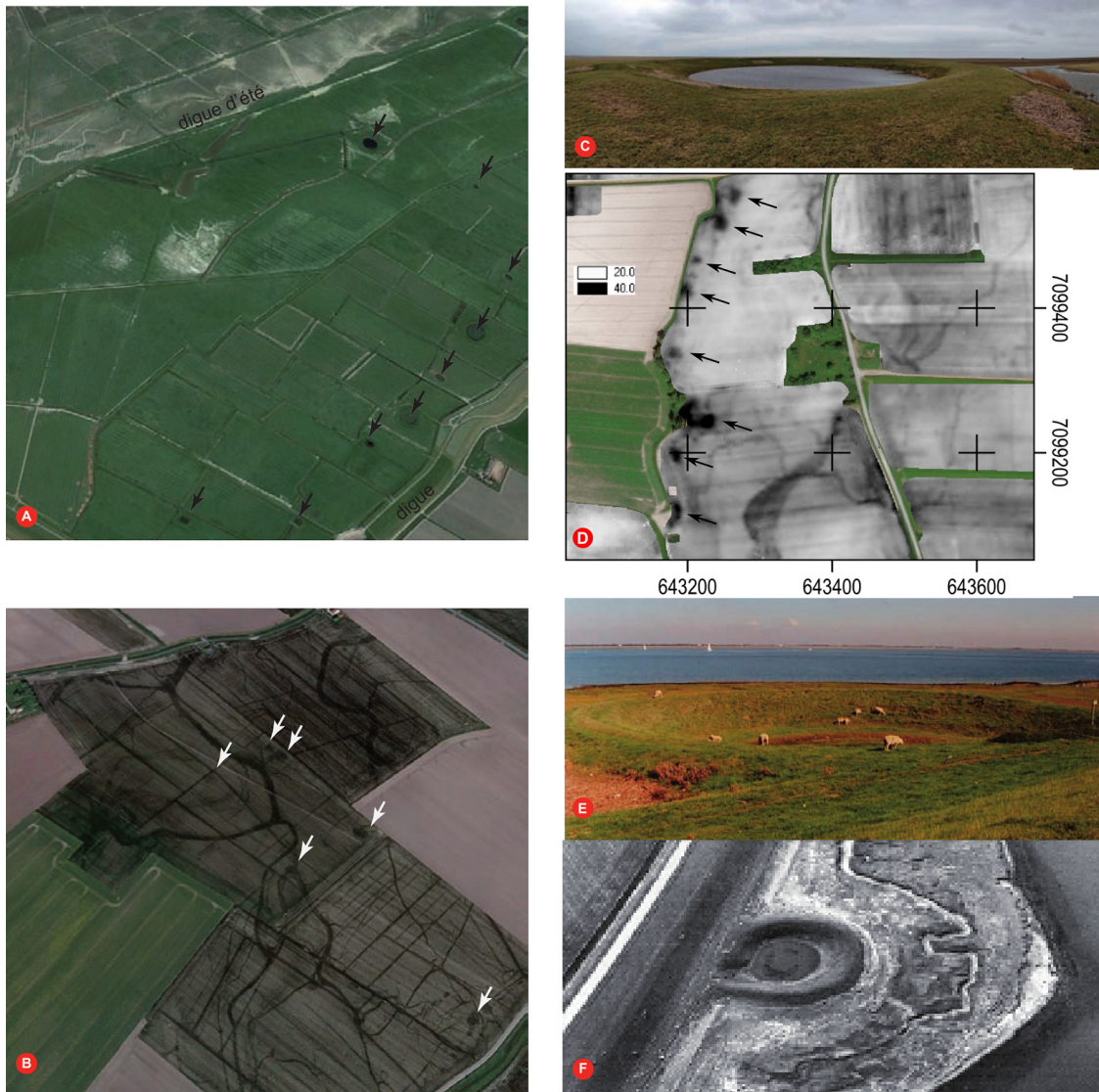
Nous observons une forte variabilité du comblement, depuis un dépôt marin sous influence tidale jusqu'à une tourbification en eau douce. La mare 4 a livré des niveaux fortement phosphatés pouvant provenir de déjection de bétail.

