

TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES *EN ET SUR* L'ARCHITECTURE [LBARC2200]

DECLARATION DE DEONTOLOGIE à intégrer aux documents du TFÉ

Considérant que le plagiat est une faute inacceptable sur les plans juridique, éthique et intellectuel ;

Reconnaissant que le Règlement Général des Etudes et Examens de l'UCLouvain précise la notion de plagiat et décrit les procédures et sanctions liées à sa pratique : <https://uclouvain.be/fr/etudier/reglement-general-des-etudes-et-des-examens.html>

Notant que les étudiant-e-s sont sensibilisé-e-s aux questions d'intégrité intellectuelle durant leur parcours académique et que le site web de l'UCLouvain met à disposition des ressources spécifiques sur le sujet : <https://uclouvain.be/fr/etudier/lutter-contre-le-plagiat.html>

Je déclare sur l'honneur que ce travail de fin d'étude a été écrit et dessiné de ma plume, sans avoir sollicité d'aide extérieure illicite, qu'il n'est pas la reprise d'un travail présenté dans une autre institution pour évaluation, et qu'il n'a jamais été publié, en tout ou en partie. Toutes les informations (dessins, maquettes, idées, phrases, graphes, tableaux, ...) empruntées ou faisant référence à des sources primaires ou secondaires sont référencées adéquatement selon la méthode universitaire en vigueur.

Notant qu'un travail universitaire est le fait d'une production personnelle, réflexive et critique, je déclare en outre avoir fait l'usage suivant des outils d'intelligence artificielle de type agent conversationnel et/ou de production graphique :

	Oui	Non
J'ai utilisé l'IA	X	
J'ai utilisé l'IA pour produire/retravailler des images, auquel cas une mention explicite est indiquée en légende desdites images ;		X
J'ai utilisé l'IA pour retravailler/traduire mon texte, auquel cas une mention explicite est indiquée en préambule ;		X
J'ai utilisé l'IA pour récolter/compiler des données, auquel cas une mention explicite des requêtes formulées et des réponses reçues de l'IA est indiquée dans la section présentant la méthode de recherche ;		X
J'ai utilisé l'IA pour synthétiser/analyser de l'information, auquel cas la réponse produite par l'IA est utilisée comme source secondaire faisant l'objet d'une analyse critique personnelle explicite, impliquant que je reconnais comme miens les éléments présentés dans le travail et prends toute responsabilité à leur égard.	X	

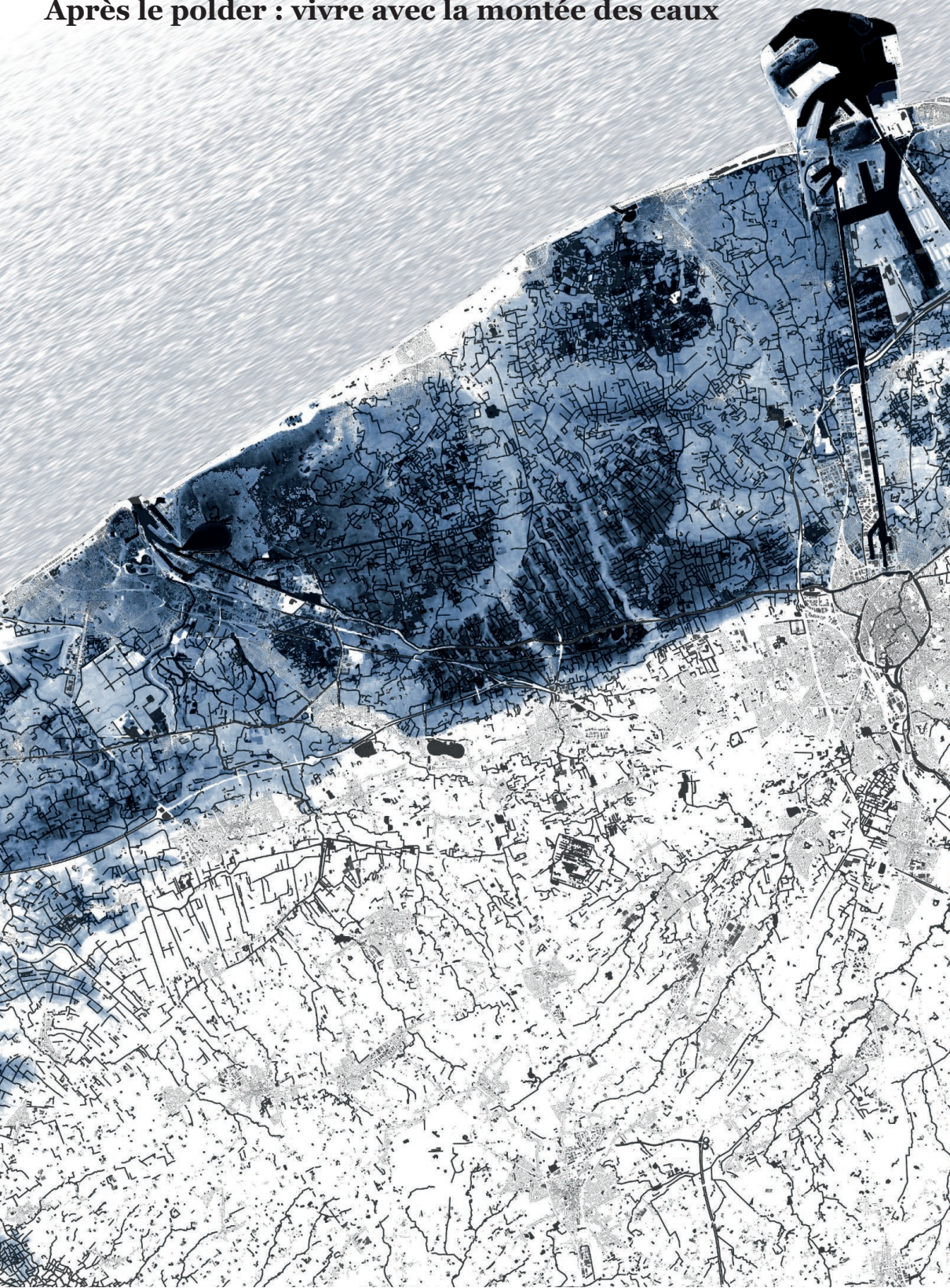
Fait à Bruxelles

Le 01/06/2026

Signature de l'étudiant-e



Après le polder : vivre avec la montée des eaux



Marine Vray

**L'OudlandPolder : De la maîtrise à la
coexistence avec l'eau face aux risques liés à la
montée du niveau de la mer**

Marine Vray

Université Catholique de Louvain
Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme
(Site de Bruxelles)

LARCB2295 Atelier en et sur l'architecture :
Territorialité

Travail de fin d'étude de
Marine Vray

Co-promoteurs
Chiara Cavalieri
Pietro Manaresi

Experte
Alessia Calò

Université Catholique de Louvain
Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme
(Site de Bruxelles)

Remerciements

Je remercie l'ensemble des personnes qui m'ont accompagnée tout au long de l'élaboration de ce travail de fin d'études, grâce auquel j'ai pu analyser un territoire fascinant, et aujourd'hui particulièrement exposé aux défis environnementaux contemporains :

Les professeurs de l'atelier « Territoire » : Chiara Cavaliere, Pietro Manaresi, Basil Descheemaeker, et Pierre Burquel, pour leur suivi continu, leurs conseils et échanges fructueux;

L'experte Alessia Calò pour sa disponibilité, son enthousiasme et ses précieux apports;

Mes amis de master, avec qui j'ai partagé de nombreux moments d'entraide et de soutien mutuel;

Et enfin, ma famille et amis, qui m'ont soutenue depuis la première année universitaire jusqu'à la rédaction de ce travail de fin d'études.

Marine Vray

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	11
1.1 Le changement climatique, et la montée des eaux	
1.1.1 Le réchauffement climatique	
1.1.2 Ses conséquences	
1.1.3 L'élévation du niveau de la mer, un risque inévitable et irréversible	
1.1.4 Les limites des mesures actuelles dans un monde plus chaud	
2. PRÉSENTATION DU TERRITOIRE D'ANALYSE	17
2.1 Un polder : définition	
2.1.1 Exemples de projets de dépolderisation	
2.2 Histoire et modification de la côte belge	
2.3 Systèmes de protection côtière	
2.3.1 Une barrière naturelle : les dunes	
2.3.2 Une barrière artificielle : les digues	
2.3.3 Le «Masterplan Kustveiligheid»	
2.4 L'OudlandPolder	
2.4.1 Les risques présents dans l'OudlandPolder	
3. MÉTHODOLOGIE	45
3.1 L'analyse	
3.2 Le projet	
4. COLLECTE ET ORGANISATION DES DONNÉES	49
4.1 L'inversion topographique du territoire	
4.2 État de l'Art	
4.3 Le fonctionnement hydraulique de l'OudlandPolder	
4.3.1 Les limites du fonctionnement des ouvrages hydrauliques	
5. PROJET	81
5.1 Modification de la machine hydraulique, pour un territoire résilient	
5.1.1 La nature	
5.2 Nouvelles fonctions pour les zones de drainages	
- Premier lieu exemplaire : la pompe De Katte	

5.3 Village de Stalhille : exemple d'une nouvelle agriculture liée à l'eau

5.4 : Troisième lieu exemplaire : les dunes

6.CONCLUSION **117**

7.BIBLIOGRAPHIE **121**

8.ICONOGRAPHIE **126**



1. INTRODUCTION

1.1 Le changement climatique, et la montée des eaux

Aujourd'hui, les crues se multiplient à l'échelle mondiale. Elles résultent de la combinaison de plusieurs facteurs, notamment l'élévation du niveau de la mer et l'intensification des précipitations, souvent liées à de fortes tempêtes favorisées par le changement climatique.

En Europe occidentale, nous venons de connaître plusieurs tempêtes catastrophiques. On pourrait citer les tempêtes Alex et Bella en 2020, Elsa en 2021, ou encore Ciaràn en 2023.

Ces évènements cataclysmiques sont trop souvent sous-estimés, ceci entraînant un manque de moyens financiers adaptés, auquel s'ajoute la construction irraisonnable d'habitations en zones inondables.

Sur la côte Belge notamment, la priorité a été donnée au tourisme, à des constructions d'immeubles de plus en plus conséquentes, et parfois en zone inondables. La coopération avec la nature a été oubliée et nous devons maintenant faire face aux risques qu'elle peut engendrer.

Fig. 1.1 : Barres d'immeubles à Blankenberge - témoins du tourisme de masse

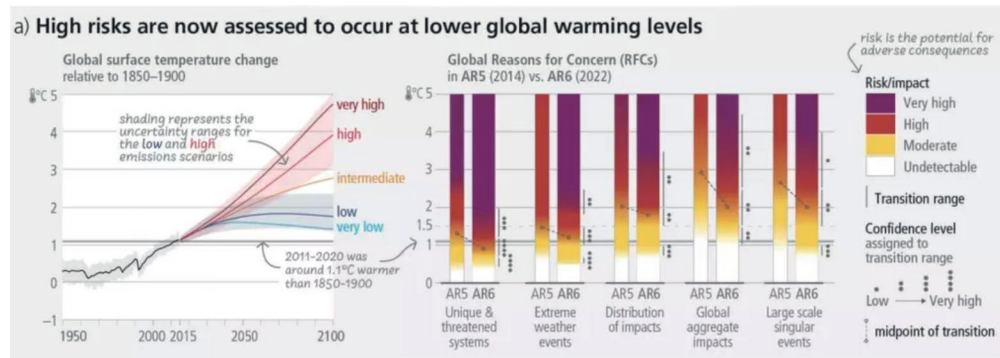


Fig. 1.2 : Évolution des risques climatiques en fonction du réchauffement global (SPF Santé publique, 2023)

1.1.1 Le réchauffement climatique

D'après le 6ème rapport du GIEC de 2023, les activités humaines et les émissions de gaz à effet de serre ont fait augmenter la température moyenne de la surface de la Terre d'environ 1,1 °C depuis 1900. La quantité de ces gaz dans le monde continue de monter : elle a atteint 410 ppm (parties par million) en 2019, un niveau jamais observé depuis au moins deux millions d'années. (SPF Santé publique, 2023)

Si les mesures prises contre le réchauffement climatique ne sont pas améliorées, il est estimé que le réchauffement climatique d'ici 2100 atteindra 3,2 °C. L'objectif est de le limiter à 1,5 °C, mais à condition que des mesures immédiates soient mises en place au cours des 10 prochaines années.

1.1.2 Ses conséquences

Le réchauffement climatique va induire des risques de plus en plus fréquents et complexes à gérer ; tels que les vagues de chaleur et sécheresses, ou encore l'élévation du niveau de la mer qui atteindra des niveaux extrêmes au moins une fois par an (qui se produisent actuellement une fois tous les 100 ans).

Il y aura davantage de décès et de problèmes de santé à cause de la chaleur, ainsi que des troubles liés à la santé mentale.

