

LE PAYS DES WATERINGUES, UNE COHABITATION DISPUTÉE ENTRE L'ESPÈCE HUMAINE ET LA MER

Wateringues-land, a long-term fight between human species and sea

Francis Meilliez
Arnaud Beucherie
Laurent Deschodt
Christine Maréchal
Justin Lecomte
Jean-Pierre Nicollin

Et avec la collaboration de Renée Duchemin au nom du Groupe Médiation : François Duchaussois, Arnaud Bak, Nathalie Rouget, Nadine Sarrazin, Christine Moreels

INTRODUCTION

Le *Pays des Wateringues* est une expression courante mais non formelle, pour désigner la partie française de la plaine maritime qui limite à l'est la Mer du Nord, depuis le cap Blanc-Nez jusqu'aux rivages polonais de la Baltique puis jusqu'en Russie (Gosselet, 1893). Le paysage actuel est un héritage des glaciations quaternaires dont le dernier rebond n'est pas encore terminé¹. La frange littorale est formée de

matériaux détritiques fins, peu perméables hors du rivage proprement dit, dont la présence est révélée par un réseau hydrographique dense (Fig. 1). Derrière un cordon dunaire quasi continu (haut de 5 à 15 m), la plaine humide ne dépasse pas 3 à 4 m d'altitude, que les marées hautes de vives eaux peuvent couvrir (DREAL 59/62, 2013). Les formations sédimentaires de la *Plaine Maritime* (Sommé, 1977, 2013) témoignent de l'évolution quaternaire du littoral de la Mer du Nord méridionale. Elles complètent une trame de référence pour le Quaternaire, qui justifie leur prise en compte dans

1. En 2008, en Estonie, une avocate était chargée de gérer le statut juridique des territoires nouvellement disponibles sur les rives de la Baltique, en conséquence de ce rebond (FM).



Fig. 1 – Modèle numérique de terrain et du réseau hydrographique (réalisation de Clément Terrier, CAUE-59). Les cours d'eau principaux (Aa, Yser, Escaut, Lys, Sambre, Meuse) sont surlignés en tiretés. Ca = Calais, Du = Dunkerque, SO = Saint-Omer, Bx = Bruxelles, Ga = Gand.

Fig. 1 – Digital terrain and hydrographic network model (created by Clément Terrier, CAUE-59). The main rivers (Aa, Yser, Escaut, Lys, Sambre, Meuse) are highlighted in dashed lines. Ca = Calais, Du = Dunkirk, SO = Saint-Omer, Bx = Brussels, Ga = Ghent.

l'Inventaire Régional du Géopatrimoine². L'objectif de cet article est de partager avec les usagers de ce territoire les connaissances acquises lors d'observations d'opportunité, le plus souvent temporaires et ponctuelles, pour les mettre en perspective dans la durée. En effet, l'espèce humaine fréquente le littoral depuis le Pléistocène moyen, et intervient au moins localement sur la dynamique du comblement de la plaine maritime depuis le Néolithique final (barrage en bois et terre d'un chenal de marée à Tétéghem : Lançon et Boulen, 2019). L'aménagement de la plaine maritime holocène est intensif (drainage, points d'eau) depuis au moins le Haut Moyen Âge en usant des, et s'adaptant aux conditions issues des dynamiques littorales (Deschodt *et al.*, 2021). Cependant, la puissance technologique dont l'espèce humaine s'est dotée au cours des 70 dernières années marque fortement le territoire, en négligeant sa dynamique propre. S'ensuivent nécessairement des confrontations, voire des conflits d'usage le long d'une bande littorale de quelques dizaines de kilomètres de large, exacerbés à la fois par la croissance de la densité de population dans cette bande, et en même temps par l'ignorance des nouveaux usagers quant au fonctionnement naturel de l'écosystème.

Au fil du temps et des nécessités, les usagers autochtones ont toujours développé des solutions d'adaptation. Certaines ont été des succès, au moins temporaires, d'autres, notamment en temps de guerre, ont rappelé que l'eau libre occupe systématiquement tous les points bas, pour une durée qui dépend surtout des variations climatiques et des contraintes anthropiques, conscientes ou non, qui lui sont imposées. Les usagers ont consenti des efforts financiers et techniques considérables pour subsister dans ces conditions précaires. Aujourd'hui (depuis moins d'un siècle), la bande littorale n'est plus utilisée uniquement par les autochtones. La mondialisation des échanges commerciaux attribue au détroit du Pas-de-Calais une position stratégique qui attire des activités industrielles lourdes, un tourisme croissant, et les services conséquents, ce qui entraîne une augmentation de résidents et de passagers pour qui les vicissitudes environnementales naturelles doivent être traitées avec obligation de résultat par une technologie optimale pour l'économie. Au vu de l'Histoire, une telle évolution tend vers un épisode d'aveuglement technocratique et des risques localement préjudiciables. Les lignes qui suivent ont pour but de rappeler les contraintes naturelles du territoire et de les remettre en perspective écosystémique dans la durée.

RAPPEL DU CONTEXTE GÉOLOGIQUE DE LA PLAINE MARITIME

La plaine maritime est l'interface marine de la Flandre, dans laquelle sont aussi différenciés les Monts de Flandres et la plaine de la Lys (Fig. 2). Le tout est limité au sud-ouest par les collines du Boulonnais et de l'Artois. Le Boulonnais représente l'extrémité sud-est d'un anticlinal qui se poursuit en Angleterre par le Weald ; les falaises crayeuses de Douvres sont en regard de celles du Cap Blanc-Nez (Fig. 3a). Cet anticlinal dissymétrique s'est individualisé depuis l'Éocène supérieur (âge entre 30 et 40 millions d'années environ), et a déterminé un relief fermant au sud l'espace appelé à devenir la Mer du Nord. Cette déformation est l'un des effets lointains de la surrection des Pyrénées (Wyns, 2014), un des événements orogéniques, parmi d'autres, qui ont contribué à modifier le climat en faisant baisser la teneur atmosphérique en CO₂ et par conséquent la température (Ramstein, 2015). Le refroidissement engagé a conduit aux glaciations qui ont marqué le Pléistocène (de 2,58 millions d'années à 11 700 ans)³.

3. La chronostratigraphie est précisée sur les tableaux de la Fig. 6.

2. Sous l'égide de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL), la Commission Régionale du Patrimoine Géologique (CRPG) instruit les dossiers pour ménager protection et valorisation des ressources minérales naturelles (voir webographie).

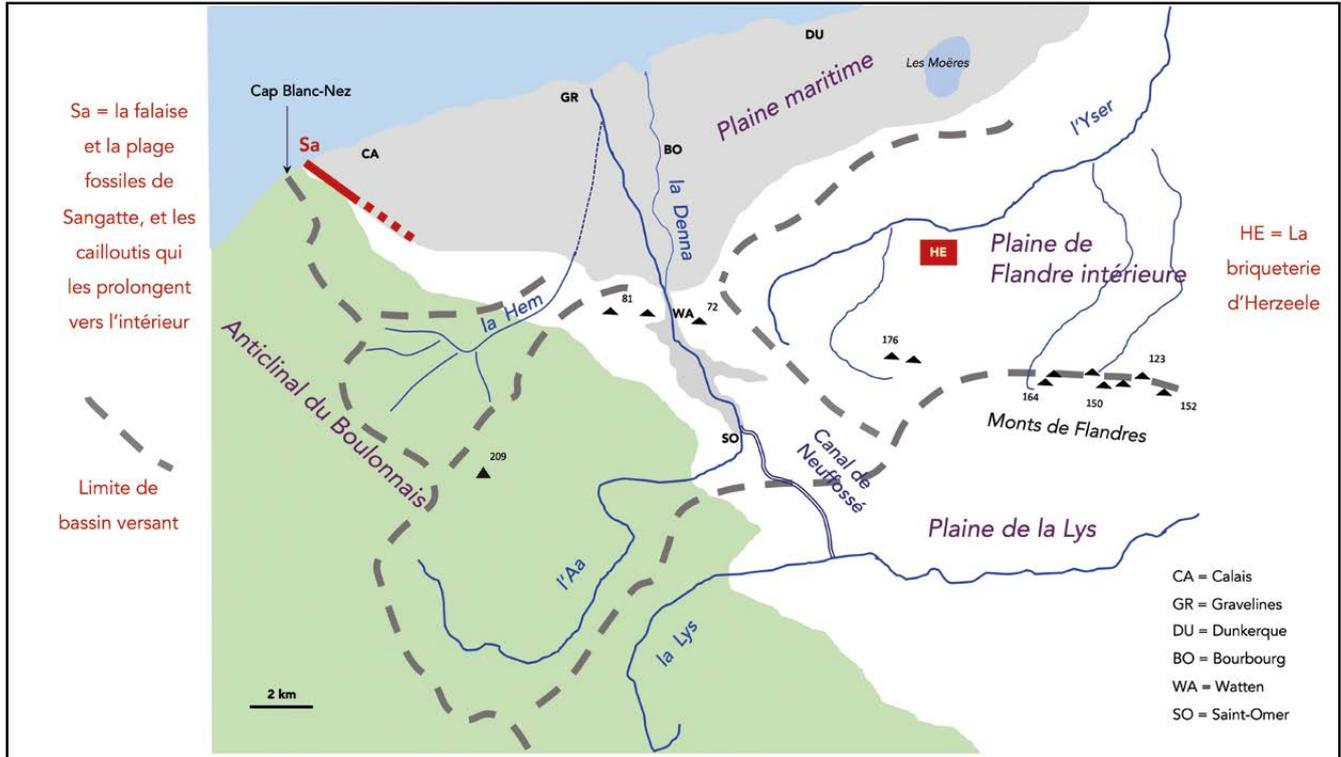


Fig. 2 – Carte géologique simplifiée (FM) de la plaine maritime et de son arrière-pays.
 Fig. 2 – Simplified geological map (FM) of the maritime plain and its hinterland.