– Chronologie

Le matériel issu des mares provient des niveaux supérieurs de colmatage si bien que nous n'avons qu'un terminus *post quem* large pour l'abandon de ces excavations (vers le XVI<sup>e</sup> siècle pour la mare 4, XIV<sup>e</sup>–XV<sup>e</sup> siècles pour la mare 9). La mare 8, proche d'une occupation médiévale, semble avoir

fonctionné avec un ensemble de fossés qui a livré un mobilier du XII<sup>e</sup>–XIII<sup>e</sup> siècles. L'abondance des structures permet cependant d'envisager leur diachronie. Certaines d'entre elles correspondent à des mares aménagées proches d'occupations humaines (mare 9). D'autres qui semblent reliées à un réseau fossoyé pourraient participer à la gestion des eaux et à l'organisation du terroir (mares 7, 8 et 10). D'autres encore pourraient être reliées entre elles ou être reliées à des sections de chenaux probablement actifs (mares 1, 2, 3 et 6).

L'observation d'un creusement circulaire avec présence de mottes d'argile sous un chenal de marée qui serpente dans la zone 1 (Fig. 5, observation pointé « M/c ») permet d'envisager que de telles structures peuvent précéder l'atterrissement final de l'estuaire et donc l'établissement d'un habitat pérenne. Elles ont pu être alors détruites partiellement ou en totalité par un retour de l'activité tidale et les changements locaux de morphologie.



**Plateau 2.** Exemples de mares endiguées sur les rives de la mer du Nord. A : Vue aérienne des dobbens (Ferwert-Marrum, Frise) (© Google-earth 2019) ; B : vue aérienne de parcelles à l'ouest de Spycker (France) (© Google-earth 2019) ; C : Dobbe (Ferwert-Marrum, Frise) (cliché : Pauline von den Broeke, avec l'aimable autorisation de l'auteur. D : alignement de vastes structures, probables « mares endiguées », le long d'un *wartergang* (fossé de drainage) à Loon-Plage (France), révélées par une cartographie de conductivité apparente (en mS/m) réalisée par l'Inrap, coordonnées Lambert 93, fond © Bing Aerial : ces structures sont en cours d'étude ; E : *Hollestelle* et moutons (Rumoirtschorren, Zélande) (cliché : Leo Hollestelle, avec l'aimable autorisation de l'auteur) ; F : Vue aérienne d'un *hollestelle* (Rumoirtschorren, Zélande, Hegener, 1995, p. 114).

**Plate 2.** Examples of dammed pools on the shores of the North Sea. A : Aerial view of the dobbens (Ferwert-Marrum, Friesland) (© Google-earth 2019) ; B : aerial view of plots west of Spycker (France) (© Google-earth 2019) ; C : Dobbe (Ferwert-Marrum, Friesland) (photograph: Pauline von den Broeke, courtesy of the author D : alignment of vast archaeological structures, probably "dyked ponds", along a *wartergang* (drainage ditch) at Loon-Plage (France), revealed by apparent conductivity mapping (in mS/m) carried out by Inrap, coordinates in m Lambert 93, background © Bing Aerial; these features are currently under study; E : *Hollestelle* and sheep (Rumoirtschorren, Zeeland) (photograph: Leo Hollestelle, courtesy of the author) ; F : Aerial view of a *hollestelle* (Rumoirtschorren, Zeeland, Hegener, 1995, p. 114).

#### 5.2.4 Fonctions principales : approvisionnement en eau douce ?

Les « mares » sont disséminées sur l'ensemble des deux cents hectares diagnostiqués. Leurs fonctions restent incertaines. Plusieurs hypothèses peuvent être émises : pièges (ou viviers) à poissons (ou à anguilles), collecteurs d'eau, fosses d'extraction reconverties (extraction de sable en l'occurrence).

Les fonctions peuvent être diverses, mais l'hypothèse la plus plausible reste le point d'eau, comme semblent l'indiquer les exemples de développements tourbeux avec malacofaunes d'eau douce dans une zone pourtant soumise aux marées. Des exemples étrangers sur la bordure de la mer du nord conforte cette hypothèse (cf. partie 5.2.5). Des abandons ou des utilisations secondaires qui restent à déterminer peuvent expliquer des remblaiements sous l'action des marées.