Les villes côtières et les zones basses risquent d'être inondées. Une partie de la biodiversité va disparaître, et la production alimentaire pourrait diminuer dans certaines régions. À tout ceci s'ajoute des pluies de forte intensité de plus en plus fréquentes, qui dans certains cas peuvent entraîner des inondations pluviales. (SPF Santé publique, 2023)

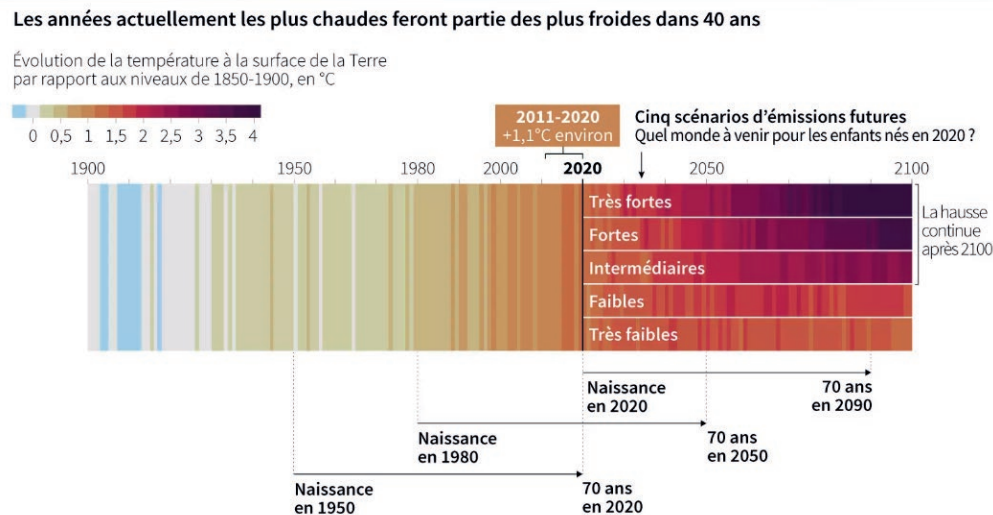


Fig. 1.3 : Évolution de la température à la surface de la Terre de 1900 à 2100 selon différents scénarios climatiques (SPF Santé publique, 2023)

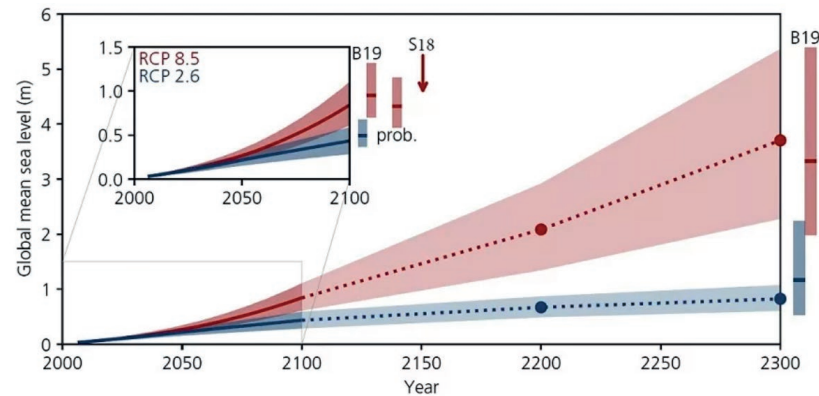


Fig. 1.4: Projection de l'élévation du niveau de la mer d'ici 2300 (SHOM, 2022)

1.1.3 L'élévation du niveau de la mer, un risque inévitable et irréversible

Au cours des prochains millénaires ou siècles, l'élévation du niveau de la mer est inévitable, et continuera à augmenter pendant des milliers d'années. Dans le meilleur des cas, c'est-à-dire si le réchauffement climatique est maintenu à 1,5 °C, le niveau mondial des mers et océans augmentera tout de même de 2 à 3 mètres pendant les 2000 prochaines années. L'élévation pourrait être de 2 à 6m si le réchauffement est limité à 2 °C, et s'il est entre 2 °C et 3 °C, les calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique occidental fondront, et donc le niveau des mers augmentera de plusieurs mètres.(SHOM, 2022)

1.1.4 Les limites des mesures actuelles dans un monde plus chaud

Les différentes mesures réalisables faisant face au réchauffement et donc à la montée du niveau des eaux vont rapidement devenir limitées. Si le réchauffement dépasse 1,5 °C, les petites îles et régions dépendant de la fonte des glaciers et de la neige n'auront pratiquement plus d'eau douce. (SHOM, 2022)

2. PRÉSENTATION DU TERRITOIRE D'ANALYSE

2.1 Un polder : définition

Le polder est un « espace clos, conquis sur les eaux au moyen d'endigues, puis asséché par le drainage à des fins traditionnellement agricoles. [...] un polder – puisqu'il peut se voir envahi par les eaux marines – n'a donc pas vu sa surface rehaussée par le remblaiement, à la différence des terre-pleins industriels japonais conquis sur la mer et improprement appelés « polders industriels » ». (Goeldner-Gianella et Verger, 2009)

Le drainage des polders est assuré par de nombreux canaux artificiels, récupérant l'eau excédentaire pour la rejeter dans d'autres canaux plus haut, qui eux évacuent l'eau vers la mer par gravitation. Si de l'eau ne peut pas s'évacuer naturellement par gravitation, alors des systèmes de pompage sont utilisés pour rejeter l'eau dans les canaux plus hauts, ce qui est souvent le cas dans un polder en raison de sa basse altitude et topographie plate.

Dès le Moyen-Âge, les Pays-Bas sont les pionniers de la poldérisation, qui est un phénomène ancien en Europe. Ils ont su gagner 190 000 hectares sur la mer entre 1200 et 1665. Les systèmes de pompage de l'eau, expliqué plus haut, a d'abord été réalisé avec des moulins à vent, qui sont typiques du paysage des Pays-Bas. (Bouron, 2023)

Peu après, la Belgique a aussi pratiqué la poldérisation en Flandre, mais également la France sur ses littoraux à marais maritimes, jusqu'au XX^{ème} siècle.



Fig. 2.1 : Canal de Blankberge et l'ancien moulin de pompage de Meetkerke



Fig. 2.2 : Projet de dépolderisation des polders Hedwige et Prosper (SigmaPlan, s.d.)



Fig. 2.3 : Projet de dépolderisation le long de la rivière Nijmegen (H+N+S Landscape Architects, s.d.)

2.1.1 Exemples de projets de dépolderisation

Aujourd'hui, un aménagement humain inverse existe : la dépolderisation. Celui-ci consiste à réouvrir un polder aux intrusions marines, pour préserver les alentours des inondations en contrôlant cette terre dépolderisée, et afin de restaurer une biodiversité locale.

Un projet notable de dépolderisation est celui du « Hedwige et Prosperpolder », réalisé dans le cadre du Plan Sigma. Celui-ci est dirigé par De Vlaamse Waterweg nv et l'Agence Flamande pour la Nature et les Forêts, et vise à protéger la Flandre des inondations sur l'Escaut et ses affluents, tout en valorisant la biodiversité et le patrimoine fluvial. Son but est également de concevoir des loisirs sur et au bord de l'eau, et de permettre la navigation intérieure d'accéder au fleuve. Ce projet a reconnecté deux polders à l'Escaut, en les dépolderisant. Ces polders sont le Hedwigepolder situé aux Pays-Bas et le Prosperpolder en Flandre. Ceci a permis de reconnecter la zone frontalière à l'Escaut occidental, et donc au fleuve de s'agrandir. Par cette action, la région est alors protégée des inondations. (SigmaPlan, s.d.)

Un deuxième projet remarquable est « De la place pour la rivière Nijmegen » et fait partie du programme néerlandais « Room for the river ». Celui-ci a pour but d'agrandir l'espace disponible pour les crues, souvent en élargissant le bras d'un fleuve ; afin de protéger les terres alentours des inondations. Le projet à Nijmegen, dont la rivière porte le même nom, est le plus complexe de ce programme. Ils ont créé un canal de dérivation avec des prises d'eau, qui permet l'évacuation des eaux lors de grandes crues. Il y a également eu une prolongation des digues et une restauration de la nature, et la construction de trois ponts pour desservir la zone de l'autre côté du canal de dérivation. L'aménagement paysager a été élaboré par le cabinet d'architectes paysagistes H+N+S. (H+N+S Landscape Architects, s.d.)

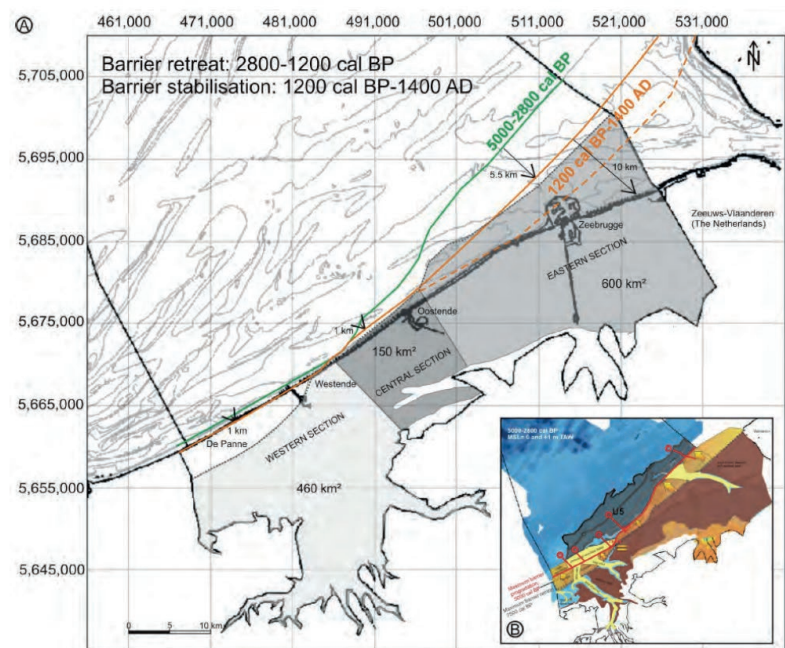


Fig. 2.4 : Représentation du recul du littoral entre 2 800 et 1 200 ans et entre 1 200 et 600 ans (1400 apr. J.-C.) (Paulissen, et al., 2014, p.7)

2.2 Histoire et modification de la côte Belge

Les vagues provoquées par les tempêtes de plus en plus fréquentes sont la cause de l'érosion de la côte et donc du recul du littoral. Durant les derniers millénaires, ces variations du niveau de la mer n'ont cessé de modifier le trait de côte belge, mais ce phénomène augmente avec le changement climatique. (Paulissen, et al., 2014, p.22)

Il y a environ 5000 ans, la côte s'est stabilisée, formant un cordon dunaire et une vaste étendue de tourbe à l'emplacement des polders actuels. Cette stabilité a pris fin il y a 2800 ans : l'avant-plage s'est érodée, le littoral a reculé et les dunes ont migré vers l'intérieur des terres. Cette évolution s'explique notamment par une demande accrue en sédiments, liée à l'abaissement des sols de l'arrière-pays, lui-même provoqué par une augmentation des précipitations et des phénomènes de ruissellement plus intenses. Ces processus ont entraîné la formation de chenaux dans les tourbières, ainsi que le tassement de ces dernières. (Architecture Workroom Brussels, et al., 2014, p.6)

À partir du Moyen- Âge, l'action humaine a profondément transformé la côte et l'arrière-pays, à travers le drainage, la dégradation du complexe dunaire et la construction de digues.

Avec la poldérisation et l'exploitation de la tourbe, le paysage s'est progressivement inversé : des crêtes de ruisseaux se sont retrouvées en position plus élevée, entourées de terres plus basses saturées en eau douce. Par la suite, l'eau de mer a pénétré les sous-sols. En figeant la dynamique naturelle du littoral, la poldérisation a toutefois permis l'installation de l'habitat et le développement de l'agriculture sur ces terres devenues exploitables. (Architecture Workroom Brussels, et al., 2014, p.7)



Fig. 2.5 : La côte flamande à la Préhistoire (Paulissen, et al., 2014, p.26)

Légende :

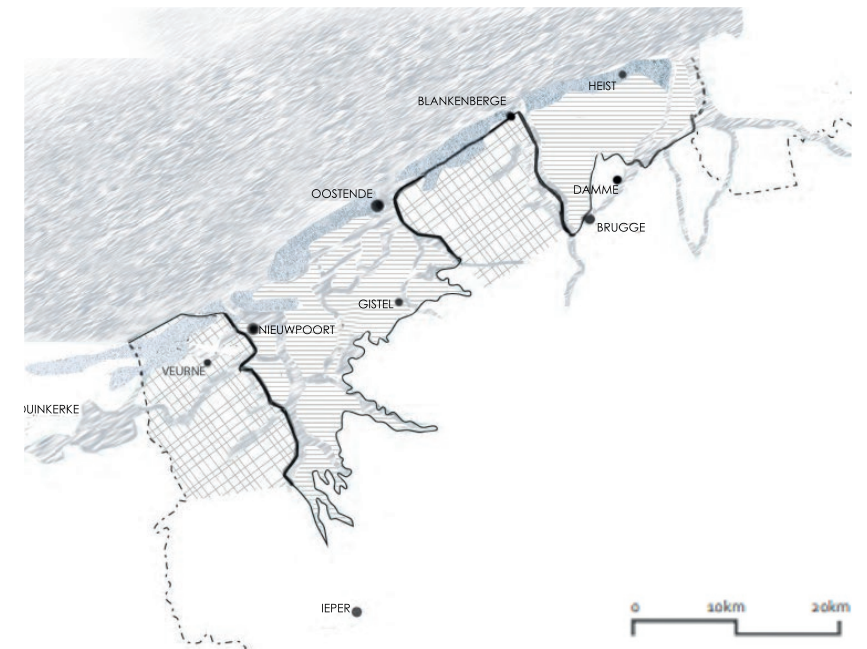
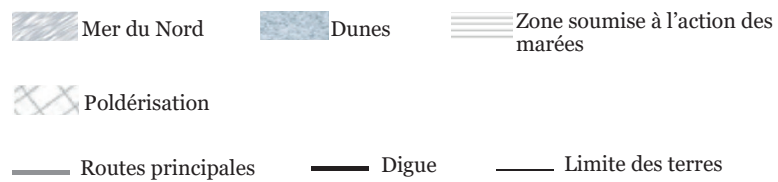


Fig. 2.6: La côte flamande au début du Moyen-Âge : première phase de poldérisation (Paulissen, et al., 2014, p.44)

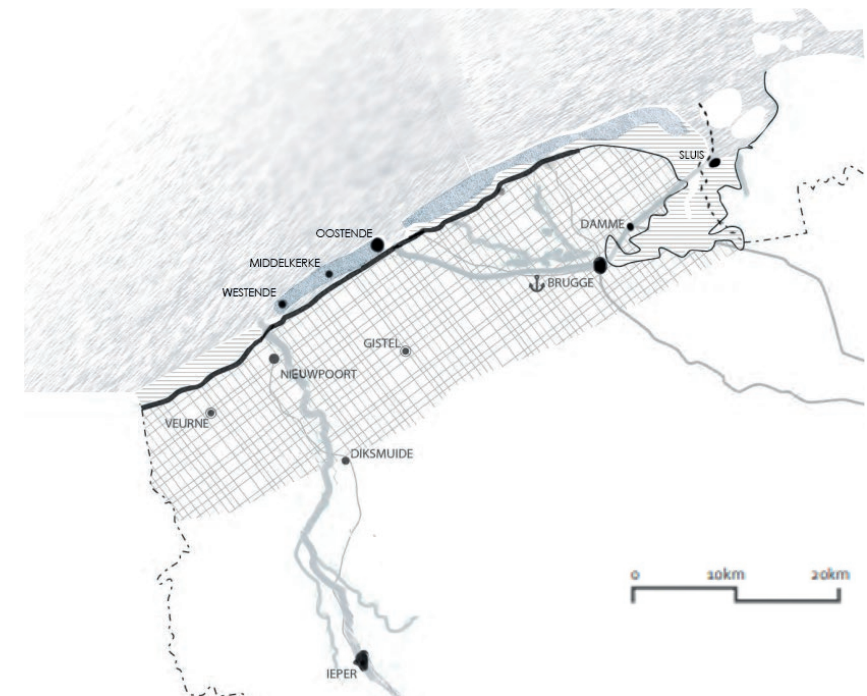


Fig. 2.7: La côte flamande à la fin du Moyen-Âge (Paulissen, et al., 2014, p.50)

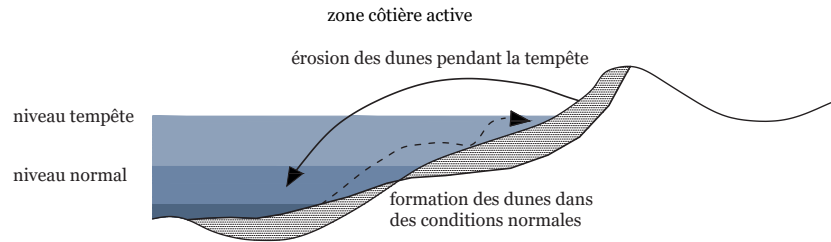


Fig. 2.8: Schéma d'érosion d'une dune pendant une tempête et de sa reconstitution en période calme (Architecture Workroom Brussels, et al., 2014, p.11)