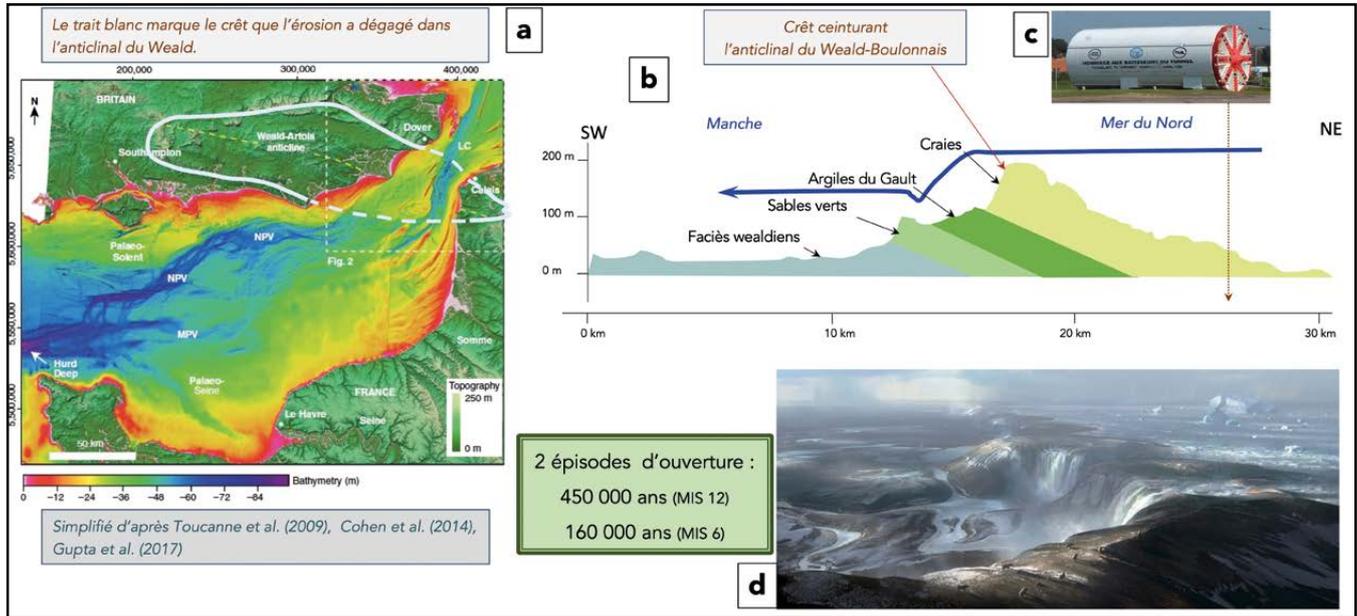


Fig. 3 – Illustration composite du mécanisme (incision d'une cluse en travers de l'anticlinal Weald-Boulonnais) par lequel le détroit du Pas-de-Calais a connecté la Mer du Nord à la Manche : (a) – la carte topographique du fond de la Manche révèle la trace d'un fleuve Manche, reconstitué par plusieurs équipes de chercheurs; (b) – la vidange du lac proglaciaire, au sud de la future Mer du Nord; au moins deux épisodes de vidange sont caractérisés (vers 450 000 ans et vers 160 000 ans) en tranchant le crêt déterminé par le flanc nord de l'anticlinal (coupe géologique en haut à droite); (c) – les travaux de reconnaissance du tunnel sous la Manche (évoqué par le tunnelier) ont révélé les dépressions (Fosses Dangeard) déterminées par les chutes d'eau, et comblées de sédiments aujourd'hui datés; (d) – la représentation en bas à droite est une vue d'artiste.

Fig. 3 – Composite illustration of the mechanism (incision of a lock across the Weald-Boulonnais anticline) by which the Strait of Pas-de-Calais connected the North Sea to the English Channel: (a) – the topographic map of the bottom of the Channel reveals the trace of a Channel river, reconstructed by several teams of researchers; (b) – the draining of the proglacial lake, south of the future North Sea; at least two draining episodes are characterized (around 450,000 years and around 160,000 years) by cutting the crest determined by the northern flank of the anticline (geological section at top right); (c) – reconnaissance work on the Channel Tunnel (mentioned by the tunnel boring machine) revealed depressions (Fosses Dangeard) determined by waterfalls, and filled with now dated sediments; (d) – the representation at the bottom right is an artist's impression.

Dans l'hémisphère nord, l'englacement a débuté au Groënland, il y a environ 3 Ma. Au cours du dernier million d'années, des glaces permanentes ont occupé les sommets alpins, le nord des îles Britanniques et la Scandinavie (Fig. 4A). La baisse continue de la température moyenne s'est faite par oscillations (de l'ordre de 100 ka) qui se sont régularisées tandis que leur amplitude s'accroissait (Fig. 5). Le développement épisodique d'une banquise a restreint, voire fermé la liaison entre la Mer du Nord et l'océan Atlantique. Chaque épisode glaciaire s'est accompagné d'émissions de limons que les vents ont dispersés sur l'Europe du nord-ouest. C'est pourquoi la vallée de la Somme a pu enregistrer dans ses terrasses alluviales les variations climatiques et leurs expressions sédimentaires corrélatives (Antoine *et al.*, 2007, 2014). A l'échelle de l'Eu-

rope occidentale, tous les grands fleuves s'écoulent vers la calotte glaciaire, au gré de ses extensions/rétractions (Fig. 4B), s'adaptent à ses déplacements et alimentent le lac périglaciaire, verrouillé au sud-ouest par le relief déterminé par l'anticlinal du Weald-Boulonnais (Fig. 3). La mer du Nord, la Baltique et les grands lacs du nord de la Russie sont ainsi l'équivalent du St-Laurent et des grands lacs d'Amérique du Nord, en périphérie de la calotte canadienne. Les travaux de recherche d'hydrocarbures d'une part, et ceux effectués pour réaliser le tunnel TransManche ont apporté les éléments du récit de l'incision d'une cluse en travers de l'anticlinal du Weald-Boulonnais (Fig. 3b) par laquelle le lac glaciaire a pu se vidanger par le fleuve Manche (Gupta *et al.*, 2007; Toucanne *et al.*, 2009 a et b).

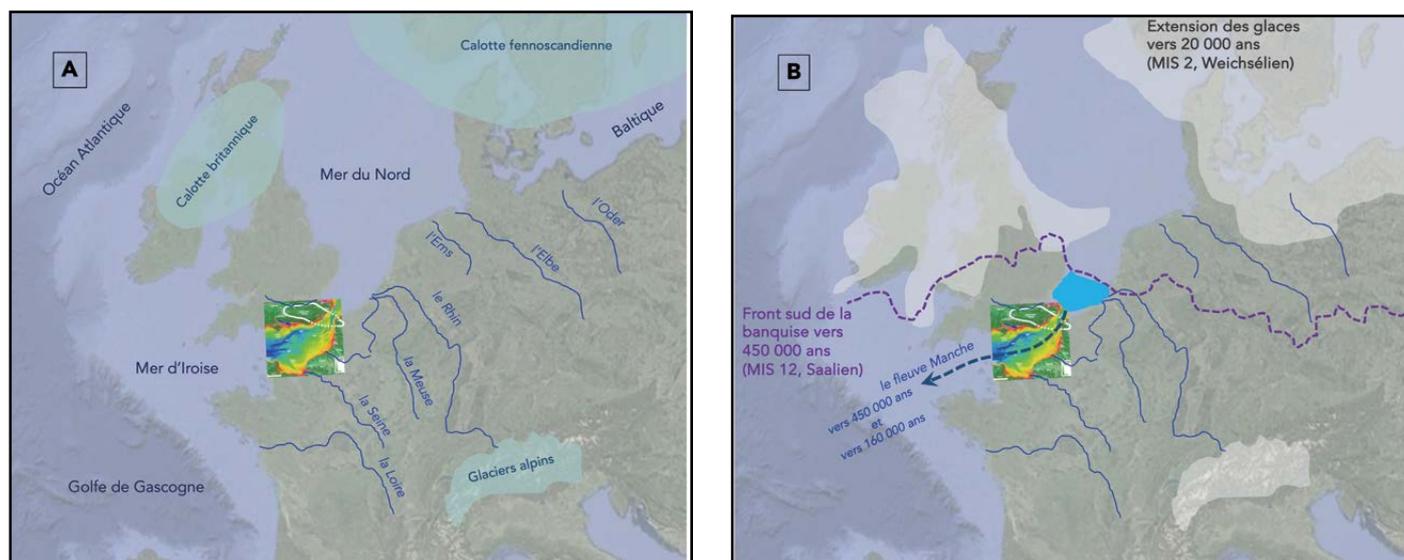


Fig. 4 – Sur fond de carte extrait de Google Earth, sont reportés quelques fleuves européens. Tous coulent vers la Mer du Nord et la Baltique, actuelles reliques des calottes glaciaires qui ont nucléé, au cours du Pléistocène, sur la péninsule fennoscandienne et le nord des îles Britanniques (A). Il est arrivé que ces calottes se soient soudées à celle venue du Groënland et du Canada, notamment durant la période dite Saalienne, dont le front glaciaire est alors descendu très au sud (B). La dernière glaciation (Weichsélien) est restée plus en retrait.

Fig. 4 – On a map taken from Google Earth, some European rivers are shown. All flow towards the North Sea and the Baltic, current relics of the ice sheets which nucleated, during the Pleistocene, on the Fennoscandian peninsula and the north of the British Isles (A). It happened that these ice caps merged with that coming from Greenland and Canada, particularly during the so-called Saalian period, the glacial front of which then descended very far to the south (B). The last glaciation (Weichselian) remained further behind.

En résumé, le calendrier géologique (Fig. 5) montre que l'espèce humaine a pu se rendre à pied dans les futures îles Britanniques, comme le suggère la vue d'artiste (Fig. 3d). Il montre aussi que le réchauffement climatique dans lequel nous vivons, a débuté il y a moins de 20 000 ans, et que nous vivons dans un interglaciaire que l'activité humaine contribue à prolonger au-delà des quelques centaines de siècles que suggèrent les précédents interglaciaires. C'est pourquoi il faut examiner plus en détail la situation de la plaine maritime dans cette perspective.