L'alimentation en eau douce d'un cheptel pouvait en effet être particulièrement problématique dans la vaste plaine. La solution la plus simple consistait à creuser des mares ou des fosses directement dans le marais maritime pendant les étés secs. Ces creusements sont destinés à récupérer de l'eau de pluie et peuvent servir d'abreuvoir au bétail. Le seul exemple étudié à notre connaissance sur les côtes françaises, est celui, proche de Tétéghem, sites de Delphinium et rue de la Tranquillité (dans la plaine maritime, à une quinzaine de kilomètre à l'est de la Zone Grande Industrie) (Lançon *et al.*, 2009; Lançon et Devred, 2015). Des mares d'époques médiévales, de plus de 20 m de long pour 5 à 10 m de large, ont été découvertes. Elles étaient en connexion avec un réseau de fossés. Les études palynologiques effectuées dans la mare 110 du site de la rue des Cuisinières indiquent des variations importantes de salinité au cours des remplissages. Même si elle fût majoritairement connectée à un réseau d'eau douce, cette mare a par moment été alimentée par de l'eau de mer.

### 5.2.5 De la mare simple à la « mare endiguée » : exemples frisons, zélandais et allemands

Les côtes néerlandaises ou allemandes de la mer du Nord offrent d'autres exemples de structures liées à l'approvisionnement et à la gestion de l'eau en plaine maritime. Les *Kuhlen* sont des mares ou de simples fosses connectées à un réseau fossoyé. Elles sont documentées à la fois pour la période antique et la période médiévale sur les sites du Schleswig-Holstein ou de Frise orientale (Bärenfänger, 1995; Meier, 2001, 2007). Elles peuvent parfois être intégrées à un système complexe de décantation. Sur le site de Haferwisch (Dithmarsche, Allemagne), une fosse du II<sup>e</sup> siècle A.D., dont le fond tapissé d'une couche de paille ou de roseau la rendant étanche aux eaux sableuses (Meier, 2001), était reliée par deux petits fossés (une entrée et un exutoire) au système hydraulique du site. Le canal d'entrée, relié à un important fossé interrompu, était pourvu d'un canal réalisé en blocs de marais maritime argileux (*sods*). Le fossé exutoire conduisait les eaux jusqu'à un abreuvoir situé aux abords du Warft de Haferwisch. Ce système, qui permettait sans doute de capter les eaux de pluie et de filtrer les eaux saumâtres de manière à abreuver le bétail, était implanté directement au niveau du marais maritime.

Les structures de type *Dobbe* (Frise), *Hollestelle* (Zélande : « butte creusée », Hegener, 2007), ou *Shapestelle* (Zélande : « butte aux moutons »), dont certaines formes peuvent encore être observées dans les marais devant Ferwert-Marrum (Frise septentrionale) (Plateau 2A et 2C) ou sur le Rumoirtschorren (Zélande) (Plateau 2E et 2F), sont également des abreuvoirs à bestiaux implantés dans des espaces peu endigués. Elles impliquent l'aménagement d'une butte artificielle au centre de laquelle se situe une mare dont le fond est tapissé d'argile ou de blocs d'argile. Le fond, ainsi rendu étanche, permet le stockage des eaux de pluie et l'élévation alentour empêche tout contact avec les eaux de marée (Fig. 11). Ces réserves d'eau douce, parfois de plus de 60 m de diamètre, servent de refuges aux troupeaux et aux bergers (*stellenaar*) en cas de forte marée. Ce type de structure peut avoir été à l'origine des premières implantations humaines dans certaines zones. Halbertsma (1963), réfutant l'origine purement castrales des *vliedberg* de Zélande, suppose que les *Hollestelle/Shapestelle* peuvent

être à l'origine de ces mottes occupées et des villages « radiaux » de Zélande. Il les rapproche ainsi des structures de type *Terps*.