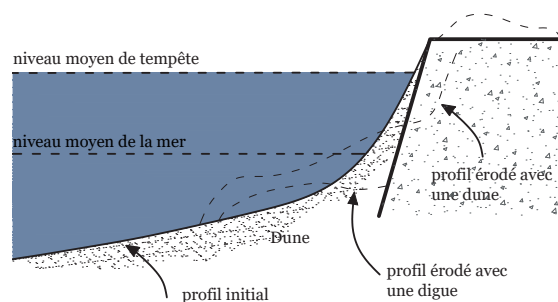
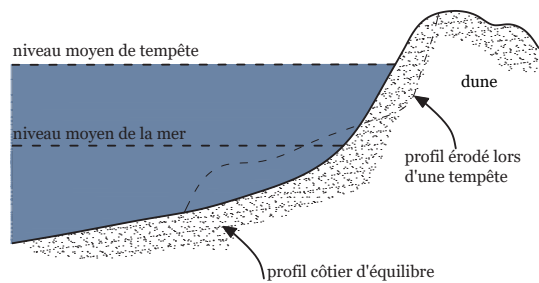


Fig. 2.9: Schéma comparatif du profil d'érosion modifié par une tempête, sur une dune et sur une digue (Architecture Workroom Brussels, et al., 2014, p.11)

2.3 Systèmes de protection côtière

2.3.1 Une barrière naturelle : les dunes

La côte du littoral flamand est bordée d'un long cordon dunaire. Il est à la fois une réserve de sable et une barrière naturelle entre la mer et l'arrière-pays. Contrairement à des ouvrages fixes comme les digues, elles bougent, s'érodent et se reconstituent selon les vents et tempêtes. Pendant les événements extrêmes, elles absorbent une partie de l'énergie des vagues en cédant du sable, limitant ainsi l'impact direct sur l'arrière-pays. En période calme, ce sable est petit à petit redéposé, permettant aux dunes de se reformer (Architecture Workroom Brussels, et al., 2014, p.10)

Mais les dunes sont aussi d'importants réservoirs d'eau douce; en raison de la grande perméabilité du sable. L'eau de pluie peut donc s'infiltrer et s'accumuler en profondeur, formant une lentille d'eau douce au-dessus de l'eau salée. Ce stockage sous-terrain permet d'alimenter les milieux humides et à maintenir un équilibre hydrique dans les zones côtières.

Il faut également noter que le cordon dunaire a été fortement endommagé en raison du tourisme, qui a entraîné une forte urbanisation sur la côte, ou encore des systèmes de protection « durs » tels que les digues ou les embouchures de ports, qui interrompent la continuité dunaire.

2.3.2 Une barrière artificielle : les digues

Des digues et des brises-lames ont été construits le long de la côte belge, afin de limiter les destructions dues aux tempêtes et marées, provoquant l'érosion côtière. Mais ce système devient vite limité ; il y a déjà et aura des problèmes à plus long terme. En effet, ils ne contribuent pas, au contraire des dunes, à recharger la côte en sédiments ; une problématique majeure sur le littoral (=l'érosion). Lors des tempêtes, la plage sèche située au pied d'une digue subit une érosion importante, sans possibilité de se reconstituer en sable, contrairement au fonctionnement d'un système dunaire. Avec une dune, les échanges de sable permettent d'amortir l'énergie des vagues, notamment lorsque celles-ci se retirent. En revanche, face à une digue, les vagues ont une plus grande force d'impact, ce qui fragilise l'ouvrage. Ce phénomène entretient l'érosion et conduit, à terme, à la disparition progressive de la plage. (Architecture Workroom Brussels, et al., 2014, p.10)



Fig. 2.10 : Dunes à Blankenberge



Fig. 2.11: Délimitation des dunes et des polders de Flandre



2.3.3 Le «Masterplan Kustveiligheid»

Le Masterplan Kustveiligheid (le plan directeur pour la sécurité côtière) actuellement en cours d'élaboration, a pour but d'assurer la protection du littoral à l'horizon 2050. Il prend comme référence une tempête exceptionnelle, susceptible de se produire environ une fois tous les 1000 ans, combinée à une élévation du niveau de la mer estimée à 30cm d'ici cette échéance. (Architecture Workroom Brussels, et al., 2014, p.10)

Etant donné que les digues rigides accentuent l'érosion de la côte, les enjeux de sécurité du Masterplan sont alors principalement concentrés sur ces zones. Les tronçons de côte ouverts, quant à eux, sont sensibles à la montée du niveau marin et à l'intensification des vagues lors des tempêtes. Pour résoudre ces problèmes, des mesures telles que le rechargement des plages en sable et le rehaussement des digues sont mises en place.

Les zones d'embouchure, qui sont les ports, canaux et fleuves, présentent des contraintes spécifiques, surtout en raison de la hausse du niveau de l'eau. Dans ces secteurs, les quais et digues sont donc maintenus à une hauteur adaptée.

(Architecture Workroom Brussels, et al., 2014, p.12)



Fig. 2.13: Digue à Blankenberge

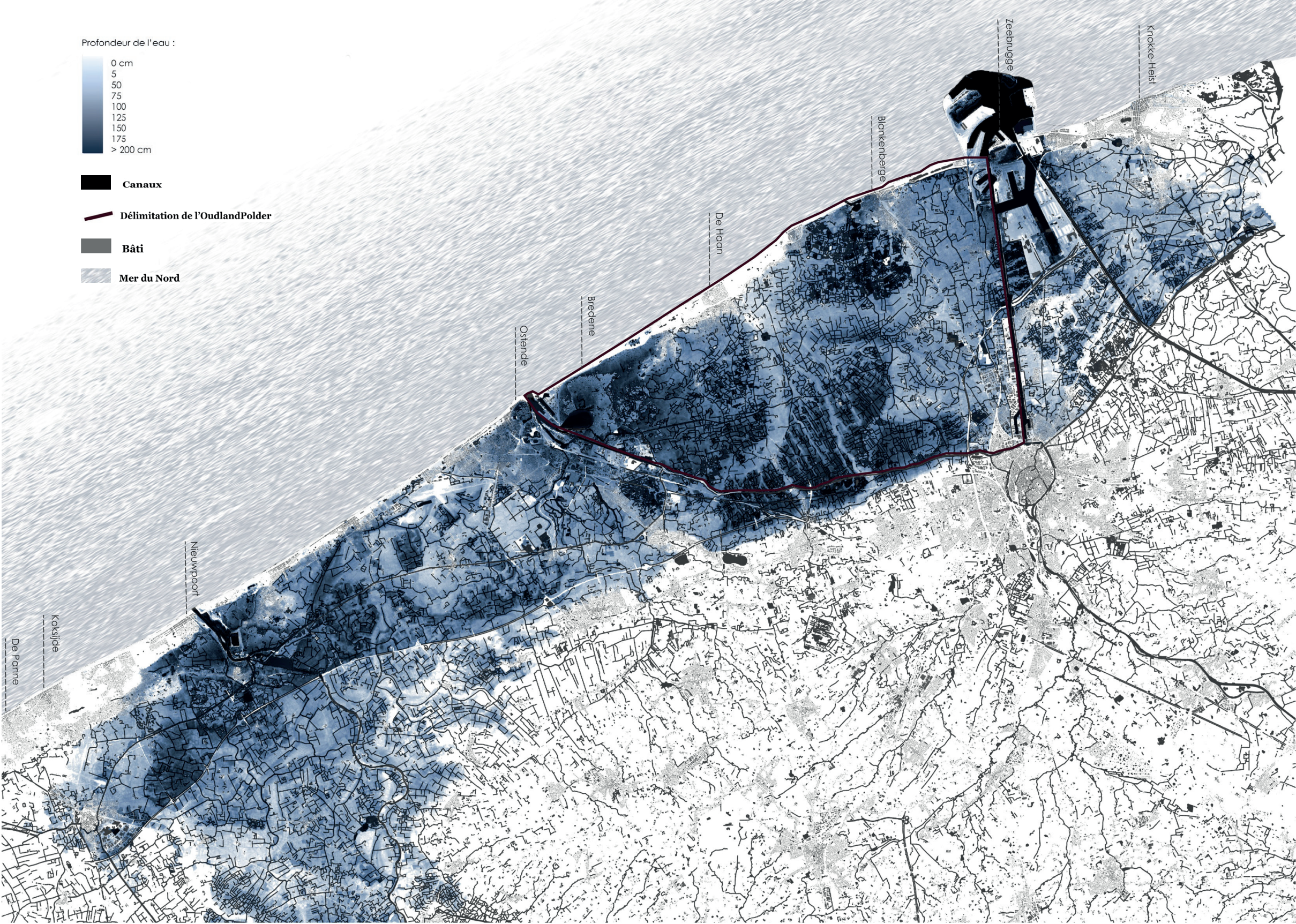


Fig. 2.14: Effets et impacts d'une tempête extrême (T1000) d'ici 2050-2100, sur la côte belge : profondeur de l'eau

2.4 L'OudlandPolder

En néerlandais, « Oudland » signifie « ancien terrain » ou « terroir ancestral ». En effet, l'OudlandPolder est une des premières zones qui ont été poldérisées en Belgique, au début du Moyen-Age. Elle est située entre Zeebrugge et Bredene, et délimitée par les canaux Gand-Ostende, Roi Baudoin et par le trait de côte.

Du fait de son ancienneté, de grands défis en matière de gestion de l'eau ont été déterminés, et des études sont menées pour une meilleure gestion hydraulique, notamment pour préserver les terres face au changement climatique. Plusieurs acteurs oeuvrent pour ces objectifs. On peut citer le Vlaamse milieumaatschappij (L'agence Flamande pour l'environnement) et De Vlaamse Waterweg (La Voie navigable Flamande), qui s'occupent de la gestion de l'eau comprenant les canaux, les niveaux d'eau, stations de pompage et l'entretien des digues locales. Il y a également des agences environnementales ou ONG telles que Natuurpunt ou WWF qui gèrent la surveillance de la qualité de l'eau et la protection des écosystèmes.

D'autres acteurs majeurs sont les agriculteurs, qui coopèrent avec les niveaux d'eau cibles ; ou encore la province de la Flandre Occidentale, qui coordonne les communes et gère certains cours d'eau secondaires. (Wolfs et al., 2023)

Au Moyen-Âge, entre 1000 et 1300, les premières digues construites, dont la « Blankebergse Dijk » , sont perpendiculaires à la côte pour protéger les terres des inondations provenant des larges chenaux. C'est à la fin du Moyen-Age, entre 1300 et 1500, que les digues parallèles au littoral sont contruites (Paulissen, et al., 2014, p.40).



Fig. 2.15: Oudlandpolder : l'Uitkerke polder

2.4.2 Les risques présents dans l'OudlandPolder

Plusieurs risques dans l'OudlandPolder sont basés sur le scénario W+ de l'étude CLIMAR, qui porte sur les « impacts du changement climatique sur la zone côtière belge ». Le scénario W+ (Warm+) est l'un des scénarios climatiques prospectifs utilisés pour évaluer les risques, notamment pour les polders côtiers. » (Van den Eynde et al., 2011)

Ce scénario prend en compte une augmentation de la température et des précipitations ; entraînant des hivers plus humides et des étés plus secs. Des défis tels que le stockage d'eau douce en raison de la pénurie d'eau en été et la gestion de l'excédent d'eau en hiver suite aux tempêtes seront à relever. (Architecture Workroom Brussels, et al., 2014, p.20)

Il est prouvé que face à des augmentations du niveau de la mer de 93 cm environ et des ondes de tempête de 130cm d'ici 2100, des réajustements sont certes nécessaires dans la zone côtière, mais surtout dans le système de drainage des polders côtiers. (Architecture Workroom Brussels, et al., 2014, p.20)

Plusieurs risques importants dans l'OudlandPolder sont à relever, tels que l'érosion déjà présentée plus haut, la salinisation des eaux souterraines, les inondations pluviales et la sécheresse ; qui s'additionnent à la montée du niveau de la mer.

Les risques de sécheresse sont dus à une évaporation de l'eau plus importante, et à une diminution de précipitations estivales. Si la sécheresse perdure, le niveau des rivières en été continuera d'être bas, il y aura de moins en moins d'eau potable et la nappe phréatique se détériorera davantage. Des pénuries d'eau en Flandre sont déjà arrivées, durant les étés 2018 et 2019 par exemple. La sécheresse est un problème majoritairement pour l'agriculture, la faune et la flore.

Mais de la sécheresse découle une autre problématique : la salinisation. Le manque d'eau douce dans les polders entraîne la salinisation des eaux souterraines, et celles-ci remontent et se déversent dans les eaux de surface. La salinisation est l'« augmentation de la teneur en sels d'un sol, d'une eau douce de surface ou souterraine. Elle altère la qualité de l'eau et peut rendre le sol impropre à la culture. » (Larousse, s.d.).