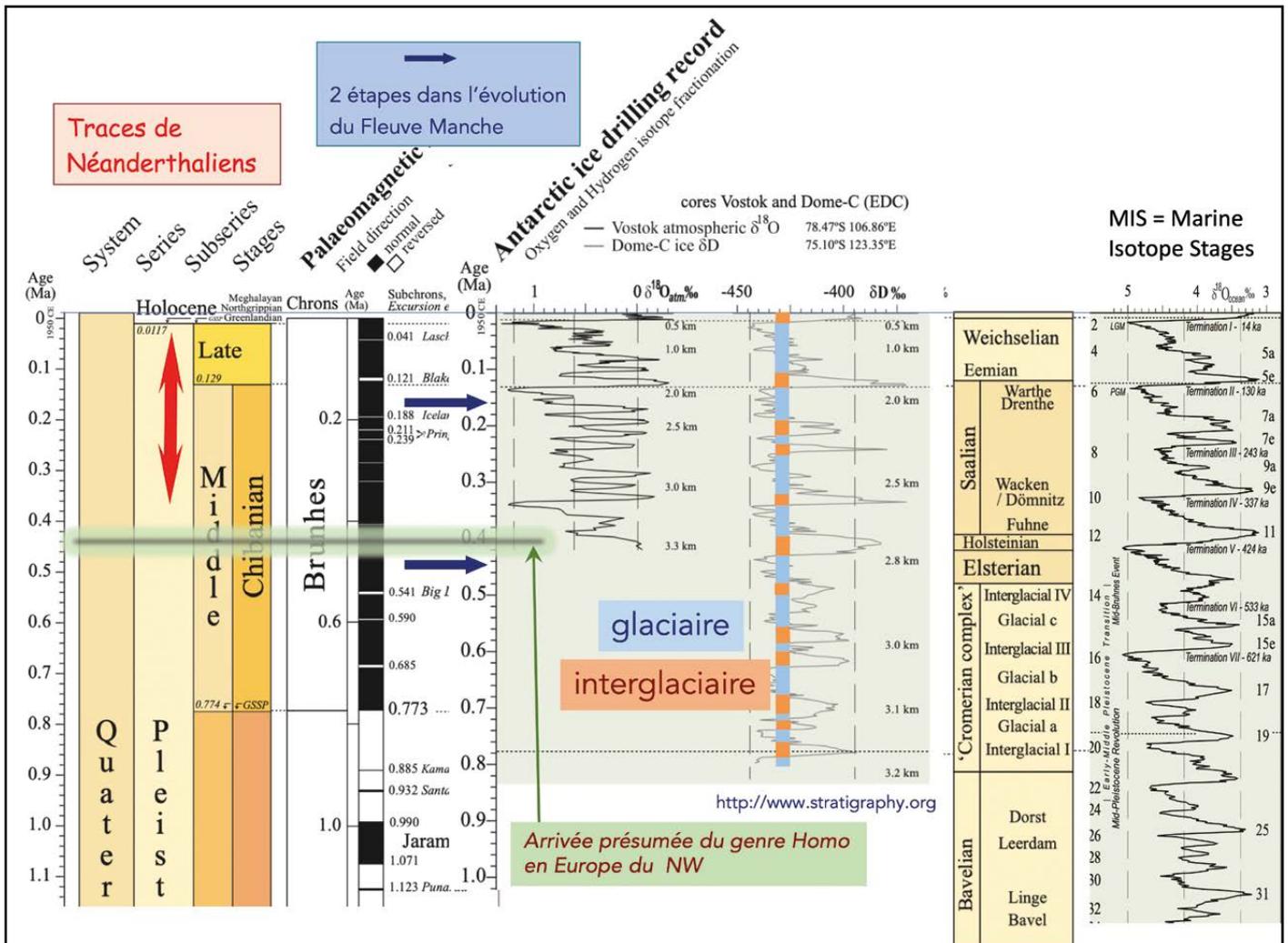


Fig. 5 – Extrait du tableau géochronologique de référence (<https://stratigraphy.org/>) sur lequel sont reportés quelques événements majeurs (épisodes d'ouverture du détroit du Pas-de-Calais, traces de présence humaine); la colonne de droite révèle les oscillations thermiques dont les glaciations sont les extrêmes repérés par les MIS pairs, tandis que les épisodes chauds sont identifiés par des MIS impairs.

Fig. 5 – Extract from the reference geochronological table (<https://stratigraphy.org/>) on which some major events are reported (episodes of opening of the Strait of Pas-de-Calais, traces of human presence); the right column reveals the thermal oscillations of which the glaciations are the extremes identified by the even MIS, while the warm episodes are identified by the odd MIS.

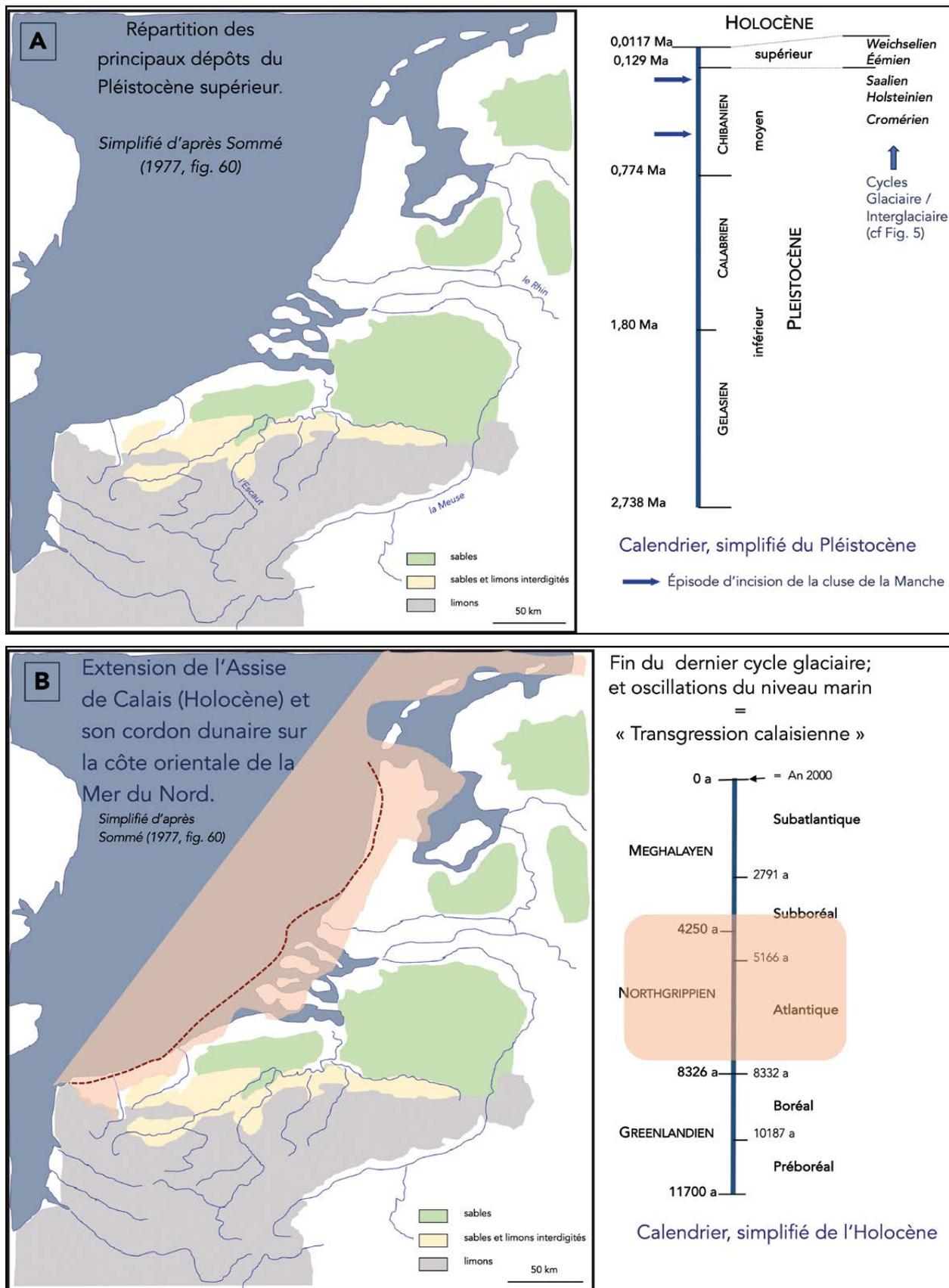


Fig. 6 – Cartes simplifiées (d'après Sommé 1977) montrant une reconstitution des dépôts sédimentaires durant le Pléistocène (A), puis durant la partie ancienne de l'Holocène ayant déposé l'Assise de Calais, dont les témoins de son cordon littoral (pointillé brun) (B).

Fig. 6 – Simplified maps (after Sommé 1977) showing a reconstruction of sedimentary deposits during the Pleistocene (A), then during the early part of the Holocene which deposited the Assise de Calais, including the evidence of its coastal strip (brown dotted line) (B).

LA PLAINE MARITIME DEPUIS LA FIN DE LA DERNIÈRE GLACIATION

La géologie de la plaine maritime française a été l'objet d'une étude détaillée de la part de Jean Sommé (1977). Ajoutant aux observations antérieures toutes les siennes, il s'est évertué à les situer dans la trame que géologues néerlandais et belges ont construite au fil du temps. C'est ainsi que pour l'ensemble de la période pléistocène (Fig. 6A), il a mis en évidence un gradient entre les dépôts compréhensifs, sableux et marins du nord vers les dépôts lacunaires, limoneux et continentaux du sud. Leur prisme, continu et relativement épais au nord, s'amenuise vers le sud. La plaine maritime française est donc l'espace où les deux types de faciès sont imbriqués, trahissant les variations du niveau marin durant cette période.

L'anticlinal du Boulonnais, qui bloquait l'extension marine, a été incisé comme l'illustre un dessin d'artiste (Fig. 3d) et en témoignent la paléofalaise de Sangatte et ses dépôts de piedmont (Fig. 7). A la même époque (fin du Chibanien = Pléistocène moyen) (Fig. 6A), le futur site de la carrière d'Herzeele (Fig. 8) se trouvait à l'interface entre la mer et les terres émergées (Meilliez & Styza, 2023) ; le niveau marin était donc alors supérieur à l'actuel de quelques mètres.

Puis, au dernier interglaciaire (Eemien) a succédé le dernier cycle glaciaire (Weichselien) qui a fait baisser le niveau marin de 120 m par rapport à l'actuel, dénudant à nouveau la Manche orientale, dont la vallée s'est élargie. Le pic du refroidissement a été atteint vers 20 000 ans (MIS 2 :

Fig. 4B, et 5), à la suite de quoi le réchauffement vers l'interglaciaire actuel a commencé. Sommé (1977, p. 513) a rappelé l'âge et les caractéristiques sédimentaires des dépôts, dans lesquels deux ensembles avaient été distingués en première approximation : Assise de Calais (Fig. 6B), plus sableuse, puis Assise de Dunkerque fréquemment à grain plus fin. Chacune contient plusieurs cycles, terminés la plupart avec des niveaux de tourbe qui s'anastomosent vers l'amont, dans l'estuaire de l'Aa, entre Saint-Omer et Watten (Gandouin *et al.*, 2007). Les études menées dans la plaine maritime belge montrent que le retour d'une activité tidale historique dans la profondeur de la plaine n'est pas forcément associé à une hausse du niveau de la mer, mais plutôt à une dégradation des tourbières favorisées par une extraction anthropique intense (Baeteman, 2016). Si la présence humaine a perduré dans un paysage littoral largement soumis aux flux et reflux des marées⁴, l'atterrissement s'est accéléré vers la fin du XI^e siècle ; la découverte de monnaies romaines sous ses dépôts a permis d'en dater le début de transgression de la fin du III^e siècle (Gosselet, 1893). Un retrait marin s'est ensuite amorcé vers la fin du XI^e siècle ; il a été accompagné par une volonté de l'espèce humaine de disposer des terres asséchées pour

4. L'estimation de la variation du niveau marin, pour les derniers milliers d'années, a surtout été basée sur une reconstitution bathymétrique de la zone littorale déduite de la proximité, latérale et verticale, de faciès très différenciés (avant-plage, chenal, vasière, marais salé, marais d'eau douce, pré salé, ... : voir Baeteman, 2016). Or, la zone d'interface littorale est large de plusieurs kilomètres, avec un marnage de l'ordre de 5 m ; ainsi, les corrélations entre sondages sont trop aléatoires pour garantir une absence de confusion entre superposition et juxtaposition latérale. D'où une vision historique très simplificatrice des variations bathymétriques.