Certaines des mares observées sur la Zone Grande Industrie correspondent aux aménagements de type *Hollestelle/Shapestelle* de Zélande et de Frise, notamment par l'importance du creusement, l'étanchéification des parois par des mottes d'argile et leur localisation dans une zone sous l'influence des marées. Nous proposons de traduire librement *hollestelle* par l'expression « mare endiguée ».

### 5.2.6 Autres occurrences en plaine maritime française et perspectives

Depuis leur mise en évidence sur le diagnostic de la Zone Grande Industrie, d'autres « mares endiguées » ont été observées :

- Des occurrences probables repérées sur photo aérienne (exemple Plateau 2B).
- Une occurrence près de Gravelines sur le « Parc de l'Aa » au pied d'une butte artificielle avec une occupation du Haut Moyen-Âge (IX<sup>e</sup>-XI<sup>e</sup> siècles) (Desoutter *et al.*, 2019). La structure, à comblement argileux et tourbeux, a été érodée par l'activité marine et scellée par environ 1 m de dépôts tidaux sableux. Elle s'ajoute à l'indice observé sur ZGI (Fig. 5, « M/c ») pour illustrer l'existence d'aménagement dans des zones encore largement soumises à la marée.
- Deux occurrences à Loon-Plage sur l'emprise de la future extension de la Darse Atlantique du port autonome de Dunkerque (Desoutter *et al.*, 2020).
- À Loon-Plage toujours, de nombreuses structures ont été découvertes à l'est de la future Darse Atlantique (en cours d'étude) (Plateau 2D). Elle a été remblayée entre les missions de photographies aériennes de 1969 et 1971.

Ces grandes excavations dans l'estuaire en cours de remblaiement, voire dans un estuaire encore actif à la morphologie changeante, sont des structures archéologiques notables, jusqu'ici insoupçonnées, en lien avec l'occupation de la plaine maritime française. Elles constituent de véritables pièges environnementaux (pollens, végétaux et autres matériaux périssables) qui permettraient d'envisager une approche paléo-écologique détaillée.

## 6 Conclusion

Les détails de l'histoire sédimentaire comme archéologique de la plaine maritime restent en partie inconnus dans sa partie française. La dynamique littorale est forte et la morphologie était changeante jusqu'à la période médiévale. Pour appréhender l'occupation archéologique et les interactions hommes-milieus (particulièrement importantes et déterminantes dans ce contexte) il est nécessaire de diversifier les approches. De même, il est nécessaire d'étudier un espace plus large que la seule zone d'habitat. L'exemple de l'étude intégrée du diagnostic de la Zone Grande Industrie, associant études en archives, géologie, archéologie et géophysique, permet ainsi d'appréhender la fermeture et la colonisation par l'habitat d'une partie de l'estuaire au cours du Moyen-Âge. Elle a aussi permis de mettre en évidence la présence de

« mares endiguées », aménagements qui offrent de nouvelles perspectives sur l'étude des occupations, des paléoenvironnements et des activités humaines au sein de l'estuaire.

*Remerciement.* Nous remercions Gilles Brocard, Christophe Petit et un relecteur anonyme pour les améliorations notables du manuscrit qu'ils nous ont suggérées.