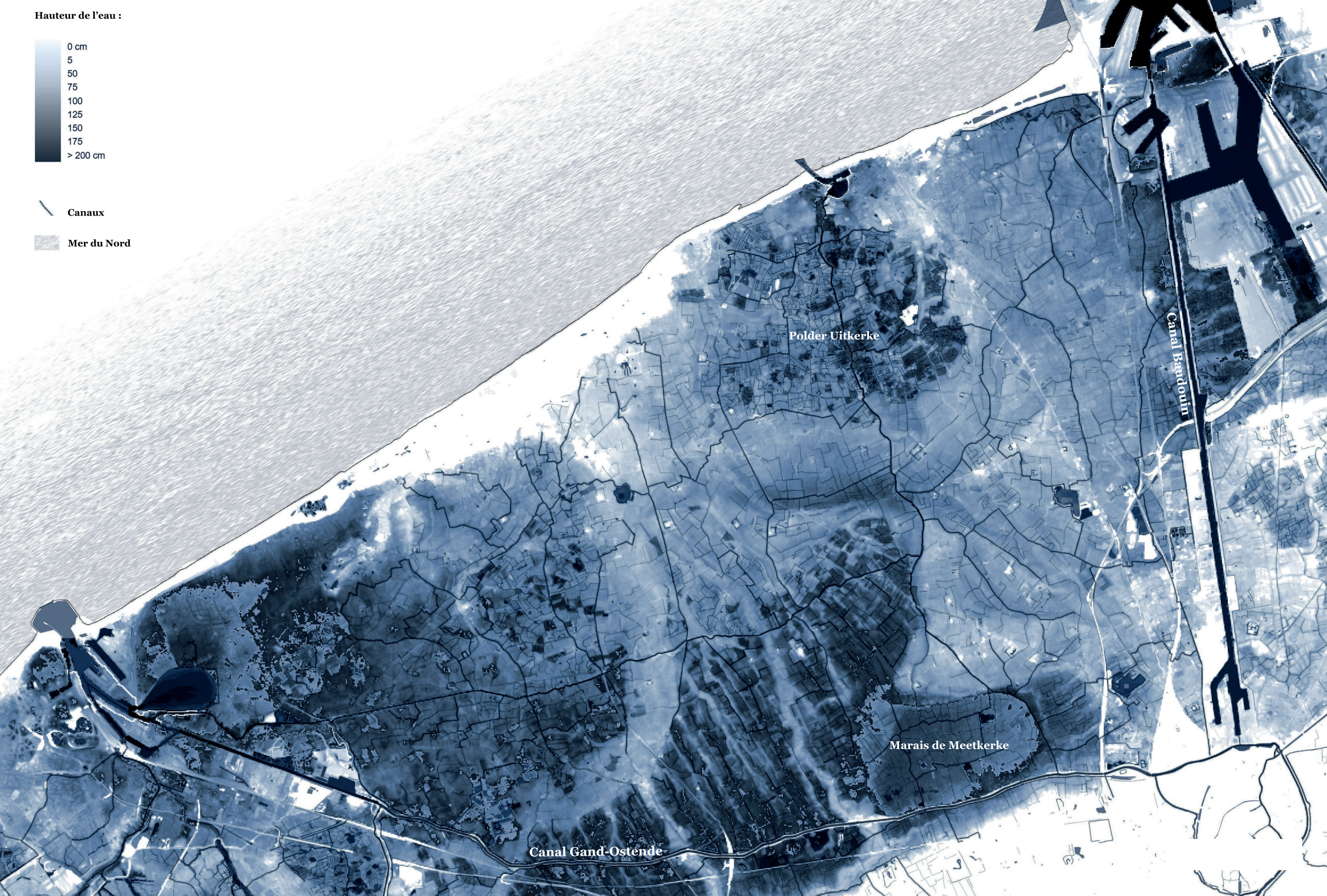


Fig. 2.16: Effets et impacts d'une tempête extrême (T1000) d'ici 2050-2100, dans l'Oudlandpolder

La salinisation est d'autant plus problématique dans les parties les plus basses de l'Oudlandpolder, qui sont les marais de Meetkerke et l'Uitkerkse polder. En effet, en raison de leur basse altitude, la frontière entre l'eau salée et l'eau douce est seulement à une profondeur maximale de deux mètres. De l'eau salée est présente en raison d'anciennes intrusions marines qui ont pénétré les sols. Avec le niveau de la mer qui s'élève, les tempêtes et la baisse des nappes phréatiques (d'eau douce), l'eau salée exercera une plus grande pression, ce qui augmentera les intrusions salines sous les polders. La pratique de l'agriculture dans ces polders en zones basses est alors de plus en plus compliquée, et la salinisation crée des milieux particuliers pour la nature. Et selon le scénario W+, la pénurie d'eau douce aura de fortes chances de se produire durant les périodes de sécheresse estivales qui seront récurrentes et plus intenses. (Architecture Workroom Brussels, et al., 2014, p.22)

« Les inondations pluviales se produisent lorsque des pluies intenses en peu de temps sont suivies d'inondations. Ce type d'inondation est particulièrement problématique dans les zones urbaines, car les systèmes de canalisations ne peuvent pas être dimensionnés de sorte à pouvoir évacuer rapidement ces grandes quantités d'eau. Dans les zones rurales, les inondations pluviales se produisent souvent lorsque la capacité d'infiltration du sol est dépassée.». (Gouvernement du Luxembourg, s.d.).

Les inondations pluviales sont alors un autre défi majeur à relever dans l'OudlandPolder. En effet, l'activité touristique a entraîné une forte urbanisation du littoral, générant de vastes surfaces imperméabilisées. Les eaux de pluie s'écoulent ainsi rapidement vers les canaux, augmentant leur charge hydraulique. Or, ces canaux assurent également l'évacuation vers la mer des excédents d'eau, notamment en provenance des polders côtiers de faible altitude. En l'absence d'une augmentation de leur capacité de stockage, ce cumul de flux risque de provoquer des débordements et donc des inondations. (Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, 2008, p.119).

Une troisième menace, intimement liée aux inondations pluviales, concerne l'évacuation de l'eau au niveau des écluses en zone portuaire. Avec l'élévation du niveau de la mer, les périodes durant lesquelles l'eau peut être évacuée vers la mer se réduisent. Cette problématique entraîne une accumulation progressive de l'eau dans les canaux et polders en amont. Ceci augmente le risque d'inondations, à proximité des écluses mais aussi dans les polders situés plus loin dans les terres. (Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, 2008, p.35).

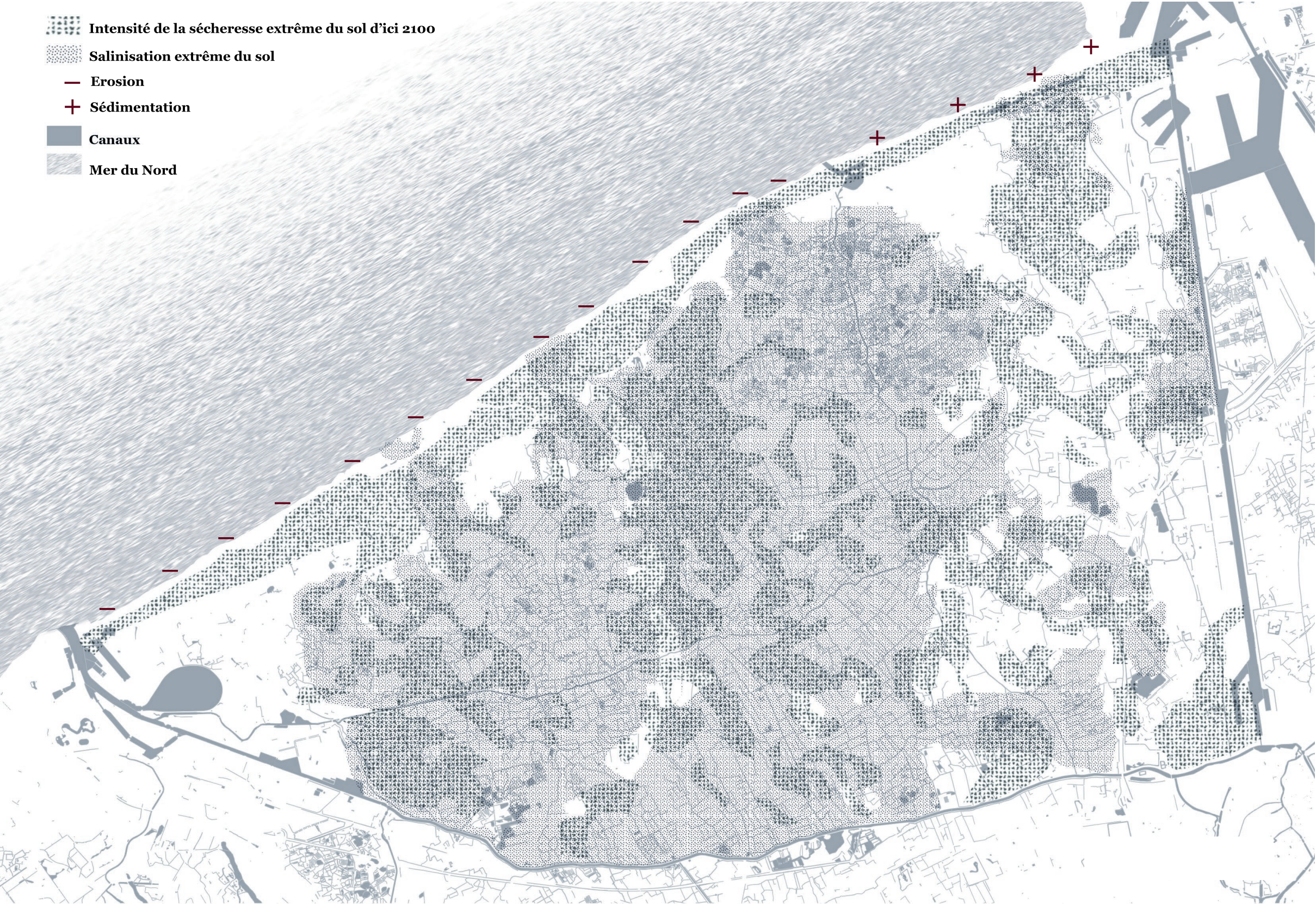


Fig. 2.17: Superposition des risques majeurs dans l'OudlandPolder : salinisation, sécheresse, érosion

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 L'analyse

J'ai premièrement cherché à comprendre le fonctionnement hydraulique du territoire, spécifique d'un polder. Je suis allée sur site, pour voir les dispositifs de régulation d'eau, d'abord le long d'un canal, le Lissewegse Vaart.

Afin de comprendre ce fonctionnement sur l'ensemble du territoire, j'ai lu des études hydrauliques sur l'OudlandPolder, notamment l' « Etude sur le bilan hydrique du Polder Oudland dans le cadre d'une gestion de l'eau et des niveaux d'eau résiliente au changement climatique et des objectifs à long terme pour l'agriculture et la nature » ; obtenue après des échanges avec un spécialiste flamand en modélisation hydraulique.

J'ai ensuite analysé les risques sur le territoire, liés à la montée du niveau de la mer d'ici 2050-2100, mais aussi aux inondations pluviales, fluviales, à la salinisation des eaux souterraines, ou encore aux périodes de sécheresse. Dans un premier temps, il fallait comprendre et répertorier quels étaient les dispositifs déjà mis en place sur la côte belge pour contrer la montée du niveau de la mer, pour connaître leurs limites et impacts sur l'arrière-pays.

En connaissant les risques, j'ai été capable de cibler les zones les plus sensibles, ou quelles zones étaient prioritaires à conserver, mettre en valeur. Grâce notamment à la carte d'inondations provenant de la mer lors d'une tempête extrême d'ici 2100, j'ai pu me rendre compte de l'inversion de la topographie due aux anciens chenaux qui s'engouffraient sur le territoire, avant la poldérisation.

Des coupes transversales à des points clés du territoire ont mis en lumière les risques en situation extrême et normale, tout en révélant des stratégies d'adaptation possibles. Elles m'ont aussi permis de comprendre le rôle des canaux, des dispositifs de régulation des niveaux d'eau et de la topographie.

En parallèle, l'étude de projets de référence m'a aidée à appréhender l'ampleur de cette problématique, en Belgique, aux Pays-Bas et ailleurs dans le monde.

3.2 Le projet

Après cette analyse, j'ai été capable de connaître les enjeux à grande échelle sur mon territoire, l'OudlandPolder.

L'objectif de ce projet est de créer plus d'espaces pour stocker l'eau en cas de fortes intempéries, de créer un parcours qui raconte l'histoire du territoire depuis sa poldérisation en s'appuyant sur sa morphologie. Les usages de certaines terres doivent être repensés, tout en conservant et améliorant le patrimoine naturel des régions humides et plus arides.

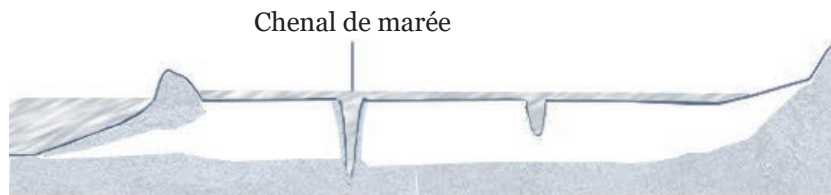
Certains lieux pertinents le long de ce projet paysager seront plus détaillés à l'aide de coupes transversales.

Au lieu de vouloir contrôler l'eau sur plusieurs zones du territoire via des infrastructures hydrauliques, l'objectif est de coopérer avec elle et d'accepter que certains espaces soient inondés. Ceci conduira à un paysage résilient, capable de faire face aux risques liés à l'élévation du niveau de la mer.

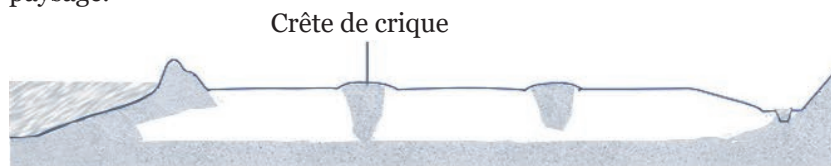
Pour déterminer ces nouvelles zones inondables, je m'appuie sur la nouvelle gestion hydraulique mise en place dans l'Oudlandpolder, qui le délimite en plusieurs compartiments qui ont chacun des niveaux d'eau cibles selon les saisons. Mon projet va alors modifier le statut de certains de ces compartiments.

Si, au Moyen-Age, la poldérisation visait avant tout à se protéger de la mer, le contexte actuel montre que le territoire doit désormais adopter une approche inverse pour pouvoir survivre face aux risques d'inondations.

Au Moyen-Âge, la côte était fréquemment inondée.
Les chenaux de marée s'engouffraient loin dans les terres.



La poldérisation a interrompu le dépôt naturel des sédiments, mettant fin à l'élargissement du territoire. En raison du tassement des polders, les anciens chenaux de marée (aussi appelés crêtes de criques) constituent aujourd'hui les formations les plus hautes du paysage.



Les zones d'extraction de tourbe présentent un niveau de sol encore plus bas.

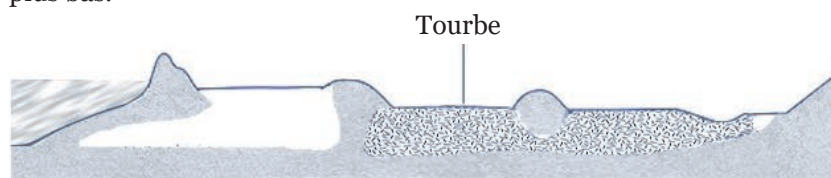


Fig. 4.1: Schémas explicatifs de l'inversion topographique causée par la poldérisation depuis le Moyen-Âge (Departement Omgeving & Vlaams Bouwmeester, 2020, p.113)

4. COLLECTE ET ORGANISATION DES DONNÉES

4.1 L'inversion topographique du territoire

Sur la précédente carte des effets et impacts d'une tempête extrême (T1000) dans l'OudlandPolder, on remarque un tracé de couleur claire dont l'altitude est un peu plus haute que le reste du territoire : il s'agit de l'inversion du relief. Ces parties hautes sont appelées « crêtes de criques ». Avant le Moyen-Âge, de larges chenaux s'avançaient dans les terres sur des kilomètres. Mais lors de la poldérisation, les populations ont placé des digues parallèles à ces bras de mer, donc perpendiculaires à la côte, afin d'assécher les terres. Cela a eu pour conséquence l'affaissement des polders. En effet, le drainage continu des polders alentours a abaissé le niveau de la nappe phréatique, et ceci a été renforcé avec l'extraction de tourbe dans les sols qui en sont constitués, à des fins agricoles. Lorsque la tourbe n'est plus au contact de l'eau, mais de l'oxygène de l'air, son volume diminue fortement car sa matière organique se minéralise. Donc aujourd'hui, les terres poldérisées sont plus basses que les terres qui ont été les dernières à être inondées par la mer. (Departement Omgeving & Vlaams Bouwmeester, 2020, p.111).