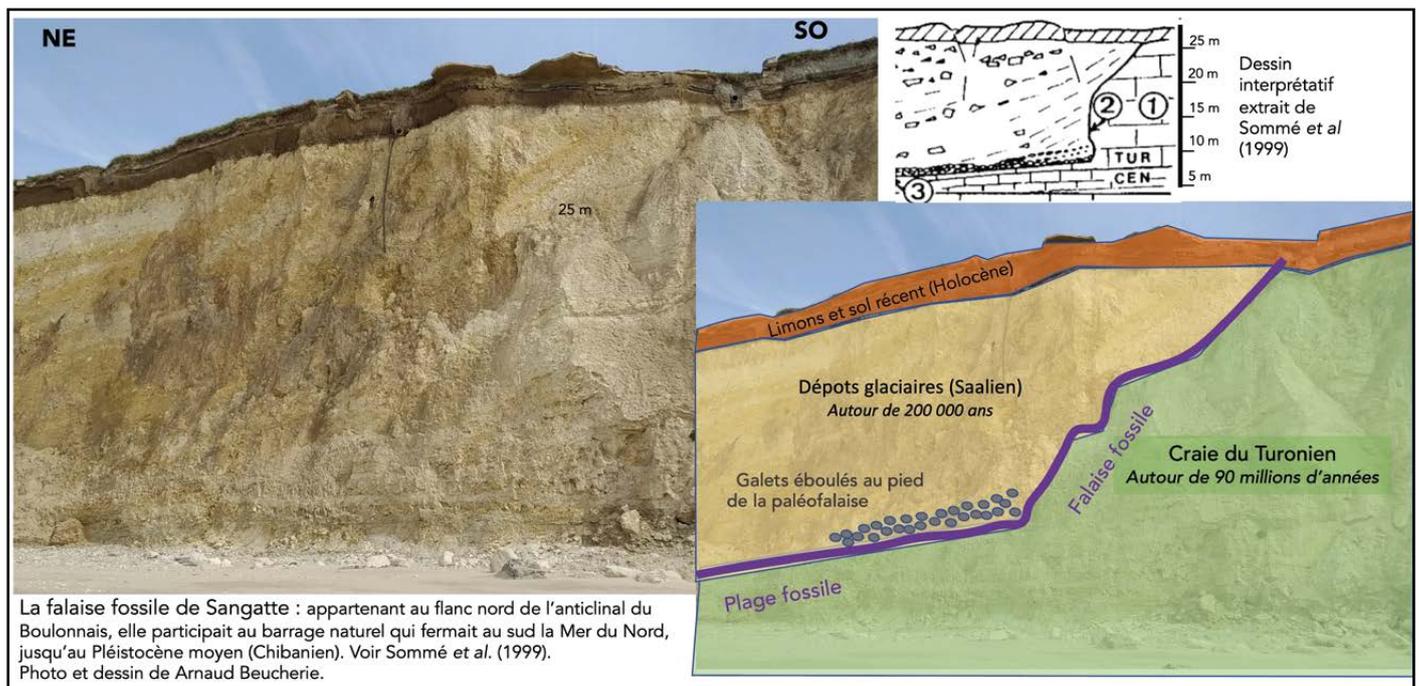


Fig. 7 – La paléo-falaise de Sangatte (localisation sur Fig. 2). Interprétation simplifiée d'après Sommé *et al.* (1999). Présentation par A. Beucherie (Journées Nationales de Géologie 2023).

Fig. 7 – The Sangatte paleo-cliff (location on Fig. 2). Simplified interpretation according to Sommé *et al.* (1999). Presentation by A. Beucherie (National Geology Days 2023).

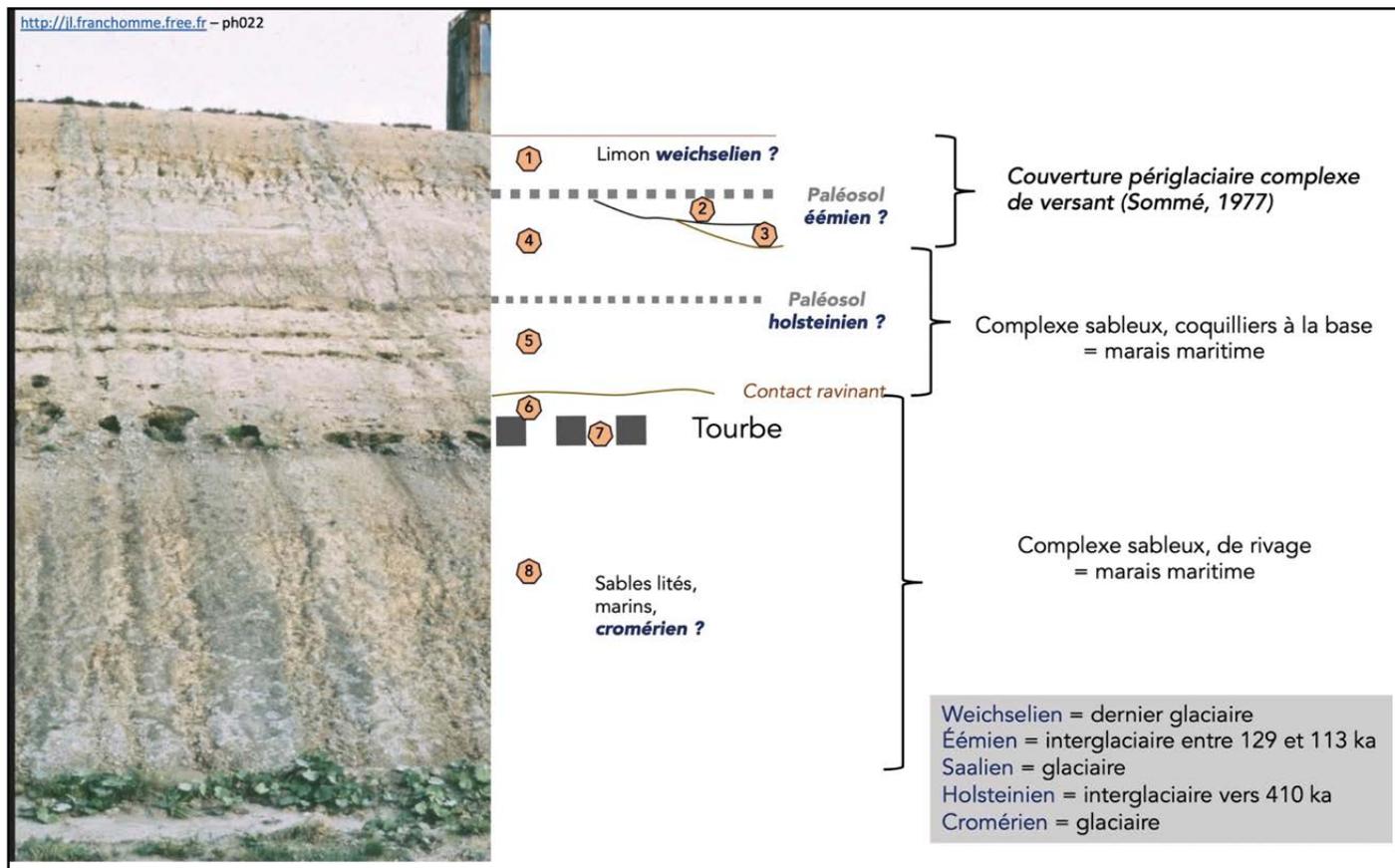


Fig. 8 – Vue partielle et interprétation géologique de la carrière d’Herzelee (Localisation sur Fig. 2). Illustration reprise de Meilliez & Styza (2023) avec autorisation du Comité Flamand de France. Photo extraite de <http://jl.franchomme.free.fr>; interprétation basée sur Sommé *et al.* (1999).

Fig. 8 – Partial view and geological interpretation of the Herzelee quarry (Location in Fig. 2). Illustration taken from Meilliez & Styza (2023) with authorization from the Flemish Committee of France. Photo taken from <http://jl.franchomme.free.fr>; interpretation based on Sommé *et al.* (1999).

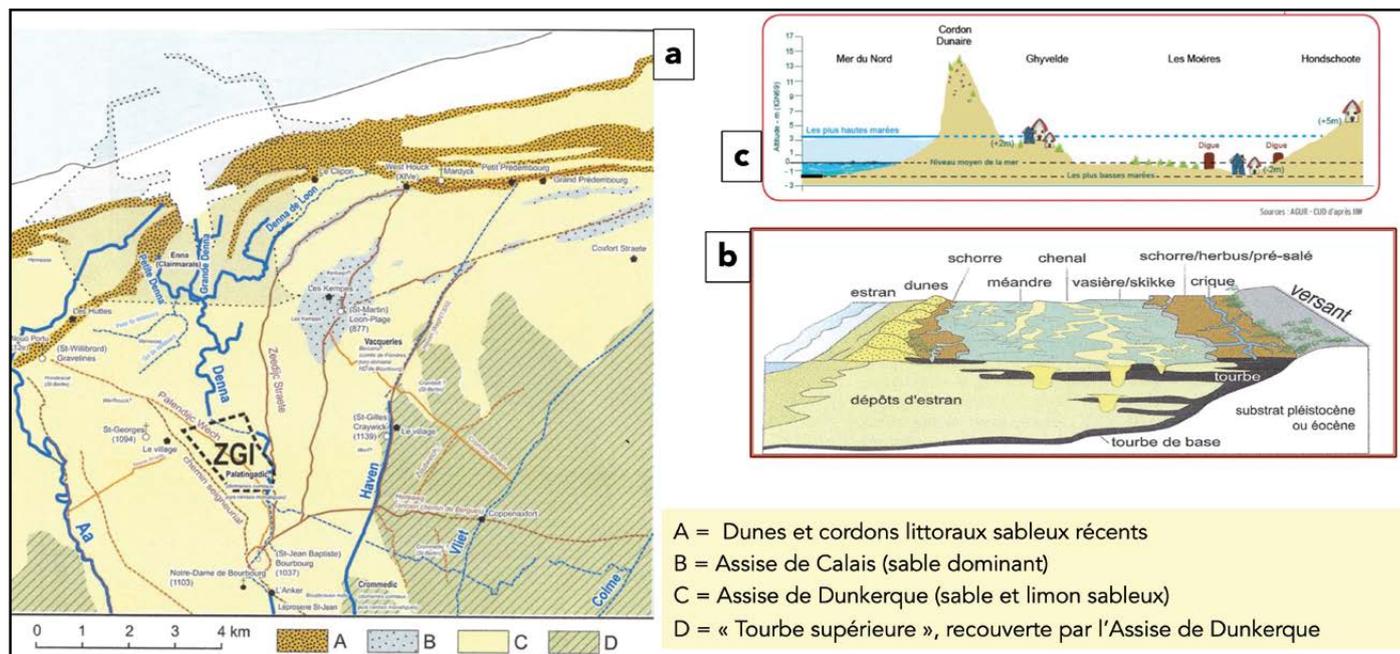


Fig. 9 – Illustration composite résumant les connaissances de l’environnement géologique de la Zone de Grande Industrie programmée à Bourbourg. 1 – Carte géologique extraite de Deschodt *et al.*, 2021; 2 – schéma tridimensionnel positionnant l’un par rapport à l’autre les faciès identifiés; 3 – Coupe transversale de la plaine maritime au niveau des Moères (localisation en Fig. 2).