## Références

- Ameryckx J, Verhulst A. 1958. Enkele historisch-geografische problemen in verband met de oudste geschiedenis van de Vlaams kustvlakte. Een colloquium van bodemkundigen en historici. *Handelingen de Maatschappij voor Geschiedenis en Oudheidkunde te Gent* 12 : 1–24.
- Baeteman C. Modifications du paysage et possibilité d'activités humaines pendant l'Holocène dans la plaine maritime belge. In: Leroy I, Verslype L, eds. *Les Cultures des littoraux au Haut Moyen Âge. Cadres et modes de vie dans l'espace maritime Manche-mer du Nord du III<sup>e</sup> au X<sup>e</sup> siècle*. Revue du Nord. Hors Série. Collection Art et Archéologie, 2016, pp. 15–28.
- Bärenfänger R. 1995. Pütt und Sod – Mittelalterliche Brunnen in Ostfriesland als Geschichtsquelle. *Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte Ostfrieslands* 74 : 11–43.
- Bazelmans J, Meier D, Nieuwhof A, Spek T, Vos P. 2012. Understanding the cultural historical value of the Wadden Sea region. The co-evolution of environment and society in the Wadden Sea area in the Holocene up until early modern times (11, 700 BC–1800 AD): An outline. *Ocean & Coastal Management* 68: 114–126.
- Blanchard R. 1906. La Flandre : étude géographique de la plaine flamande en France, Belgique et Hollande. Lille : Imprimerie L. Danel.
- Briquet A. 1930. Le littoral du Nord de la France et son évolution morphologique suivi d'un appendice: l'évolution du rivage du nord de la France et l'activité de l'Homme. Orléans : Armand Colin.
- Coussemaker de I. 1882-1891. Un cartulaire de l'abbaye de N.-D. de Bourbourg. Lille, 2 vol.
- Data.schom.fr. Disponible sur <https://data.schom.fr/donnees/catalogue#001=eyJjIjpbMjMyNDQ5LjY1MDkyMjY4NjA0LDY2MjEzMDQuNzIyNzk3MjM4XSwieI6MTEsInliOjAsImwiOl7InR5cGUiOiJJTIRFUK5BTF9MQVVFUilSmlkZW50aWZpZXRiOiJSQU1fUFISLVBOR19XTERfV0d0DRHX1dNVFNfMzg1NyIsIm9wYWNpdHkiOjEsInZpc2liaWxpdHkiOnRydWV9LHsidHlwZSI6IkiOVEVSTkFMX0xBWUVSlwiaWRlbnRpZmllciI6IkkZEQ19HRUJDT19QWVItUE5HXzM4NTdfV01UUyIsIm9wYWNpdHkiOjEsInZpc2liaWxpdHkiOnRydWV9XX0> (dernière consultation : 8 juin 2020).
- Desoutter S, Broes F, Cercy Ch, *et al.* 2018. Bourbourg, Saint-Georges-sur-l'Aa et Craywick, Le Grand Palyck Dyck, port autonome de Dunkerque, zone à vocation industrielle, tranche 2, rapport de diagnostic. Glisy : INRAP Haus-de-France.
- Desoutter S, Deschodt L, Jagou B, Lançon M, Routier J-C. 2019. Gravelines, Parc de l'Aa, phase 4, rapport de diagnostic. Glisy : INRAP Hauts-de-France.
- Desoutter S, Broes F, Cercy Ch, *et al.* 2020. Gravelines-Loon-Plage, rapport de diagnostic. Glisy : INRAP Hauts-de-France.
- Dubois G. 1924. Recherches sur les terrains Quaternaires du Nord de la France. Thèse de Doctorat, Université Lille.
- Gosselet J. 1901. Esquisse géologique du nord de la France. *Annales de la Société Géologique du Nord* 30 : 257–335.
- Halbertsma H. 1963. Terpen tussen Vlie en Eems. een geografisch-historische benadering (Vervenigin voor Terpenonderzoek). Groningen : Wolters.
- Heeringen R, van Henderix P-A, Mars A. 1995. Vroeg-middeleeuwse ringwalburgen in Zeeland. Amersfoort: Goes.
- Hegener M. 1995. Archeologie van het landschap; langs de aarden monumenten van Nederland. Amsterdam: Contact.
- Hegener M. 2007. Archeologie van het landschap. Langs de aarden monumenten van Nederland. Digitale Bibliotheek voor de Nederlandse Letteren.
- Lambeck K, Esat TM, Potter EK. 2002. Links between climate and sea levels for the past three million years. *Nature* 419: 199–206.
- Lançon M, Boulou M. 2019. Les occupations humaines de la plaine maritime flamande à l'Holocène supérieur. Un changement de paradigme ? *Quaternaire* 30 : 311–334.
- Lançon M, Devred V. 2015. Tétéghem (59), rue de la Tranquillité, rapport de diagnostic. Amiens : INRAP.
- Lançon M, Bura P, Canonne M, Fechner K, Gardais C, Routier J-C. 2009. Tétéghem (59), Carlins III et IV, Delphinium IV, rapport de diagnostic. Amiens : INRAP.
- Lançon M, Desoutter S, Favier D, *et al.* 2017. Bourbourg, Saint-Georges-sur-l'Aa, Le Grand Palyck Dyck, port autonome de Dunkerque, zone à vocation industrielle, tranche 1, rapport de diagnostic. Glisy : INRAP Haus-de-France.
- Laplane de H. 1863. Clairmarais, ancien monastère de Citeaux sous Clairvaux à Saint-Omer. *Mémoires de la Société des antiquaires de la Morinie* XI.
- Leplat J, Sommé J, Baeteman C, Roland P. 1988. Dunkerque-Hondschoote (3), Orléans, notice de la carte géologique 1/50 000, n°3. Orléans : BRGM.
- Meier D. 2001. Landschaftsentwicklung und Siedlungsgeschichte des Eiderstedter und Dithmarscher Küstengebietes als Teilregionen des Nordseeküstenraumes: Untersuchungen der AG Küstenarchäologie des FTZ Westküste. R Habelt.
- Meier D. 2007. Die Nordseeküste. Geschichte einer Landschaft. Heide.
- Meier D. From nature to culture: landscape and settlement history of the North-Sea coast of Schleswig-Holstein, Germany. In: Thont E, Borger GJ, de Kraker AMJ, *et al.* *Landscapes or seascapes? The history of the coastal environment in the North Sea area reconsidered. Comparative Rural History of the North Sea Area 13*. Turnhout (Belgique) : Brepols Publisher, 2013, pp. 85–110.
- Mercier E, Bacrot S. 1990. Note préliminaire sur des anomalies de l'interface eau douce / eau salée dans les plaines maritimes flamande et picarde. *Annales de la Société géologique du Nord* 108: 205–210.
- Meurisse-Fort M. 2008. Enregistrement haute résolution des massifs dunaires. Manche, mer du Nord et Atlantique. Le rôle des tempêtes. Paris : Éditions Publibook.
- SHOM. 2019. Références Altimétriques Maritimes. Ports de France métropolitaine et d'outre-mer. Cotes du zéro hydrographique et niveaux caractéristiques de la marée.
- Sommé J. 1977. Les plaines du Nord de la France et leur bordure. Étude géomorphologique. Thèse présentée devant l'université de Paris I le 15 mai 1675. Thèse d'État, Lille, Atelier de reproduction des thèses. Paris : Librairie Honoré Champion.
- Tavernier R. 1948. Les formations Quaternaires de la Belgique en rapport avec l'évolution morphologique du pays. *Bulletin de la Société Belge de Géologie* 57 : 609–641.
- Thont E, Borger GJ, de Kraker AMJ, *et al.* 2013. Landscapes or seascapes? The history of the coastal environment in the North Sea area reconsidered. *Comparative Rural History of the North Sea Area 13*. Turnhout (Belgique): Brepols Publisher.