Sur la carte, les marécages et les crêtes de criques sont facilement distinguables. Ces dernières sont donc constituées de formations sableuses stables, qui sont plus hautes d'un mètre voire plus au-dessus des sols argileux et tourbeux.

Actuellement, la zone la plus basse de l'OudlandPolder est le marais de Meetkerke, située à une hauteur de 0 à - 2mTAW; c'est-à-dire de 0 à 2 mètres en-dessous du niveau moyen de marée basse à Ostende. Cette inversion est surprenante, puisqu'il y a mille ans, il était l'un des endroits les plus élevés de la plaine côtière. Depuis, une importante couche de tourbe a été produite par l'accumulation de la matière végétale morte, et elle a été exploitée par l'Homme comme combustible. Le sol s'est alors beaucoup affaissé. (Departement Omgeving & Vlaams Bouwmeester, 2020, p.112).

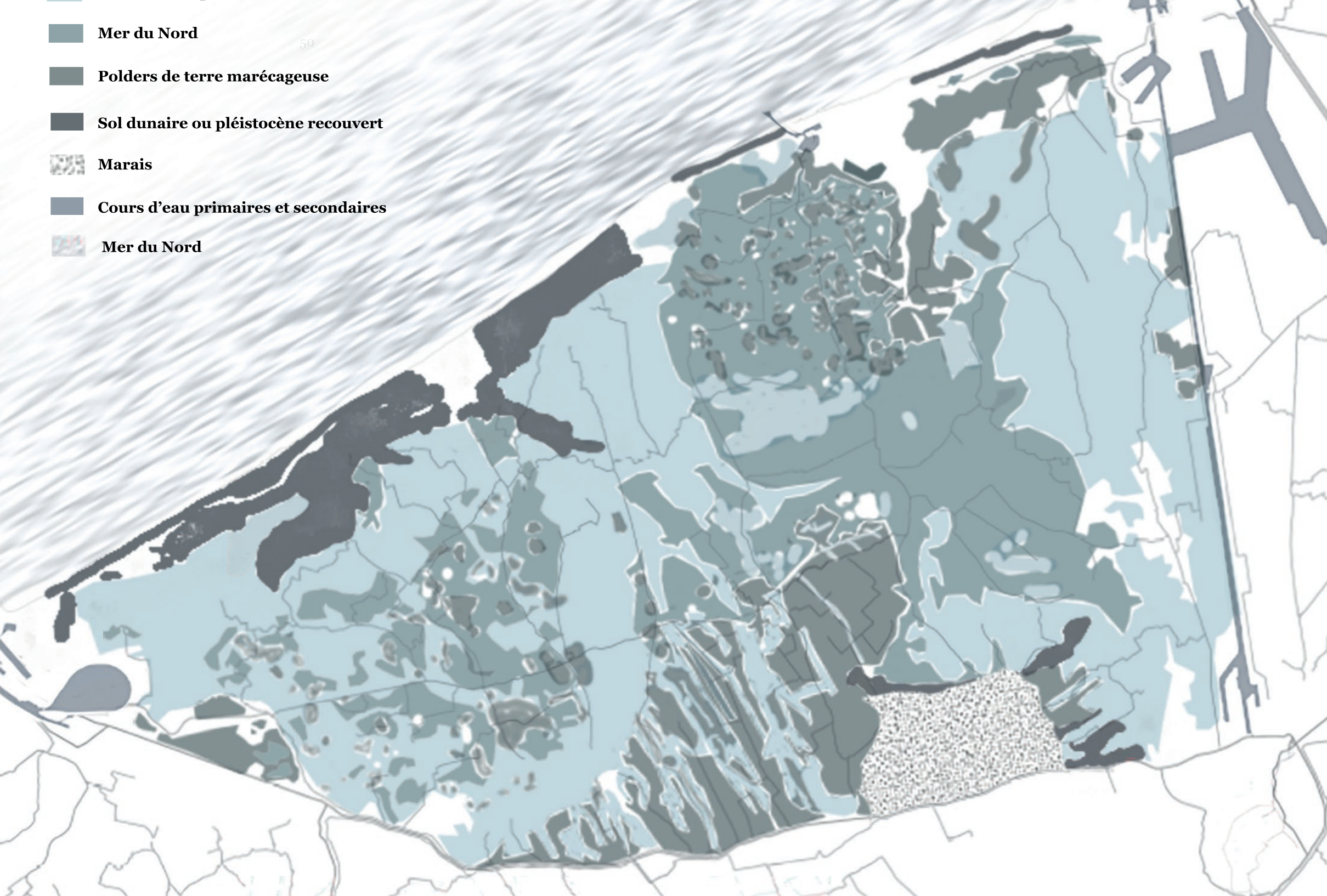


Fig. 4.2: Structure des sols de l'OudlandPolder



Fig. 4.3: Point de vue sur le marais de Meetkerke depuis une crête de crique



Fig. 4.4: Point de vue depuis le marais de Meetkerke

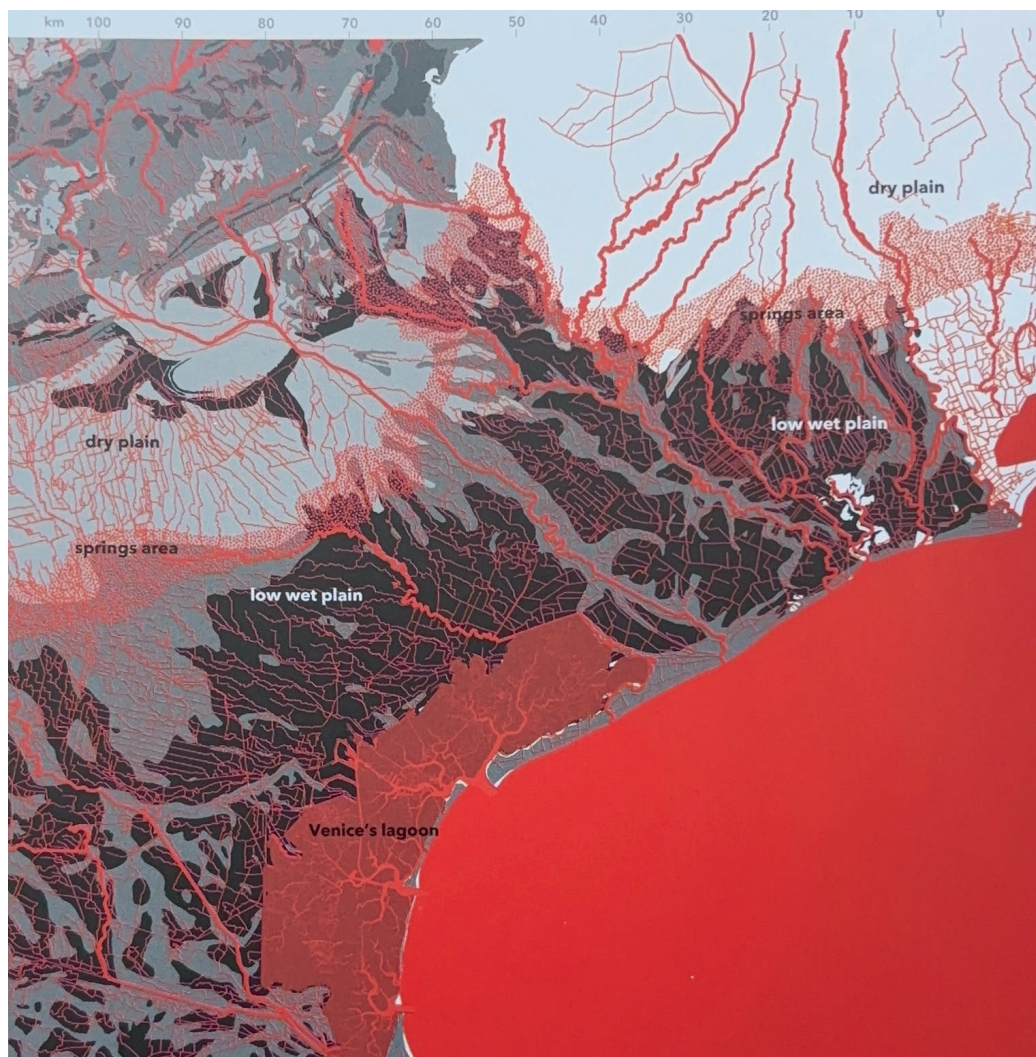


Fig. 4.5: Carte du territoire Vénitien (Viganò, 2006, p.26).

4.2 État de l'Art

Plusieurs projets ou études m'ont aidée à me positionner sur ce sujet et à comprendre les idées déjà développées. Parmi ces ressources, j'en ai retenu trois, jugées pertinentes.

Le premier est le livre « Water and Asphalt. The Project of Isotropy », qui porte sur une étude du territoire de Venise, débutée en 2005, coordonnée par Paola Viganò et Bernardo Secchi. Il s'agit d'une vaste étude où des doctorants de la IUAV, des étudiants en licence et en master, architectes, urbanistes, écologistes, architectes paysagistes, ingénieurs, et d'autres experts venant d'autres universités ont travaillé. Le projet vise à imaginer de nouvelles possibilités d'agencement territorial de la région de Vénétie dans un contexte de crise environnementale, sociale et économique. L'étude part notamment du principe que le « territoire métropolitain de Venise a une forme particulière d'isotropie » (Secchi, Viganò, et al., 2006, p.10). Cela signifie que le territoire est très urbanisé mais n'a pas de centre clair, il est traversé par un réseau dense de canaux et de routes, et il n'y a pas de hiérarchie entre les villes, infrastructures et villages. Mais ce n'est pas seulement un constat, ils vont travailler avec cette isotropie pour faire un projet. Pour mon mémoire, le point intéressant est le croisement entre l'eau et les infrastructures que le projet souhaite réaliser : les réseaux hydrauliques et routiers ont la même valeur. Cette approche m'a aidée à comprendre, que dans l'OudlandPolder, je dois apprendre à travailler avec le territoire plutôt que contre lui, donc accepter les zones inondables, refuser des logiques de contrôle total face aux inondations.

Dans les scénarios, plusieurs préoccupations majeures apparaissent. D'abord, donner davantage de place à l'eau : les parties humides du territoire sont sujettes aux inondations, tandis que les zones plus sèches connaissent des phénomènes de sécheresse. Ils distinguent ainsi deux entités, qu'ils nomment « le plan humide » et la « plaine aride » (Viganò, 2006, p.26).

Ensuite, la nécessité de développer de nouvelles forêts, pour contribuer à la purification de la nappe phréatique.

Ils évoquent également l'évolution des techniques d'irrigation et des pratiques agricoles, ainsi que la réutilisation de centaines de gravières, transformées en bassins de rétention d'eau.

Enfin, ils prennent en compte l'usage des routes diffuses et isotropiques, les grilles de drainage permettant l'écoulement des eaux, ainsi que le besoin d'une capacité de stockage de l'eau elle aussi diffuse. (Viganò, 2006, p.20).

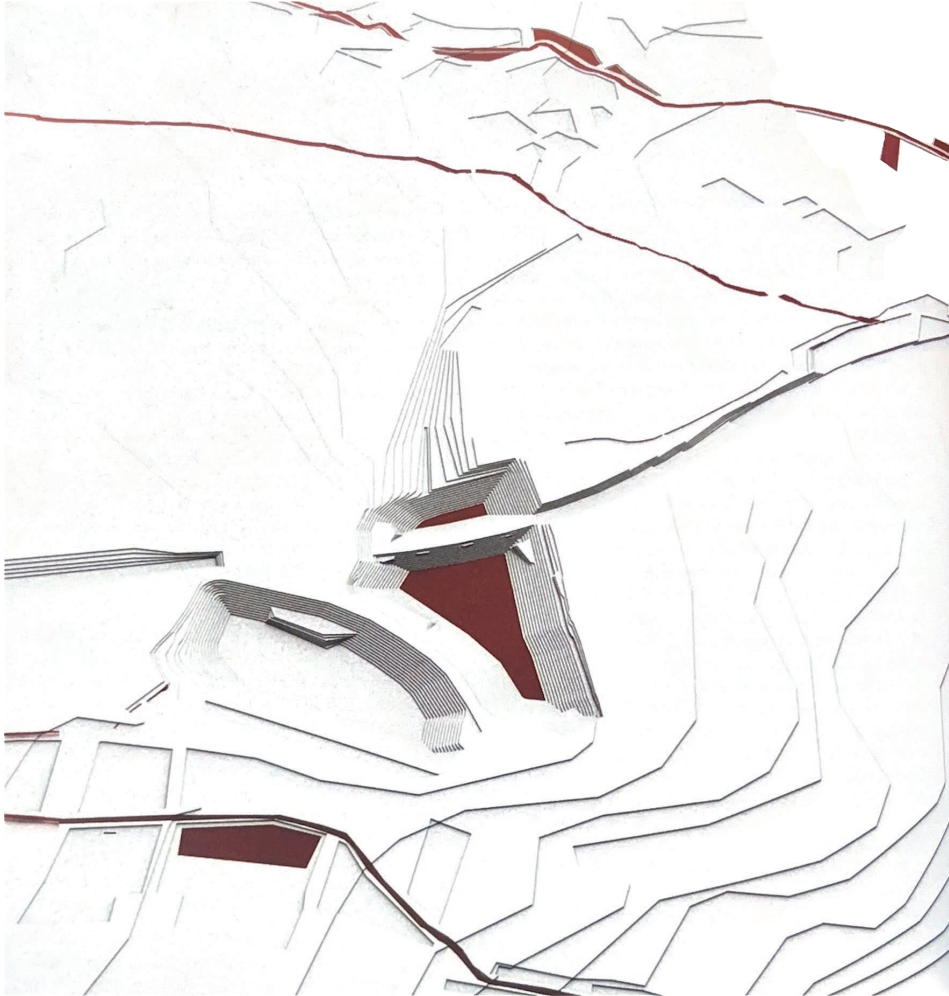


Fig. 4.6: Maquette digitale de terrain de la nouvelle topographie autour des gravières (Fabian, 2006, p.110).

Pour mon sujet de TFE, je me réfère surtout aux stratégies d'un des scénarios, nommé «More Space for Water» (Viganò, 2006, p.67) :

Les scénarios s'inscrivent dans une projection à l'horizon 2050, où l'élévation du niveau de la mer devient trop importante et menace directement la plaine basse de Vénétie (Cavalieri, 2006, p.69).

Les bassins de drainage de la lagune de Venise, et plus largement l'agglomération vénitienne sont également envisagés dans ces stratégies. Donc elles ne concernent pas seulement les zones inondées du littoral ou les parties les plus basses de la plaine, mais aussi le territoire dans son ensemble.