Fig. 9 – Composite illustration summarizing knowledge of the geological environment of the Large Industry Zone planned for Bourbourg. 1 – Geological map taken from Deschodt *et al.*, 2021; 2 – three-dimensional diagram positioning the identified facies relative to each other; 3 – Cross section of the maritime plain at the level of Moères (location in Fig. 2).

une mise en culture (Delaine, 1969). Le projet de Zone de Grande Industrie (ZGI) programmé à Bourbourg (Fig. 9) a entraîné une étude d'archéologie préventive dont le résultat a été récemment publié (Deschodt *et al.*, 2021). Un schéma explique l'environnement actuel, en cette période où le niveau marin tend à s'exhausser (Fig. 9B). La remontée glacio-eustatique flandrienne s'est achevée au cours de l'Holocène. La courbe est plutôt bien connue maintenant (moyenne d'env. 1 m/siècle). Pour évoquer un taux de remontée moyen, il ne faut pas tenir compte des derniers milliers d'années où les oscillations du niveau de la mer ont été négligeables. La remontée du niveau de la mer, actuelle et modélisée pour le futur, est une conséquence de la dilatation de l'eau et d'un nouveau glacio-eustatisme causé par le réchauffement anthropique.

La question est donc de déterminer jusque quand il faut investir pour contenir l'évolution en cours, et à partir de quand il faut orienter les investissements vers une prise en compte de cette évolution, pour anticiper une adaptation progressive. Bien entendu, les deux dates peuvent différer d'un endroit à l'autre.

VISITE DE TERRAIN, PARTAGÉE AVEC L'UNIVERSITÉ DU TEMPS LIBRE (UTL) DE LILLE

Le 5 avril 2023, à l'initiative de l'UTL de Lille, une visite de terrain a conduit une cinquantaine de personnes dans les locaux de l'Agence d'Urbanisme de Dunkerque (AGUR)⁵. Un exposé présenté par Xavier Chelkowski et Philippe Parent, a précisé les enjeux, les risques et l'organisation (logistique, acteurs) du système des wateringues. Puis le groupe s'est rendu sur les sites de deux ouvrages dunkerquois majeurs (la croix, le barrage Tixier), sur un point de contrôle hydraulique des Moères (Caester Hof) et enfin au sommet de la colline de Watten.

Les enjeux de l'aménagement de ce territoire disputé à la mer

La mise en perspective géologique a rappelé que cette partie de territoire régional appelée *plaine maritime française* n'est que l'extrémité méridionale du domaine où terre et mer voient leur ligne d'affrontement changer de position au cours du temps, en Europe du nord-ouest (Fig. 4). Au cours du dernier million d'années, la structure tectonique présente (anticlinal Weald-Boulonnais) a contraint les eaux du ruissellement continental à fixer les estuaires de la Hem, de l'Aa et de la Tamise. L'ouverture du détroit du Pas-de-Calais par une cluse (Fig. 3) a entraîné de profondes modifications du système sédimentaire. A l'effet des marées s'est ajouté celui des courants franchissant le détroit dans les deux sens, en

fonction des cycles astronomiques et des variations climatiques. La conséquence en est que des courants longitudinaux redistribuent les sédiments fluviaux apportés par les cours d'eau qui aboutissent tant à la Mer du Nord qu'à la Manche (Anthony, 2000). Ce mécanisme a conduit aux accumulations à dominante sableuse des Assises de Calais puis de Dunkerque (Fig. 6). L'ensablement est rapide comme en atteste Gosselet (1893, p. 33) qui relate un dépôt approchant les 2 m, ayant comblé en un demi-siècle, un « *large bassin de chasse creusé pour y aménager une darse* ». Aujourd'hui, on comprend de mieux en mieux comment se construisent et migrent les corps sableux qu'apprécient les touristes, mais que craignent les aménageurs (Trentesaux, 1993, 2005).

Dans un contexte de montée actuelle du niveau marin, avec un relief très peu contrasté mais quand même différencié entre autres par les interventions humaines (canaux, exploitations de tourbe, digues), la position de la ligne de rivage varie de façon irrégulière. On constate simplement que Strabon, accompagnant l'armée de César en Gaule (I^{er} siècle BC), a découvert les marées et leurs effets, ce qu'il ne connaissait pas en Méditerranée. Et la transgression qui s'est manifestée dès la fin du III^e siècle et a recouvert les traces de la période gallo-romaine, a connu son apogée au IX^e siècle. Les terres libérées de la mer ont peu à peu été colonisées par une population agricole dès le X^e siècle (Deschodt *et al.*, 2021). Gosselet (1893), Delaine (1969) rapportent des faits précis et relatent les aléas de ce retrait marin apparent qui illustrent l'affrontement entre d'une part la volonté des humains à occuper et valoriser de nouvelles terres, et d'autre part les à-coups de tempêtes particulièrement sévères (submersions marines). Difficile de faire la part des responsabilités entre les irrégularités naturelles et les crises humaines (guerres) qui ont déterminé les retours locaux et temporaires d'un environnement marin. C'est pendant cette période que les humains ont très nettement commencé à transformer le paysage, et donc modifier sa dynamique évolutive, par le creusement de canaux (*watergangs* ou *watergands* selon les auteurs) et la construction de vannes et d'écluses. Une date décisive est la mise en place d'équipements (canaux et vis d'Archimède) par Cobergher au XVII^e siècle, pour assécher la dépression des Moères.

Aujourd'hui, Le dispositif en place protège la plaine maritime, un territoire de 100 000 hectares sur lequel vivent environ 450 000 habitants. Ce territoire abrite deux grands ports (Dunkerque et Calais) et le terminal français du Lien TransManche; il dispose aussi de la plus puissante des centrales nucléaires françaises et s'apprête à en accueillir d'autres; il juxtapose des sites industriels importants et en aménage d'autres aussi. Ce qui devrait contribuer à accroître tant le nombre de résidents que le nombre de passagers (rail, route). Et tout cela doit cohabiter avec une agriculture qui tente de survivre : espace qui se restreint, coin salé marin qui gagne en profondeur, pollutions industrielles. On doit

5. Les institutions citées sont identifiées par leur acronyme et leur site en webographie.

aussi ajouter l'enjeu du développement touristique, tout en le reconnaissant plus entreprenant en Belgique qu'en France. On comprend que les enjeux économiques soient lourds face au déterminisme de l'évolution géologique, certes lent mais inéluctable.

Le problème à résoudre et les acteurs pour le faire

Le problème à résoudre n'est pas que celui d'empêcher la mer d'envahir l'intérieur des terres, il est aussi de permettre aux fleuves d'évacuer à la mer l'eau collectée dans leurs bassins versants (Fig. 10); et ce à tout moment, y compris pendant une marée haute de vives-eaux, ce qui n'est plus le cas actuellement, sans recours à des stations de pompage. A marée basse de vives-eaux, l'évacuation gravitaire est la situation normale. A marée basse de mortes-eaux, l'évacuation gravitaire est de moins en moins efficace et divers mécanismes ont été historiquement élaborés pour procéder à cette évacuation malgré tout. Il faut noter qu'une telle situation est normale par rapport à la dynamique naturelle, mais pas au regard des humains. En effet, c'est cette disposition

qui contribue à envaser naturellement les estuaires, bloquant peu à peu les sédiments collectés en amont (Anthony, 2000). On comprend donc qu'un des moyens d'aider à la gestion de la préservation du pays des waterings est de réduire le plus possible les excès de sédiments que collectent les bassins versants. Qu'il s'agisse de travaux publics ou de pratiques agricoles, nombre d'actions dans ce sens sont possibles; elles doivent être considérées et suivies d'effets.

Si l'eau ne peut être évacuée gravitairement, il faut donc la stocker temporairement⁶ dans des sites compatibles avec les planifications du développement urbain et de l'aménagement du territoire. Ceci peut entraîner des conflits d'usage dans un territoire où l'activité se densifie (voir plus haut).