- Van de Noort R. 2000. Where are Yorkshire's terps? Wetland exploitation in the early medieval period. In : Geake H, Kenny J, eds. *Early Deira: Archeological studies of the East Riding in the fourth to ninth centuries AD*. Oxford: Oxbow Monographs, pp. 121–131.
- Vercauteren F. 1938. Actes des comtes de Flandre : 1071–1128. Bruxelles, Palais des académies, 1836. *Recueil des actes des princes belges* : 2.
- Verger F. 1956. Quelques remarques sur la formation et le relief des schorres. *Bulletin de l'Association de Géographes Français* 33 : 146–156.
- Verhulst A, Gottschalk MKE. 1980. Transgressies en occupatie geschiedenis in de kustgebieden van Nederland en België. *Publikatie Belgisch Centrum voor Landelijke Geschiedenis* 68. Gent: Belgisch Centrum voor Landelijke Geschiedenis.

**Citation de l'article** : Deschodt L, Lançon M, Desoutter S, Hulin G, Simon F-X, Vanwalscappel B, Créteur Y, Broes F, Devred V, Favier D, Le Bayon A-L. 2021. Exploration archéologique de 170 hectares de plaine maritime (Bourbourg, Saint-Georges-sur-l'Aa, Craywick, Nord de la France) : restitution de la fermeture d'un estuaire au Moyen Âge et mise en évidence de mares endiguées, *BSGF - Earth Sciences Bulletin* 192: 12.