Première stratégie :

L'idée est de réutiliser les gravières de la plaine aride, afin de les transformer en bassin de stockage d'eau pour notamment prévenir les grandes inondations fluviales. En période de sécheresse, ces trous pourraient être utilisés pour une irrigation correcte des terrains agricoles. Cette utilisation éviterait un prélèvement excessif dans les cours d'eau dans ces périodes sensibles, mais aussi dans les bassins de montagne l'été.

Donc ces micro-reliefs pourraient être reliés au réseau dense de canaux existant, tout en contrôlant les inondations.

Le territoire serait alors repensé en créant un parc incluant ces gravières abandonnées, ceci créant des couloirs écologiques. Étant des bassins de rétention d'eau renaturés, elle servent alors aussi à purifier l'eau.

(Viganò, 2006, p.75).



Fig. 4.7: Nouvelle Micro-Topographie et ses nouvelles activités associées (Viganò, 2006, p.88)

Deuxième stratégie :

Celle-ci consiste à ralentir et stocker l'eau dans les zones très imperméables proches de la lagune. Pour accomplir ceci, la microtopographie de la plaine basse est utilisée afin de créer des bassins de rétention d'eau dans les zones les plus basses, le long des cours d'eau, qui abritaient auparavant une riche biodiversité. Cette microtopographie peut même être légèrement accentuée afin que les lieux puissent accueillir de nombreuses fonctionnalités. De nouvelles digues sont alors créées et aménagées, devenant des supports pour diverses activités.

Enfin, cet ensemble forme un parc agricole, rythmé par des chemins et équipements à certains endroits, pour répondre aux besoins locaux tout en contribuant à la lutte contre les inondations. (Viganò, 2006, p.77).

Troisième stratégie :

Cette dernière approche propose de reconfigurer la plaine humide de basse altitude, en intégrant l'inondation des zones les plus basses situées à proximité de la lagune. Elle repose également sur le renforcement des digues existantes, qui assurent la protection des agglomérations, ainsi que sur l'augmentation de l'espace accordé aux cours d'eau dans la plaine imperméable. Enfin, le réseau de digues est envisagé comme un élément structurant, capable de soutenir une nouvelle organisation du territoire. (Viganò, 2006, p.78).

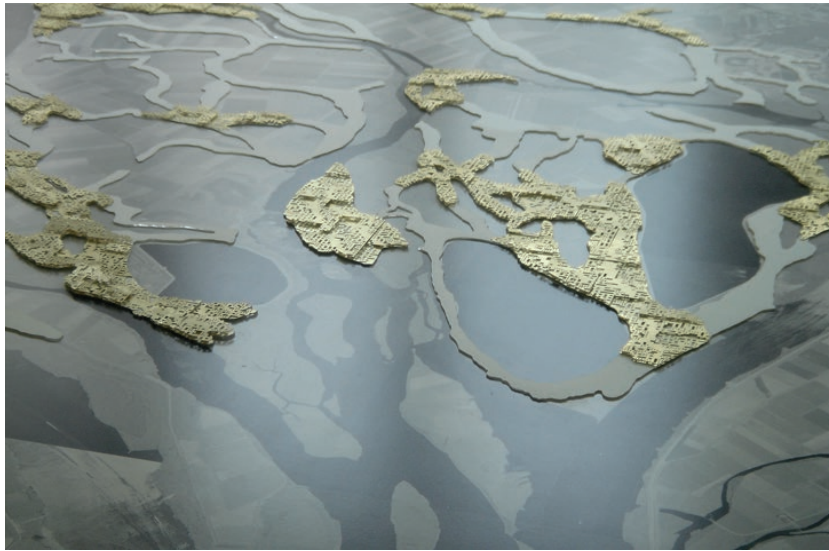


Fig. 4.8: Maquette d'étude de MDP pour la biennale «The Flood», 2005 (Desvigne, 2005, pp.16-17)

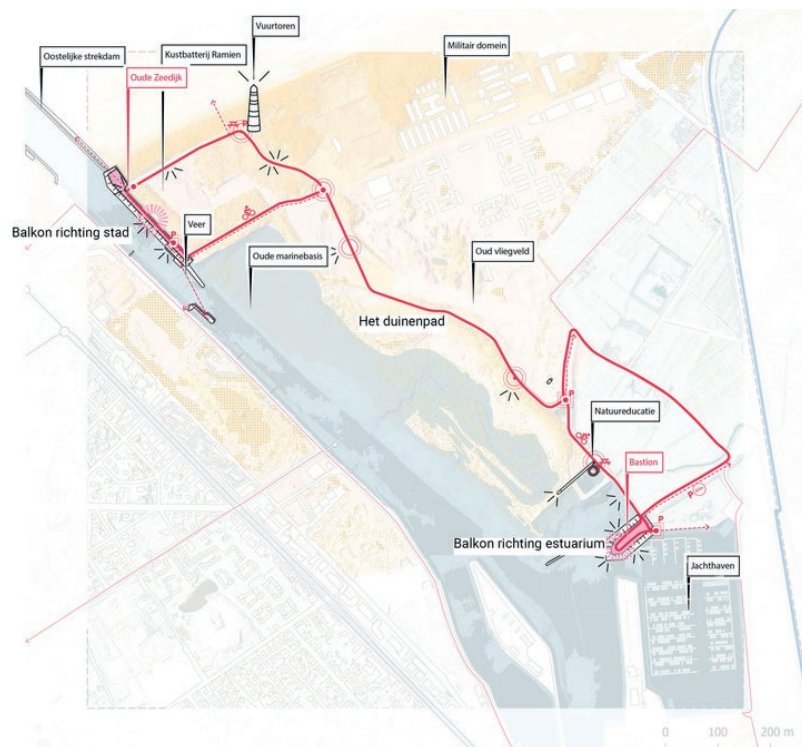


Fig. 4.9: Axonométrie d'une partie de l'étude «Réseau de cyclisme récréatif», sur la côte belge (Atelier Horizon, s.d)

Une deuxième étude pour la Biennale «The Flood» à Rotterdam de 2005 m'a également beaucoup aidé dans ma réflexion.

Il s'agit du projet « Geography in motion » de Michel Desvigne Paysagiste (MDP), imaginé dans le parc naturel du delta du Biesbosch. Le principe de cette étude repose sur l'inversion du paysage, formée par les crêtes de criques, comme dans l'OudlandPolder.

Ils utilisent cette inversion pour élever encore plus ces zones déjà hautes, avec la terre issue des excavations des zones plus basses. Ainsi, l'eau peut être stockée dans ces nouveaux bassins en cas de fortes inondations, et les activités humaines (qui sont principalement agricoles sur ce territoire) sont déplacées sur les crêtes de criques surélevées (Desvigne, 2005, pp.16-17).

Pour l'OudlandPolder, ceci m'a inspiré à prendre en compte les crêtes de criques, afin de créer un projet dans lequel elles peuvent être distinguées du reste du territoire.

La troisième référence est une étude nommée le « Réseau de cyclisme récréatif » sur la côte belge, du bureau atelier horizon.

Le projet s'étend sur l'entièreté de la côte belge, et son objectif est de créer des pistes cyclables reliant des points notables du paysage, sur lesquels les personnes peuvent s'arrêter. Trois lieux sont étudiés pour la mise en place de ces pistes : les dunes, les polders, et l'estuaire.

Dans les polders, des pistes cyclables sont tracées proches de zones inondables, et des infrastructures légères sont créées pour les passants, leur permettant de contempler le paysage.

Pour l'OudlandPolder, cette étude m'a donné l'idée de créer une piste cyclable le long des crêtes de criques, avec des points stratégiques et/ou de contemplation, racontant l'histoire du territoire.



Fig. 4.10: Vanne ouverte/fermée le long du canal Lissewege

4.3 Le fonctionnement hydraulique de l'OudlandPolder

L'OudlandPolder est constitué de nombreux canaux artificiels de drainage. Mais on peut les répertorier dans des catégories distinctes. Les canaux qui évacuent l'eau excédentaire par gravitation vers la mer sont les canaux Gand-Ostende, Lissewege, Noordede et Blankenberge. Le canal Gand-Ostende est le seul à être toujours navigable, et est un axe majeur de la navigation intérieure en Belgique ; pour le commerce et la plaisance. Les canaux de Blankenberge et Noordede sont dits « non classés de première catégorie », les autres canaux comme celui de Lissewege « non classés de deuxième catégorie », et plein d'autres petits canaux sont là pour le drainage des terres.

Cependant, le réseau hydrographique de l'OudlandPolder est divisé en cinq sous-zones. La zone 1 contient les canaux Lissewege et Zijdelingse à l'est. Le Zijdelingse a la fonction de drainer les terres, mais aussi de contrer la salinisation provenant du canal Baudouin. Le Lissewege évacue l'eau vers la mer à l'écluse Visart à Zeebruges ; et de l'eau y est introduite depuis le canal Gand-Ostende par une écluse à Bruges.

La deuxième zone est grande et est déterminée par le Blankenberge et Noordede. Le Blankenberge prend son eau à l'écluse de Twee Speyen le long du canal Gand-Ostende, et est évacuée dans le port de Blankenberge. À la jonction entre le Blankenberge et Noordede, ce dernier coule vers l'ouest jusqu'au port d'Ostende où l'eau se jette dans la mer par une écluse. La troisième zone, entre le canal Lissewege et Blankenberge, est constituée par plusieurs cours d'eau s'écoulant d'est en ouest. Ils sont alimentés par le canal Lissewege grâce à plusieurs barrages et vannes.

Les deux dernières zones sont les zones de drainage où se trouvent des pompes, car ce sont les zones les plus basses de l'OudlandPolder, où l'eau ne peut pas s'évacuer naturellement par gravitation. La quatrième zone est celle de drainage de De Katte, située au sud-ouest de la convergence entre les canaux Noordede et Blankenberge. Plusieurs zones plus petites constituent cette zone de drainage, et ont chacune leur système de gestion de l'eau. De plus, elle abrite la réserve naturelle de Meetkerke Moeren, dotée d'une riche biodiversité en raison de son humidité. De l'eau alimente cette sous-zone grâce à différentes prises d'eau provenant des canaux Blankenberge et Noordede, puis est répartie vers les autres zones de la région à l'aide de plusieurs barrages.

(Wolfs et al., 2023, pp.13-14-15).



Fig. 4.11: Barrage à poutrelles amovibles le long du canal Blankenberge



Fig. 4.12 L'écluse Visart dans le port de Zeebruges



Fig. 4.13: L'écluse de Twee Speyen en restauration, le long du canal Gand-Ostende



Fig. 4.14 : Canal Gand-Ostende

Fig. 4.15 : Station de
pompage «de Katte»



Au point où l'altitude est la plus basse, il y a une station de pompage qui rejette l'excédent d'eau vers le canal Gand-Ostende. Enfin, la cinquième sous-zone est celle de drainage de De Steger, située à l'ouest de celle de De Katte. L'agriculture est principalement privilégiée dans cette sous-zone, et est aussi constituée de quelques plus petites zones chacune avec leur gestion de l'eau, axée sur la nature. De Steger est alimentée en eau par le Noordede, et l'excédent est pompé vers le canal Gand-Ostende par une station de pompage.

Mais une délimitation encore plus précise pour la gestion hydraulique dans l'OudlandPolder a été réalisée, nommée le Plan Compartiments. Chaque zone, présentées plus haut, sont subdivisées en zones plus petites permettant une gestion de l'eau plus spécifique, adaptée aux besoins de la nature, et/ou de l'agriculture.

Pour l'agriculture, les compartiments concernés doivent être maintenus à un niveau bas en hiver, puisqu'il permet d'une part de drainer les parcelles agricoles alentours pour éviter qu'elles soient trop humides, et d'autre part, de limiter les inondations lors de pluies intenses. En été, les menaces changent, et donc les niveaux d'eau dans les canaux de certains compartiments doivent rester hauts, pour empêcher la salinisation des eaux souterraines et permettre une irrigation correcte des terres.

Dans les compartiments plus axés sur la nature, l'objectif est de garder un niveau à peu près constant toute l'année, adapté aux besoins locaux de la faune et de la flore présentes.

(Wolfs et al., 2023, pp. 15-16-17).

Fig. 4.16 :
Infrastructure
hydraulique de la
station



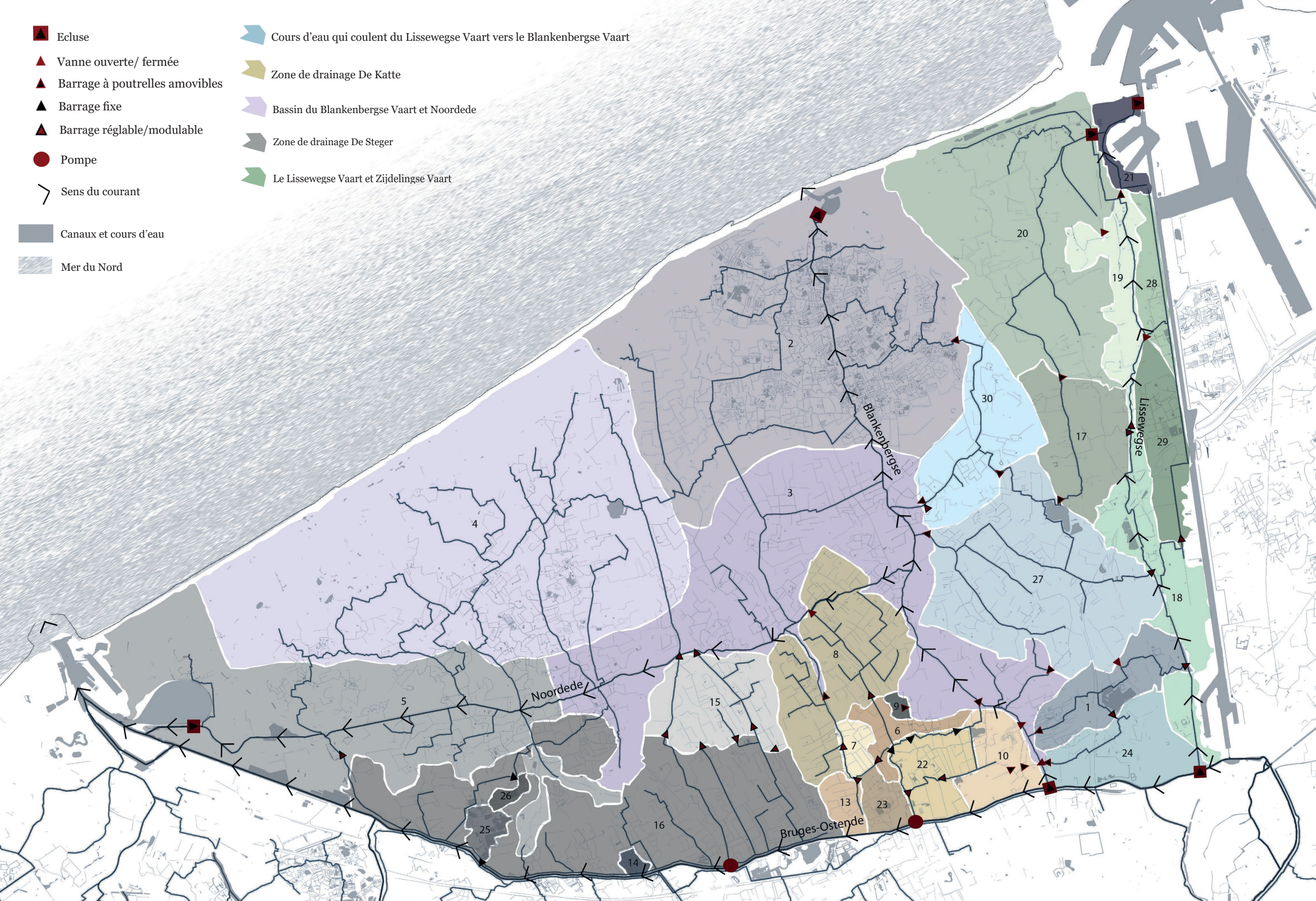


Fig. 4.17 : Fonctionnement hydraulique de l'OudlandPolder et le Plan Compartiment