Aujourd'hui, l'Institution Intercommunale des Waterings (IIW) est un syndicat mixte fermé auquel adhèrent 6 EPCI, les Sections des Waterings (Fig. 11). Afin de bien

6. Aujourd'hui, l'eau est stockée dans les canaux. Pour éviter les débordements, des stations de pompage sont actionnées afin d'évacuer le trop plein à la mer. Dans le futur, mais il faut une décision politique, peut-être que des zones de stockage seront aménagées. Mais il faudra un gros travail de pédagogie et de concertation avec la profession agricole. [Note de X. Chelkowski]

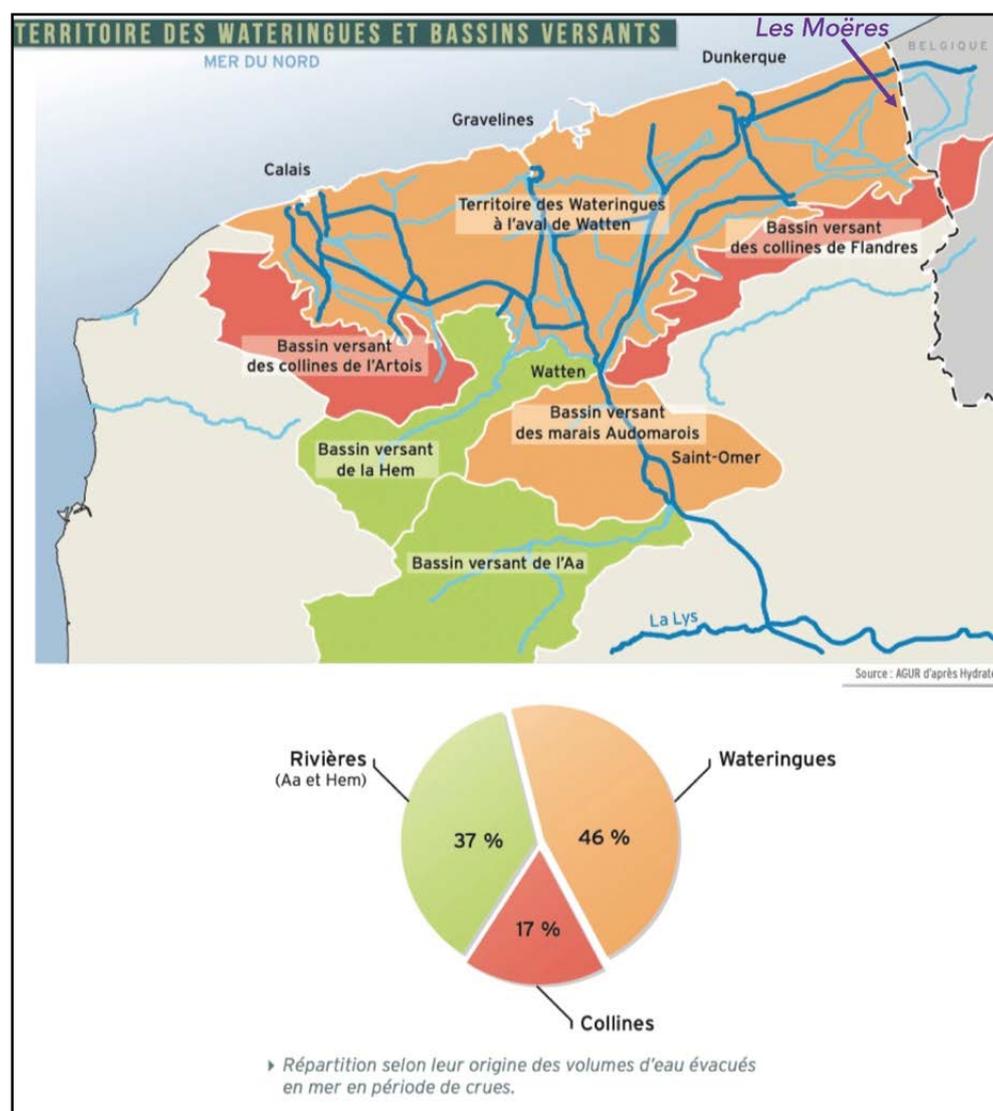


Fig. 10 – Le système des waterings doit évacuer à la mer les eaux apportées par les cours d'eau (fleuves, canaux) ainsi que les eaux de ruissellement des pieds de côteaux. La tendance actuelle de la montée du niveau marin rend cette évacuation de plus en plus problématique en fonction des marées. Schéma fourni par l'AGUR.

Fig. 10 – The watering system must evacuate to the sea the water brought by the water-courses (rivers, canals) as well as the runoff water from the foot of the hillsides. The current trend of rising sea levels makes this evacuation increasingly problematic depending on the tides. Diagram provided by AGUR.

apprécier l'interaction de cette organisation avec l'évolution géologique naturelle il faut en rappeler le principe opérationnel (Fig. 12). Aujourd'hui, l'exutoire à la mer est unique : à Dunkerque, l'ouvrage Tixier est une porte particulièrement équipée (voir détail ci-dessous). L'eau arrive par des canaux, navigables, dont le réseau est géré par VNF (Voies Navigables de France). Ces canaux reçoivent eux-mêmes les écoulements acheminés par les watergangs qui délimitent les casiers hérités de l'histoire pluriséculaire et gérés par les Sections de Wateringues. Chacune est une association obligatoire des propriétaires fonciers locaux, qui payent une taxe avec laquelle la section assure le faucardage et l'entretien des watergangs, l'électricité des stations de relevage et les réparations lorsque nécessaire. Cette organisation, mise en place au fil des besoins, a permis au territoire de faire face à des épreuves variées. La jonction entre deux ouvrages linéaires est contrôlée par un système de vannes. Certaines sont encore exclusivement manuelles tandis que des systèmes de commandes asservies tendent à automatiser les nœuds des réseaux.

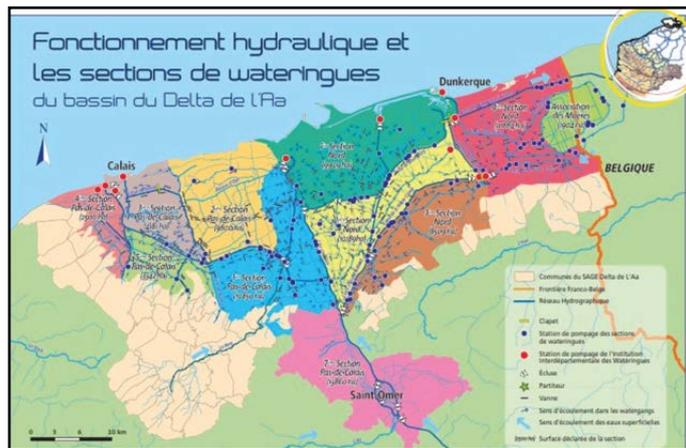


Fig. 11 – Carte fonctionnelle des wateringues : chaque section gère son territoire ; l'ensemble est coordonné par l'Institution Intercommunale des Wateringues. A noter que la frontière F-B traverse la dépression des Moères. Schéma fourni par l'AGUR.

Fig. 11 – Functional map of watering holes: each section manages its territory; the whole is coordinated by the Intercommunal Institution of Wateringues. Note that the F-B border crosses the Moères depression. Diagram provided by AGUR.

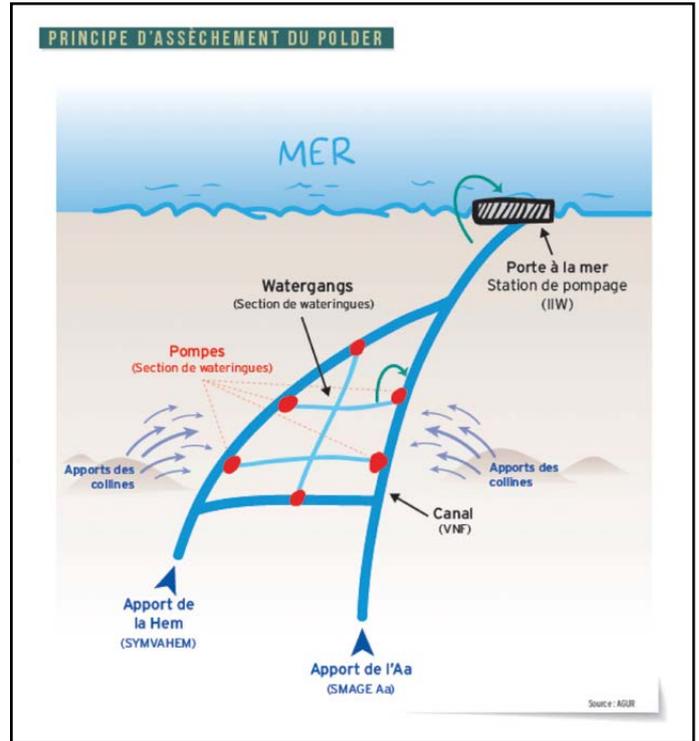


Fig. 12 – Schéma illustrant le principe d'organisation des wateringues (détails explicatifs dans le texte). Schéma fourni par l'AGUR.

Fig. 12 – Diagram illustrating the principle of organizing wateringues (explanatory details in the text). Diagram provided by AGUR.

L'IIW assure les compétences GEMAPI (gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations), pour le compte de ses adhérents, en coordination avec d'autres syndicats intercommunaux (SMAGE-AA, SYMVAHEM). « La coordination des acteurs est assurée par des protocoles de gestion des eaux, par secteur hydraulique, approuvés par arrêtés préfectoraux. L'Institution anime aussi la Commission Locale de l'Eau, en charge de l'élaboration et de la révision du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) du delta de l'Aa » (précisions apportées par Philippe Parent, directeur de l'IIW).

Avec l'appui des services techniques de l'AGUR, l'IIW (2014) a élaboré divers documents expliquant les enjeux, les techniques utilisées et les interlocuteurs nécessaires à cette gestion complexe. En particulier, la page numérique <https://www.institution-wateringues.fr/le-territoire/les-wateringues-comment-ca-marche/> est un outil remarquablement présenté pour expliquer comment ça fonctionne, et rendre compte du difficile équilibre à maintenir en permanence. Le lecteur est invité à s'y référer.

Aujourd'hui, même si l'Institution IW a le contrôle sur l'ensemble du dispositif, l'organisation territoriale témoigne encore de l'Histoire. Dès le début de la poldérisation, les comtes de Flandres ont accordé des droits d'assèchement à des paysans qui ont inventé des procédés, à l'échelle de leur exploitation. Enlever l'eau de chez soi et l'envoyer chez le voisin conduit

inévitablement à des conflits. Il a fallu attendre le XII^e siècle pour que Philippe d'Alsace, comte de Flandre, essaye de mettre en place une organisation hiérarchisée. Les guerres, les vicissitudes météorologiques n'allègent pas les difficultés techniques et de cohabitation. En 1619, Wenceslas Cobergher, ingénieur flamand particulièrement inspiré, met en place pour son compte et celui de la communauté un dispositif rationnel pour assécher la dépression des Moères, dont le fond n'a jamais cessé, historiquement, d'être situé sous le niveau moyen de la mer (Fig. 9c). Peu à peu, en dépit de changements politiques drastiques, les sections de wateringues ont assuré efficacement la gestion du système de leur territoire; elles subsistent et poursuivent leur tâche; l'IIW a simplement apaisé, rationalisé, coordonné les travaux et les relations entre sections. Et c'est certainement l'une des meilleures conditions nécessaires à la pérennité de ce système complexe, car il permet de responsabiliser au plus près les usagers.

Les ouvrages de Dunkerque

Situation héritée de l'histoire et de la géographie, l'exutoire unique de l'ensemble est localisé en arrière de la dune littorale naturelle, dans l'ancienne lagune (Fig. 13a). Le nœud majeur est connu des riverains sous le nom de La Croix des 4 Écluses (Fig. 13b) : quatre canaux y convergent, chacun avec son propre niveau. Un cinquième, le canal exutoire, conduit l'eau à la mer, via l'ouvrage Tixier (Fig. 13c). Chaque canal peut, en cas de besoin, recueillir temporairement le trop-plein d'un autre via une station de pompage (Fig. 13e). Pour ne pas bloquer les pompes, un dégrilleur collecte les embâcles flottant venus de l'amont; il a été récemment automatisé (Fig. 13f). « *Seul le canal des Moères peut se déverser par pompage dans le canal Exutoire. Il n'y a pas de déversement entre les autres canaux du dunkerquois. Tout converge par pompage ou en gravitaire vers le canal exutoire* » [Précisions apportées par Xavier Chelkowski]. A noter qu'en outre, le canal des Moères passe en siphon sous l'écluse du canal de Furnes (Fig. 13e).

L'ouvrage Tixier est une écluse de grande dimension, équipée de vannes. En cas de nécessité, la station de pompage Tixier, située en amont du barrage vanné, peut évacuer le trop-plein d'eau même à marée haute, (voir détails sur la page numérique de l'IIW mentionnée plus haut). Grâce à la digue des Alliés qui protège le canal exutoire, le volume disponible permet un stockage temporaire courant (Fig. 13d). « *Un réensablement massif (1,5 millions de m³ de sable) a été réalisé pour protéger la digue, pour faire en sorte que la mer ne vienne plus jamais frapper l'ouvrage et risquer de le rompre. Des filets brise-vent et des plantations d'Oyats ont été opérées pour éviter les envols et limiter les volumes pour les futurs réensablements* » [Précisions apportées par Xavier Chelkowski].

La dépression des Moères

Cette dépression est le dernier marqueur naturel de la dynamique d'ensablement côtier depuis l'ouverture du détroit du Pas-de-Calais (Fig. 2 et 3), qui a occlus une lagune en arrière du cordon dunaire. Qu'au cours de l'histoire humaine cet espace ait été difficile à assécher n'est guère étonnant, situation qui, dans la dynamique actuelle (Fig. 9c) ne peut que s'aggraver. Mais comme l'espèce humaine n'est elle-même pas très simple, cette dépression est traversée par la frontière franco-belge. Même s'il y a volonté partagée de traiter ensemble un problème d'aménagement frontalier dans le cadre d'Interreg (Projet Mageteaux : webographie), trouver une solution commune aux différents interlocuteurs et à la pugnacité infatigable de la nature ne fera pas que des heureux.

Au début du XVII^e siècle, l'architecte et ingénieur flamand Cobergher ne pouvait pas avoir conscience que le niveau marin arrivait alors à son point le plus bas après 7 siècles de descente progressive, ni que la remontée qui se fait sentir dès le début du XIX^e siècle, aura la malchance d'être amplifiée par l'activité humaine, via l'utilisation en masse des hydrocarbures et le rejet corrélatif de CO₂ dans l'atmosphère. En 3 siècles, la remontée a effacé 7 siècles de baisse. Cet ingénieur avait pourtant eu une excellente idée (Fig. 14) en quadrillant le terrain plat de fossés (*watergands*) qui collectent les eaux douces issues des précipitations et ruissellements, puis en les relevant par des vis d'Archimède activées par des moulins à vent, vers un canal externe (le *Ringslot*). Aujourd'hui, le système n'a changé que la source d'énergie en faveur de l'électricité. C'était donc un bon système, qui a pourtant deux faiblesses. D'une part, il est très facile de percer la digue qui ceinture la dépression; plusieurs conflits armés en ont fait la démonstration. D'autre part, il faut se préserver des venues possibles d'eau salée, soit par submersion marine naturelle ou conflit armé, soit par infiltration souterraine, car les sables sous-jacents sont de plus en plus soumis à la pression *per ascensum* du coin salé corrélatif de la montée du niveau marin.

Si l'on se base sur une évolution naturelle dont l'histoire géologique récente nous indique la tendance (voir 1^{re} partie), la prochaine descente du niveau marin se fera attendre encore quelques siècles, avant d'accompagner une prochaine éventuelle glaciation. Le calendrier de l'espèce humaine ne peut pas s'accommoder de telles perspectives. Deux types de stratégie sont dès lors possibles :

- ✧ soit l'espèce humaine décide de continuer à vouloir dominer la dynamique naturelle, et il faudra investir dans des technologies de protection de plus en plus coûteuses pour faire face aux submersions marines (de plus en plus fréquentes et durables), aux risques de conflits armés (l'actualité montre que leur survenue est toujours possible);



c L'ouvrage Tixier, unique exutoire des wateringsues.

d La digue des Alliés protège le canal exutoire ; est elle-même protégée par une dune de sable, reconstituée chaque année.

a Gestion des écoulements

DUNKERQUE
SAINT-POL-SUR-MER
COUDEKERQUE-BRANCO
CAPPELLE-GRANDE
COUDEKERQUE

Le port de Dunkerque-centre et ses ouvrages de régulation.

b La croix des canaux gère les différences de niveau qui permettent un stockage temporaire des eaux, grâce à une station de pompage.

b CANAL DE JONCTION
OUVRAGE DE JONCTION
CANAL EXUTOIRE
STATION DE POMPAGE DES 4 ÉCUSES
DÉGRILLEUR
ÉCLUSE DE FURNES
CANAL DE FURNES
DÉRIVATION DU CANAL DE BERGUES
CANAL DES MOËRES



e Passage en siphon du canal des Moères sous l'écluse du canal de Furnes, et sa pompe de relevage.



f Dégriilleur automatisé collectant régulièrement les embâcles venus de l'amont.

Fig. 13 – Les ouvrages dunkerquois : a) extrait de carte de situation des photos suivantes ; b) la Croix des 4 écluses gérant la répartition des eaux de ruissellement venues de l'amont et, éventuellement le trop-plein retenu par l'ouvrage Tixier avant son évacuation à la mer ; c) l'ouvrage Tixier, une écluse complexe ; d) la Digue des Alliés ; e) pompe de relevage de l'eau du canal des Moères ; f) dégrilleur automatisé. (Crédits photographiques et illustrations de J. Lecomte, C. Maréchal et R. Duchemin).

Fig. 13 – The Dunkirk works: a) extract from the situation map of the following photos; b) the Croix des 4 locks managing the distribution of runoff water from upstream and, possibly, the overflow retained by the Tixier structure before its evacuation to the sea; c) the Tixier structure, a complex lock; d) the Allied Seawall; e) water lifting pump from the Moères canal; f) automated screen. (Photographic credits and illustrations by J. Lecomte, C. Maréchal and R. Duchemin).

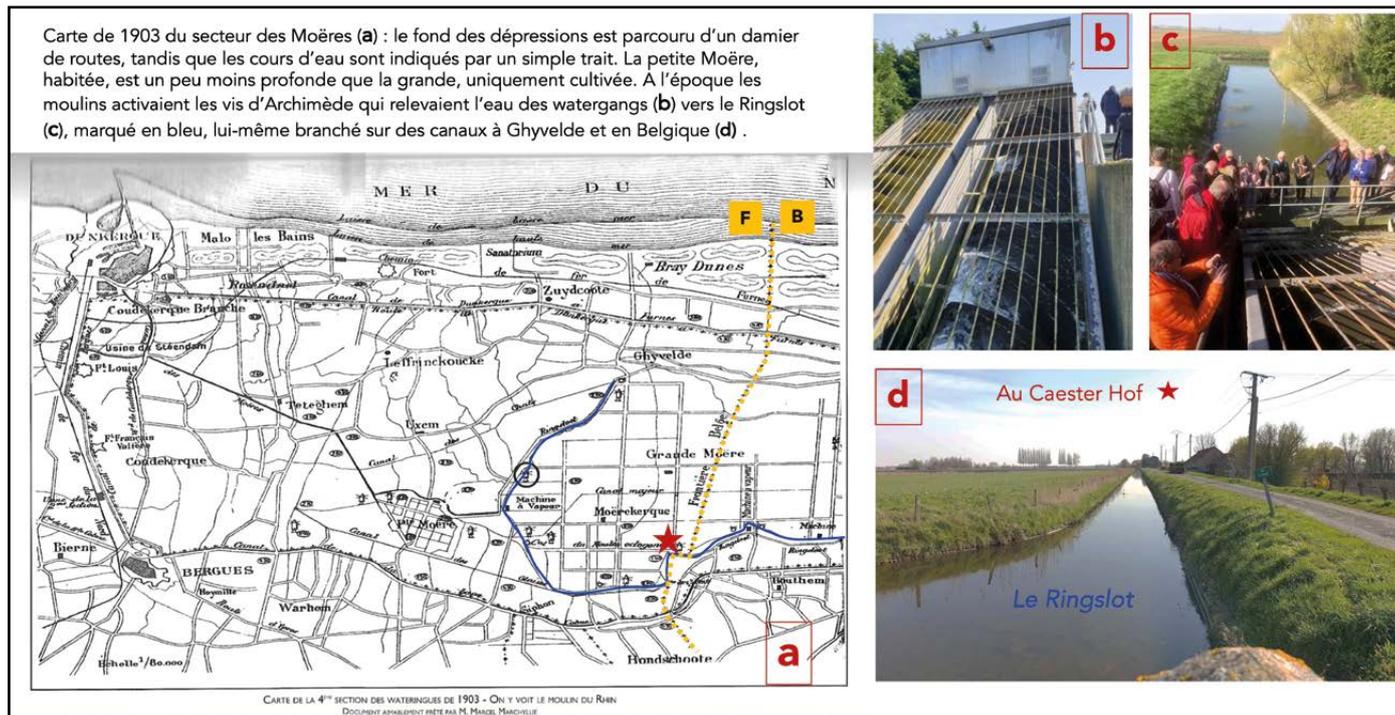


Fig. 14 – Le site des Moères : Carte topographique montrant bien que la Petite Moère est un hameau en bordure d'une lagune en cours de comblement (a) ; que la Grande Moère en constitue la partie la plus profonde, ceinturée par un fossé, le Ringslot (d), en lien avec les canaux extérieurs. Une vis d'Archimède fait passer l'eau de l'un à l'autre (b et c). (Crédits photographiques et illustrations de J. Lecomte, C. Maréchal et F. Meilliez).
 Fig. 14 – The Moères site: Topographic map showing that Petite Moère is a hamlet on the edge of a lagoon currently being filled in (a); that the Grande Moère constitutes the deepest part, surrounded by a ditch, the Ringslot (d), linked to the external canals. An Archimedes screw passes water from one to the other (b and c). (Photographic credits and illustrations by J. Lecomte, C. Maréchal and F. Meilliez).

✧ soit l'espèce humaine décide d'adapter progressivement ses activités selon leur teneur, leurs enjeux, leur accommodation possible (agriculture, industrie, habitat).