Fig. 4.18 : Canal Blankenberge dans le polder Uitkerke

On compte en tout 27 compartiments dans l'OudlandPolder, chiffre défini par les gestionnaires des cours d'eau. Sur la carte ci-contre, ils sont colorés en fonction de la sous-région à laquelle ils appartiennent :

- Vert : Les canaux Lissewege et Zijdelingse
- Bleu : Les cours d'eau coulant du canal Lissewege au canal Blankenberge
- Violet : Le bassin des canaux Blankenberge et Noordede
- Jaune : La zone de drainage de De Katte
- Gris : La zone de drainage de De Steger

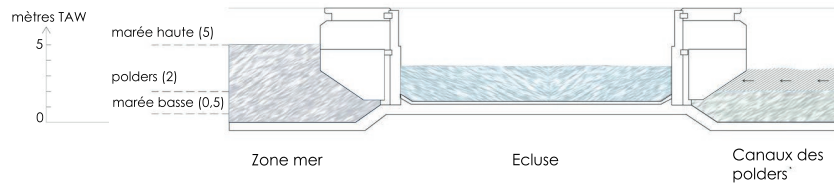
La carte reprend la position des barrages, vannes, écluses et stations de pompage utiles à la gestion du niveau de l'eau. Encore quelques autres dispositifs sont présents mais non montrés sur cette carte, car ils ne font pas partie du modèle du bilan hydrique. (Wolfs et al., 2023)

Par ailleurs, le polder Uitkerke, appartenant au compartiment 2 du bassin des canaux Blankenberge et Noordede, est lui-même compartimenté. Ce projet est encore en phase d'étude, mais il permettrait une meilleure gestion de l'eau pour des objectifs axés sur la nature. En effet, ce polder est une zone basse de l'OudlandPolder et donc très humide, caractérisée par des prés salés, marais, des prairies de pâturages et de culture. C'est la plus grande réserve de la Flandre Occidentale, et est à conserver puisque c'est l'un des derniers paysages de ce type sur la côte flamande. Donc ce projet vise à mettre en place des niveaux d'eau dans ce polder différents de ceux du canal Blankenberge. Par exemple, au printemps et en hiver, le niveau devra être supérieur au niveau actuel, et à l'automne, il devra pratiquement rester constant. L'été, les niveaux pourront être un peu plus bas que dans le reste du compartiment.

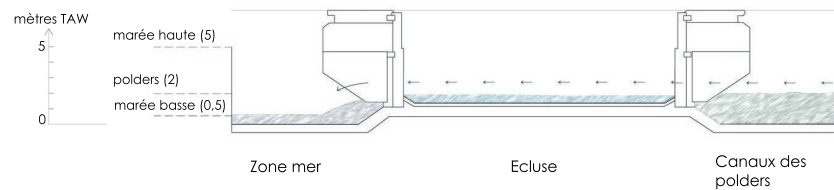
(Wolfs et al., 2023, pp.16-17).



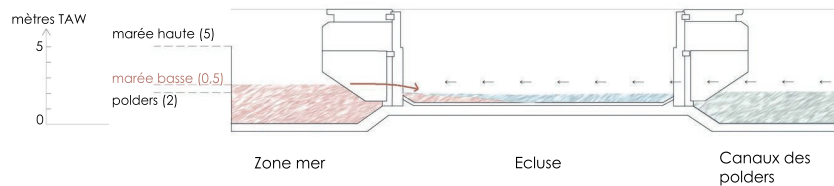
Fig. 4.19 : Etang dans le marais de Meetkerke



Situation normale, à marée haute



Situation normale, à marée basse



Situation future, à marée basse

4.3.1 Les limites du fonctionnement des ouvrages hydrauliques

Avec la montée des eaux, le fonctionnement de ces ouvrages présente des limites. L'eau excédentaire est évacuée par des écluses dans la mer, et aujourd'hui, cette évacuation dans l'OudlandPolder est assurée par trois canaux : le Blankenberge dans son port de plaisance, le Lissewege par l'ancienne écluse maritime dans le port de Zeebruges, et le Noordede par le Maartensas dans l'arrière-port d'Ostende.

Le rejet gravitaire vers la mer est faisable seulement lors de la marée basse, donc quand son niveau est inférieur à celui des canaux. On estime que l'évacuation est possible, en temps normal, lorsqu'elle est inférieure à 1 ou 2m TAW (puisque le niveau d'eau des canaux est en général maintenu à 2m TAW). A marée haute, la mer peut atteindre ou dépasser 5m TAW, donc les écluses sont fermées. Le vent joue également un rôle important, car il peut faire monter le niveau de la mer sur la côte. Si ces éléments sont réunis, les périodes d'évacuation de l'eau sont restreintes, et sont possibles que quelques heures dans la journée. Avec la montée du niveau de la mer, les tempêtes de plus en plus fréquentes, les zones de stockage de l'eau devront être augmentées pour éviter les inondations. Aujourd'hui, ce sont les différents canaux et cours d'eau des polders qui stockent l'eau excédentaire (grâce au plan compartiments). (Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, 2008, p.35).

Donc, le drainage des terres varie considérablement en raison de l'incertitude liée aux marées et tempêtes. Cela entraîne souvent des inondations dans les zones les plus basses, puisque les niveaux cibles dans les polders ne sont pas toujours possibles.

Pendant ces périodes de crise, tous les autres dispositifs ne peuvent alors fonctionner normalement. Par exemple, dans les endroits résidentiels, les égouts sont sous tension, puisque leur seuil de débordement se retrouve en-dessous du niveau des canaux.

Mais cette gestion peut être contradictoire, puisque un niveau d'eau trop bas en hiver peut impacter la biodiversité. Les poissons et les plantes aquatiques risquent d'être gelées l'hiver, et au printemps, certaines plantes appréciant l'humidité sont asséchées.

En addition à tout cela, le risque de salinisation des sols augmente si les niveaux d'eau douce sont trop bas dans les canaux.

Fig. 4.20 : Evacuation de l'eau des polders : le problème lié à la montée des eaux au niveau d'une écluse

N	Nom	Niveau cible en hiver [mTAW]	Niveau cible en été [mTAW]	Superficie [ha]
1	Blauwe Torengheleed	2,05	2,2	252
2	NE & BLV – Blankenberge	1,25 – 1,35	1,75 – 1,85	2 634
3	NE & BLV – À la hausse	1,25 – 1,35	1,75 – 1,85	1 919
4	NE & BLV – Côte	1,25 – 1,35	1,75 – 1,85	3 079
5	NE & BLV – Ostende	1,25 – 1,35	1,75 – 1,85	1 626
6	De Katte – canal d'alimentation	0	0	112
7	De Katte – Centre	0,1	0,5	50
8	De Katte – Nord	1	1,5	561
9	De Katte – Nord-est	1,25 – 1,35	1,75 – 1,85	15
10	De Katte – St. Andrieszwin	0,45	0,95	130
11	De Katte – Ouest	0,9	1,4	40
12	De Katte – Sud-est	0,7	1,1	60
13	De Katte – Sud-ouest	0,9	1,3	64
14	Schobbejak	1,45	1,45	20
15	De Steger – Nord	0,95	1,3	346
16	De Steger	0,95	1,3	1 406
17	Chargeur transversal	2,35	3	355
18	Lisseweegse Vaart – partie 1	2,9	3,3	408
19	Lisseweegse Vaart – partie 2	2,75	3,2	227
20	Lisseweegse Vaart – partie 3	1,7	2,6	1 318
21	Canal de Lisseweeg – partie 4	1,7	1,7	78
22	Meetkerkse Moeren – Est	0,65 – 0,75	0,55 – 0,65	169
23	Écrous Meetkerkse – Ouest	0,65 – 0,75	0,55 – 0,65	84
24	Souffrance du moulin	1,9	2,2	297
25	Petite pompe	2,1	1,6 – 2,1	53
26	Schorreweide	1,7	1,65	21
27	Canal étroit	1,95	2,6	993
28	Canal latéral – Nord	2,05	2,05	132
29	Canal latéral – Sud	2,9	3,25	247
30	Zuikerkerke	1,6	2,4	430

Fig. 4.21 : Tableau des niveaux d'eau cibles des compartiments (Wolfs et al., 2023, p.16)

Il y a alors une tension constante entre préservation de la nature et des inondations, notamment au printemps et l'hiver.

L'été, le problème est différent. Les pluies sont de moins en moins fréquentes, et donc un niveau élevé des canaux doit être maintenu pour que l'élevage et l'agriculture soient suffisamment approvisionnés. Les eaux souterraines ne sont pas favorables à l'irrigation des cultures et à la consommation du bétail, à cause de leur salinisation et aux couches de tourbe à de nombreux endroits. Si la sécheresse dure trop longtemps, de l'eau du canal Gand-Ostende et des stations d'épuration doit être acheminée.

Lors d'étés normaux, l'irrigation des polders pour l'agriculture et la biodiversité est maintenue par l'approvisionnement d'eau grâce à des points de captage le long des cours d'eau navigables. Il y en a deux sur le canal Gand-Ostende, utile à l'approvisionnement du nouveau compartiment du polder de Blankenberge.

La station de Bruges est également utilisée.

(Wolfs et al., 2023, pp.16-17).

5. Projet

Pour répondre à ces diverses problématiques dans l'OudlandPolder, le projet s'appuie sur deux éléments phares : la machine hydraulique et l'inversion topographique du territoire.

5.1 Modification de la machine hydraulique, pour un territoire résilient

Dans une projection à l'horizon 2100, les dispositifs hydrauliques actuellement mis en place dans l'OudlandPolder ne seront plus en mesure de répondre aux contraintes du territoire, dont la principale cause est la montée du niveau de la mer.

Le projet propose alors d'«abandonner» certains compartiments, ceux présentant les plus fortes vulnérabilités. Ces espaces ne seraient dès lors plus drainés, permettant à l'eau de s'y écouler naturellement. Ils se transformeraient alors en grands bassins de rétention d'eaux lors d'épisodes de fortes tempêtes et de submersions.

Le plan compartiments a été superposé à la carte des effets et impacts d'une tempête extrême (T1000) dans l'Oudlandpolder, pour déterminer les endroits les plus sensibles à la montée des eaux. Une tempête «T1000» définit une tempête d'une puissance exceptionnelle, qui aurait une chance sur 1000 d'arriver chaque année (Ministère de la Transition écologique, sans date).

Tous les compartiments de la zone de drainage de De Katte sont abandonnés, ainsi que les compartiments 16, 25 et 26 de la zone de drainage de De Steger, et certains sous-compartiments du polder Uitkerke, appartenant au bassin du Blankenberge Vaart et Noordede.

Ces nouveaux territoires d'accueil des eaux constituent alors des milieux propices à la pérennité et au développement de la faune et de la flore, tout en favorisant une transition de l'agriculture traditionnelle vers de l'aquaculture ou de la paludiculture.

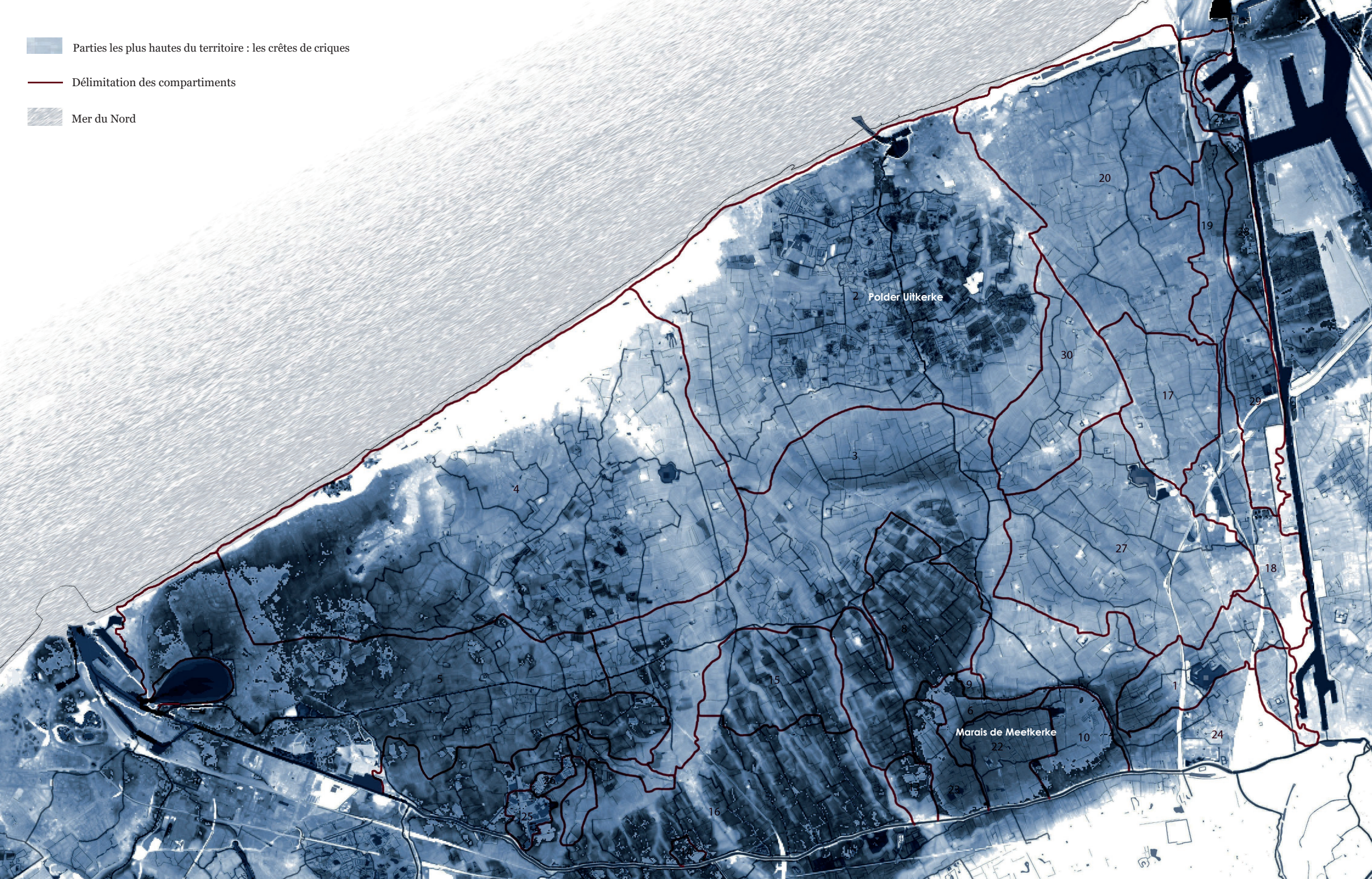


Fig. 5.1: Effets et impacts d'une tempête extrême (T1000) dans l'Oudlandpolder, avec superposition du plan compartiment

À cette modification du système hydraulique actuel s'ajoute un nouveau réseau cyclable le long de l'inversion topographique du territoire, les crêtes de criques.