Choisir la seconde stratégie est possible, mais alors tous les choix doivent être cohérents. De nombreuses régions du monde démontrent qu'on sait construire et vivre sur une étendue marine, y accueillir de l'habitat, des activités industrielles et même agricoles. En France, les autorités élaborent des plans jalonnés de dates pour les faire évoluer; ce qui ne garantit pas que toutes les parties prenantes soient convaincues par ce calendrier. Belges et Néerlandais choisissent de fixer des seuils de niveau marin comme jalons, et de définir pour chacun les mesures à prendre en conséquence; les investissements pour s'adapter au mieux sont échelonnés selon la vulnérabilité des cibles locales. L'avenir tranchera entre ces deux approches.

Dans tous les cas, il faut aussi assurer la ressource en eau douce pour tous les usagers du territoire. Le soubassement sableux est déjà saumâtre et inutilisable. L'eau douce doit donc venir de l'extérieur. Aujourd'hui elle vient du sous-sol crayeux qui forme le flanc nord de l'anticlinal du Boulonnais, dans lequel la Hem a inscrit son bassin versant (Fig. 16). Une station de pompage, installée à Houille, la renvoie vers un réservoir installé sur la Montagne de Watten : c'est l'un des châteaux d'eau qui alimentent le Dunkerquois. Satisfaisante aujourd'hui, cette solution n'est pas durable. En cas de nécessité, un prélèvement de surface venu de la Lys et

transitant par le canal de Neuffossé apporte un complément appréciable (précision apportée par Xavier Chelkowski). D'autres alternatives sont indispensables. Les eaux de ruissellement actuelles transitent par les watergangs jusqu'à la mer. N'est-il pas possible de réfléchir à un stockage d'au moins une partie de ces eaux de ruissellement pour tous les usages hors alimentation humaine? Où trouver les terrains pour une telle méga-bassine? Les explications données ci-dessus mettent en évidence qu'une méga-bassine existe déjà; qui plus est, elle est naturelle! La dépression des Moères est tout à fait appropriée... à condition d'en imperméabiliser le fond pour éviter une contamination *per ascensum* par l'eau salée.

Une telle transformation ne peut se faire que sur plusieurs années et doit se préparer. Il faut notamment réfléchir à la façon de valoriser cette étendue d'eau douce. Un certain tourisme pourrait y trouver à faire.

Le point de vue de Watten

Le lieu-dit *Montagne* de Watten (Fig. 15) est l'épaule de rive droite que l'Aa a entaillé en travers d'une structure qui a la valeur d'une cuesta, déterminée par la résistance à l'érosion de l'Argile des Flandres. En l'incisant comme une cluse, l'Aa a érodé et évacué les sables thanétiens sous-jacents, que les courants marins (de marées et longitudinaux) ont ensuite étalé sur la plaine maritime. Houthuys (2014) a démontré que les grès ferrugineux qui coiffent les Monts de

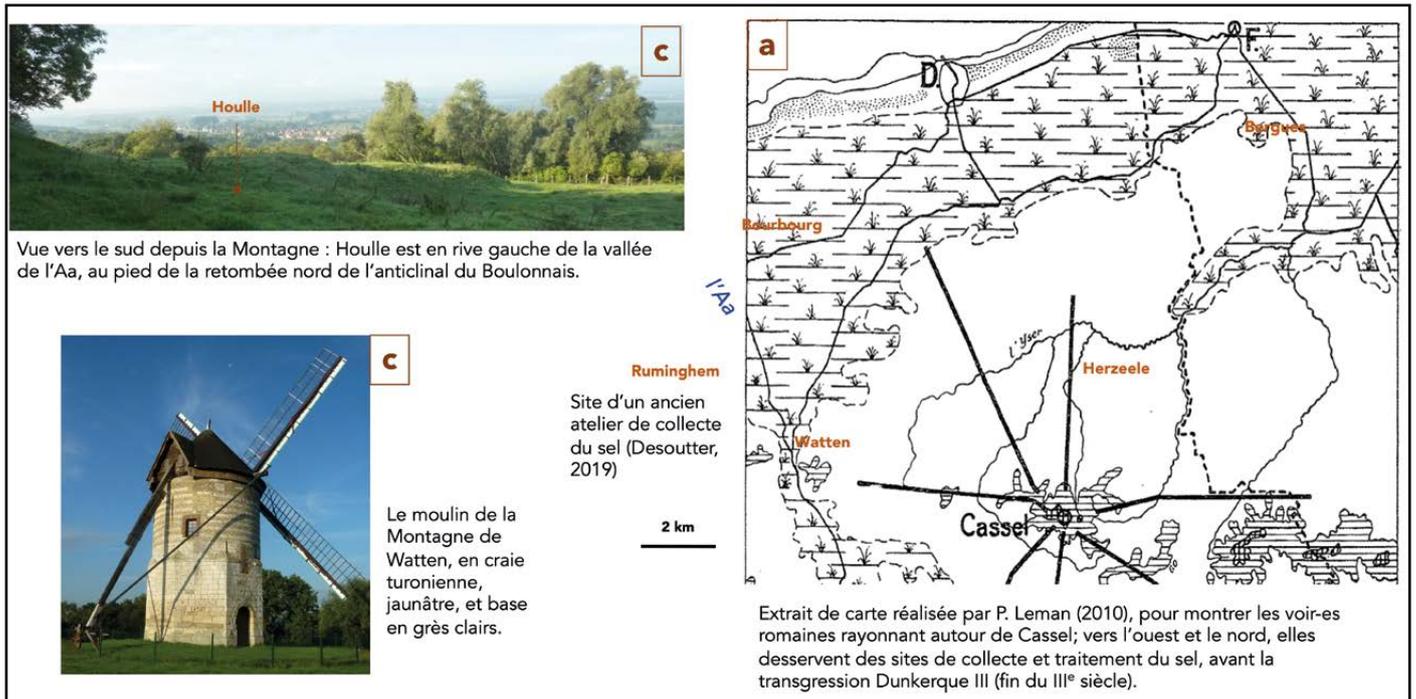


Fig. 15 – La Montagne de Watten.
Fig. 15 – Watten Mountain.

Flandres jalonnent le front progradant de corps sableux dans une mer peu profonde, largement ouverte vers le nord durant le Priabonien (Eocène terminal, entre 37,8 et 33,9 millions d'années). A faible profondeur, ils auraient fixé le fer lessivé sur le continent sous climat tropical (Ramstein, 2015), qui a ainsi précipité dans leur porosité. Cette ligne de paléorivage est oblique sur l'anticlinal du Boulonnais – Weald qu'elle rejoint dans le secteur de Watten (Fig. 16). La surrection de l'anticlinal débutait à cette époque, amenant à l'air libre les dépôts récents thanétiens et yprésiens. Aujourd'hui, la lecture du paysage en surface est rendue difficile car des limons périglaciaires et des instabilités gravitaires ont affecté le flanc de l'anticlinal et empâté une morphologie sans doute plus contrastée (Sommé, 1977).

Avec un superbe panorama vers le nord, l'ouest et le sud, que masquent de plus en plus les arbres, ce site ne pouvait être autre chose qu'un point stratégique au cours de l'Histoire et pas seulement militaire. La *Montagne* accueillit d'abord un prieuré, puis un monastère, dont les occupants ont été témoins de la poldérisation croissante à partir du XI^e siècle. La construction d'un moulin à vent était aussi une évidence. Le XIX^e siècle a vu le développement de carrières exploitant l'Argile des Flandres pour une tuilerie. Une cité ouvrière de Watten témoigne encore de ce passé, arrêté depuis la fin des années 1980. Et la Seconde Guerre Mondiale a fait de ce sommet et du reste du bâtiment abbatial, un observatoire complémentaire du système installé en Forêt d'Eperlecques (sur l'autre rive de l'Aa) et de la base d'Helfaut, site aujourd'hui touristique dit de *La Coupole*.

La Montagne de Watten est un site qui mériterait d'accueillir un véritable observatoire de la plaine maritime.

CONCLUSION

Le territoire qui est aujourd'hui appelé Pays des Wateringues est le fruit d'un delta fluvial, celui de l'Aa, établi au-devant du flanc redressé (nord) de l'anticlinal dissymétrique du Boulonnais (Fig. 16), dont la craie souligne la présence par un crêt en France et en Angleterre.

Durant les épisodes glaciaires durant lesquelles une calotte continue entre les Îles Britanniques et la Scandinavie bloquait l'évacuation vers l'Atlantique nord des eaux fluviales de l'Europe du nord, un lac s'accumulait jusqu'à ce que son niveau atteigne la crête de l'anticlinal du Weald-Boulonnais. L'évacuation qui s'est alors mise en place a incisé une cluse en travers de cet anticlinal. Les travaux nécessaires au Lien TransManche ont donné l'occasion d'étudier les Fosses Dangeard, une structure en bassines creusées dans les terrains du Crétacé supérieur mais emplies de sédiments quaternaires. Un accord est maintenant établi pour y reconnaître des points de chutes d'eau de vidange du lac proglaciaire. Ce mécanisme a fonctionné deux fois, alimentant le Fleuve Manche, vers 450 000 et 160 000 ans. La connexion entre l'Atlantique et la Mer du Nord par la Manche engendre des courants qui reprennent les deltas fluviaux, dont celui de l'Aa. Les plaines côtières de Flandre et du Marquenterre en sont les enregistrements. La dynamique en cours du réchauffement climatique, en interactions fortes avec les activités anthropiques, est accélérée depuis 300 ans. Elle conduit à

un ensablement inéluctable du trait de côte, modulé par les variations météorologiques locales. Il est impossible d'évaluer la durée durant laquelle la montée marine va se poursuivre, et encore moins son intensité.

Fig. 16 – Le delta de l'Aa, vu depuis le nord-ouest. Image fournie par l'AGUR.

Fig. 16 – The Aa delta, seen from the northwest. Image provided by AGUR.



Remerciements : Ce travail est collectif, à la convergence d'actions différentes par leur finalité : recherche pour améliorer la compréhension de la géologie régionale, traduction de ces recherches pour des accès scolaire, pour les gestionnaires territoriaux et tout public. Les auteurs remercient l'UTL, et en particulier François Buguel pour avoir stimulé ce travail (conférence, visite de terrain). Ce qui a permis d'ouvrir une coopération fructueuse avec l'AGUR, en particulier Xavier Chelkowski, et avec l'IIW par l'intermédiaire de son directeur, Philippe Parent. Outre les signataires, de nombreux adhérents SGN – notamment les membres du Groupe Médiation - ont contribué à lire et relire des passages, à apporter des précisions, à suggérer des liens et d'autres sites où développer une approche territoriale intégrée analogue.