Ce réseau racontant l'histoire du territoire est tracé en fonction de la superposition des bordures des crêtes de criques avec les limites des compartiments. Ainsi, il est possible pour les touristes et habitants de se déplacer à vélo entre des paysages humides et secs, témoins de l'inversion topographique due à la poldérisation.

Une série de points clés le long du parcours sont mis en valeur, où sont introduites de nouvelles activités ainsi que des transformations paysagères et écologiques.

Plusieurs interventions sont liées à la présence de l'eau et aux nouvelles zones partiellement inondables créées dans les polders. À proximité des villages, des activités d'aquaculture ou de paludiculture viennent s'implanter afin de développer une production locale en lien direct avec le paysage aquatique. Ces espaces peuvent également accueillir des activités sportives et récréatives, liées à l'eau ou non, permettant de renforcer le rapport des habitants à ces nouveaux milieux inondables.

Des observatoires ornithologiques (observation des oiseaux) sont aménagés dans les zones à forte valeur écologique, notamment au sein des habitats Natura 2000. Ceci offre alors des points d'observation sur les paysages humides et sur la biodiversité qui s'y développe, mais aussi une sensibilisation aux enjeux environnementaux aux visiteurs.

Les anciennes stations de pompage deviennent quant à elles des lieux de valorisation du patrimoine hydraulique. Avec la remise en eau partielle des polders, ces infrastructures perdent leur fonction initiale de pompage. Les bâtiments associés sont donc réinvestis et transformés en petits musées dédiés à l'histoire du territoire.

Par exemple, en plus de cette fonction, la station De Katte offre des locations de kayaks et des infrastructures en bois sur l'eau.

Le tracé cyclable traverse également les dunes afin de le connecter au littoral.

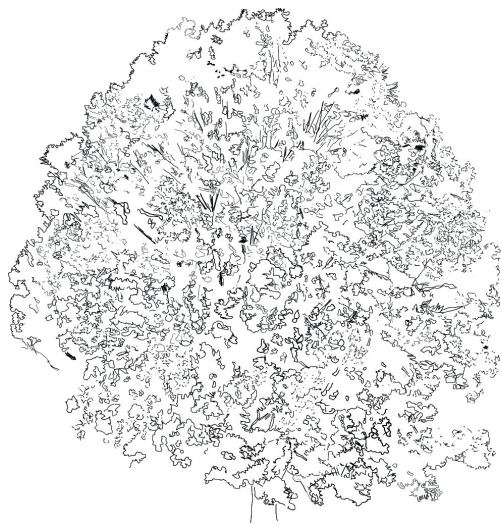
Cette traversée met donc en évidence la diversité des paysages côtiers.



Aulne noir



Saule



Frêne



Erable champêtre

Enfin, les petits massifs forestiers existants sont parfois reliés entre eux par de nouveaux corridors écologiques, associés à des points clés du parcours. Ainsi, la faune bénéficie d'espaces plus larges pour se déplacer.

Par la suite, trois lieux exemplaires du projet seront représentés en détails.

5.1.1 La nature

Le polder a évolué d'un paysage tidal, c'est-à-dire régulièrement inondé par la mer, à un paysage ouvert, avec des parcelles agricoles larges, des grandes étendues plates, et structuré par ses canaux. Ceci a eu pour conséquence un paysage agricole qui a développé une grande richesse naturelle.

Les grands polders sont principalement recouverts de prairies à avoine brillante, d'autres de fauche mésophiles, ou encore à crételle des marais, et enfin à renoncule aquatique. Les fossés peu profonds sont eux constitués de prairies à sifflène enflée, qui se transforment en végétation marécageuse ; et les berges des canaux et fossés de roselières

Les habitats salés constituant les polders de basse altitude et les cours d'eau saumâtres, sont protégés à l'échelle européenne ; et hébergent souvent des végétations annuelles des vasières. En général, on trouve ces habitats à l'intérieur des digues, et il est intéressant de noter que « 80% des habitats salés européens situés à l'intérieur des digues se trouvent dans les polders de la côte est flamande. » (Wolfs et al., 2023, p.19).

Cette riche biodiversité est internationalement reconnue et fait l'objet de statuts de protection.

Fig 5.2 : Arbres majeurs de l'Oudlandpolder



Chardon des marais



Lys jaune



Renoncule à âcre



Reine-des-prés

Zones de protection spéciale et enjeux de conservation à l'échelle européenne :

Zone relevant de la directive «Oiseaux» :

De nouvelles lois ont été instaurées pour la protection des oiseaux, dûes à un grand déclin de leur populations, notamment celles liées aux paysages agricoles. Quelques zones de protection spéciales pour les oiseaux sont déjà présente mais d'autres doivent être ajoutées.

La directive « oiseaux » vise à promouvoir la préservation des espèces d'oiseaux vivant « naturellement à l'état sauvage sur le territoire européen des Etats membres de l'Union européenne » (Wolfs et al., 2023, p.20).

Le maintien de ces espèces repose sur des niveaux d'eau adaptés, mais aussi sur l'extension des prairies des polders, la préservation de leur micro-relief et la continuité des ensembles prairiaux.

Prairies permanentes historiques :

Ces zones sont aussi protégées en raison de leur grande richesse écologique et culturelle, constituée par beaucoup d'espèces protégées. Une prairie permanente historique est « une végétation semi-naturelle composée de prairies caractérisées par une utilisation prolongée du sol comme pâturage, de prairies de fauche- ou de pâturages tournants ayant soit une valeur culturelle historique, soit une végétation riche en espèces herbacées et graminées, l'environnement étant caractérisé par la présence de fossés, de rigoles, de mares, d'un micro-relief prononcé, des sources ou des zones de suintement ». (Wolfs et al., 2023, pp.25-26).

Donc certaines de ces prairies ne sont pas modifiables, mais d'autres le sont seulement pour des raisons agricoles.

L'Oudlandpolder possède déjà certaines conditions propices à l'agriculture des zones humides. Mais en augmentant le niveau d'inondation à différents endroits, le projet amplifierait ce potentiel et créerait des nouveaux lieux pour ces pratiques.

Fig. 5.3 : Plantes majeures des prairies humides



Fig. 5.4: Projet de réseau cyclable le long des crêtes de criques et des nouvelles zones d'accueil des eaux : un paysage multifonctionnel résilient



Fig. 5.5: Station De Katte et son ancienne zone de drainage

0 400m

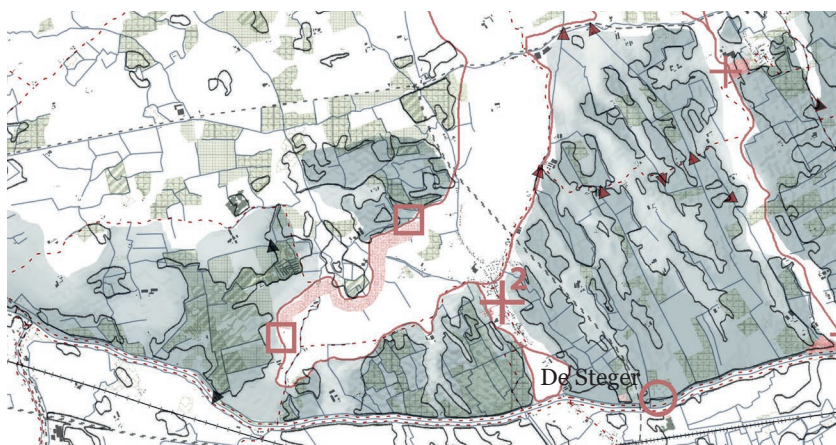


Fig. 5.6 : Station De Steger et son ancienne zone de

0 800m



5.2 Nouvelles fonctions pour les zones de drainages

- Premier lieu exemplaire : la pompe De Katte

La zone de drainage De Katte est située dans le point le plus bas de l'OudlandPolder : le marais de Meetkerke. En effet, ce marais existait déjà au Moyen-Âge et a été l'une des premières zones à être poldérisées. Et ceci a davantage abaissé le niveau du sol avec l'extraction de la tourbe pour l'agriculture. L'altitude du marais de Meetkerke est d'environ 2 ou 3 mètres (pour les endroits les plus bas) en-dessous du niveau de la mer à marée basse, qui est à 0,5mTAW.

La pompe De Katte, qui fonctionne actuellement avec une vis d'Archimède, pompe l'eau excédentaire de cette zone et la rejette dans le canal Gand-Ostende, situé plus haut, et qui lui évacue cette eau vers la mer à Ostende.

Dans le projet, la pompe ne fonctionne plus, et donc ce territoire est laissé naturellement inondé par l'eau. Les barrages et vannes présents continuent par contre de fonctionner, pour que l'eau excédentaire des autres compartiments alentours puissent être déversée dans cette nouvelle zone de rétention. Les inondations fréquentes de ces terres permettront également de recharger la nappe phréatique en eau douce et donc de contrer la salinisation. Le niveau de l'eau variera, et pourra atteindre 2 mètres voire plus dans certains secteurs, et 50 cm ou moins dans d'autres. Ce niveau est influencé par l'altitude de la zone, des pluies ou encore les connexions directes ou non avec des canaux.

Le bâtiment de la pompe est alors transformé en point d'information/musée qui raconte l'histoire du territoire. La vis d'archimède et autres dispositifs restent également présents, pour témoigner de l'histoire de la station de pompage. Le tracé du lac de rétention d'eau lié à la pompe est utilisé pour le positionnement de pontons en bois et de plateformes, sur lesquels on retrouve un point de location de kayaks et un observatoire ornithologique.

La zone de drainage De Steger est la deuxième zone la plus basse du territoire, dont l'eau excédentaire a aussi besoin d'être pompée par la pompe De Steger, placée le long du canal Gand-Ostende. Celle-ci arrête également de fonctionner, ce qui inonde partiellement les compartiments 16, 14, 25 et 26.



Nouveaux territoires d'accueil des eaux
 Canaux, cours d'eau existants
 Projet

Fig. 5.7 : 1. Nouvelle fonction pour la station de pompage «De Katte», dans le marais de Meetkerke : axonomie

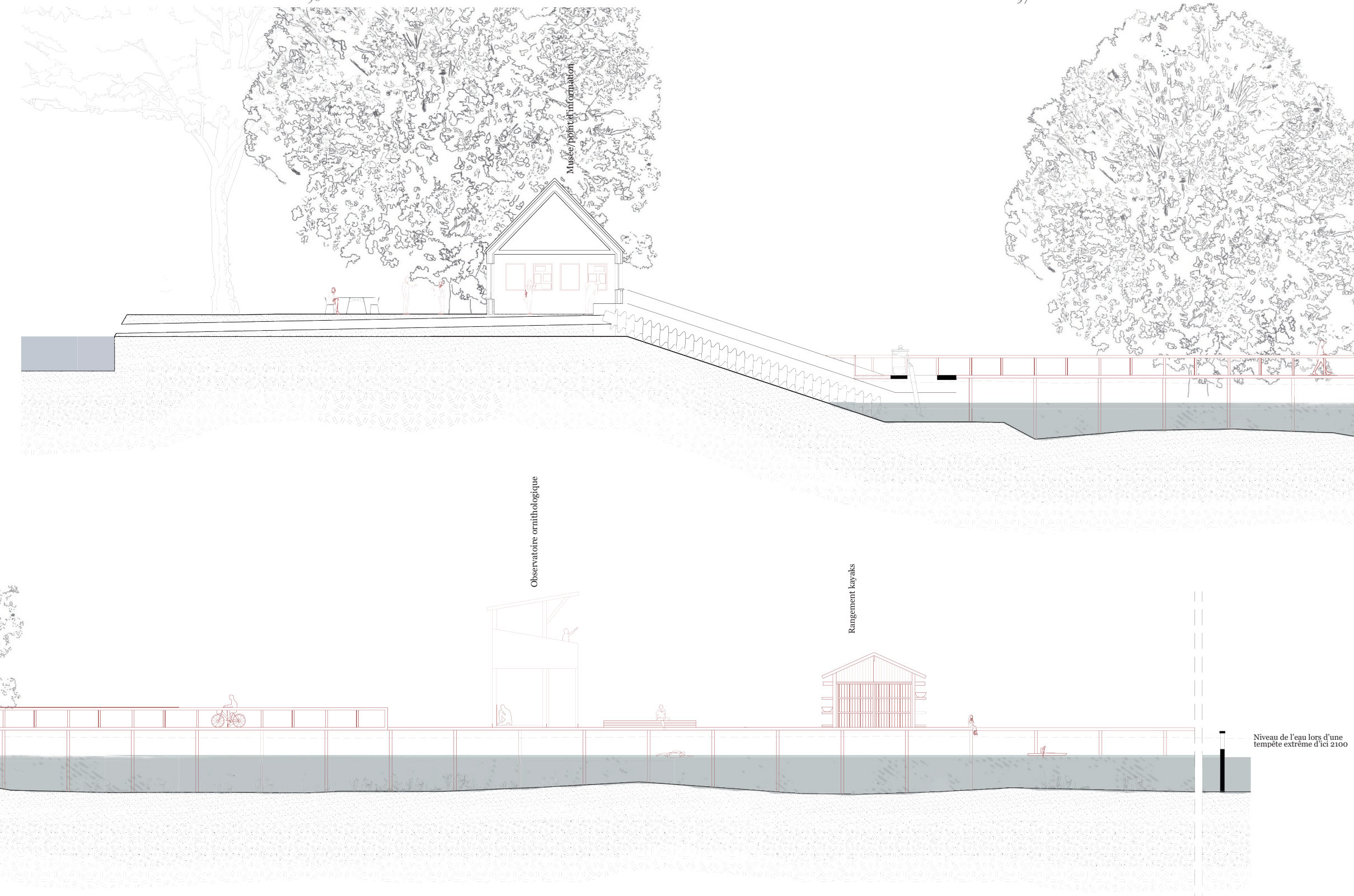


Fig. 5.8 : 1. Nouvelle fonction pour la station de pompage «De Katte», dans le marais de Meetkerke : coupe

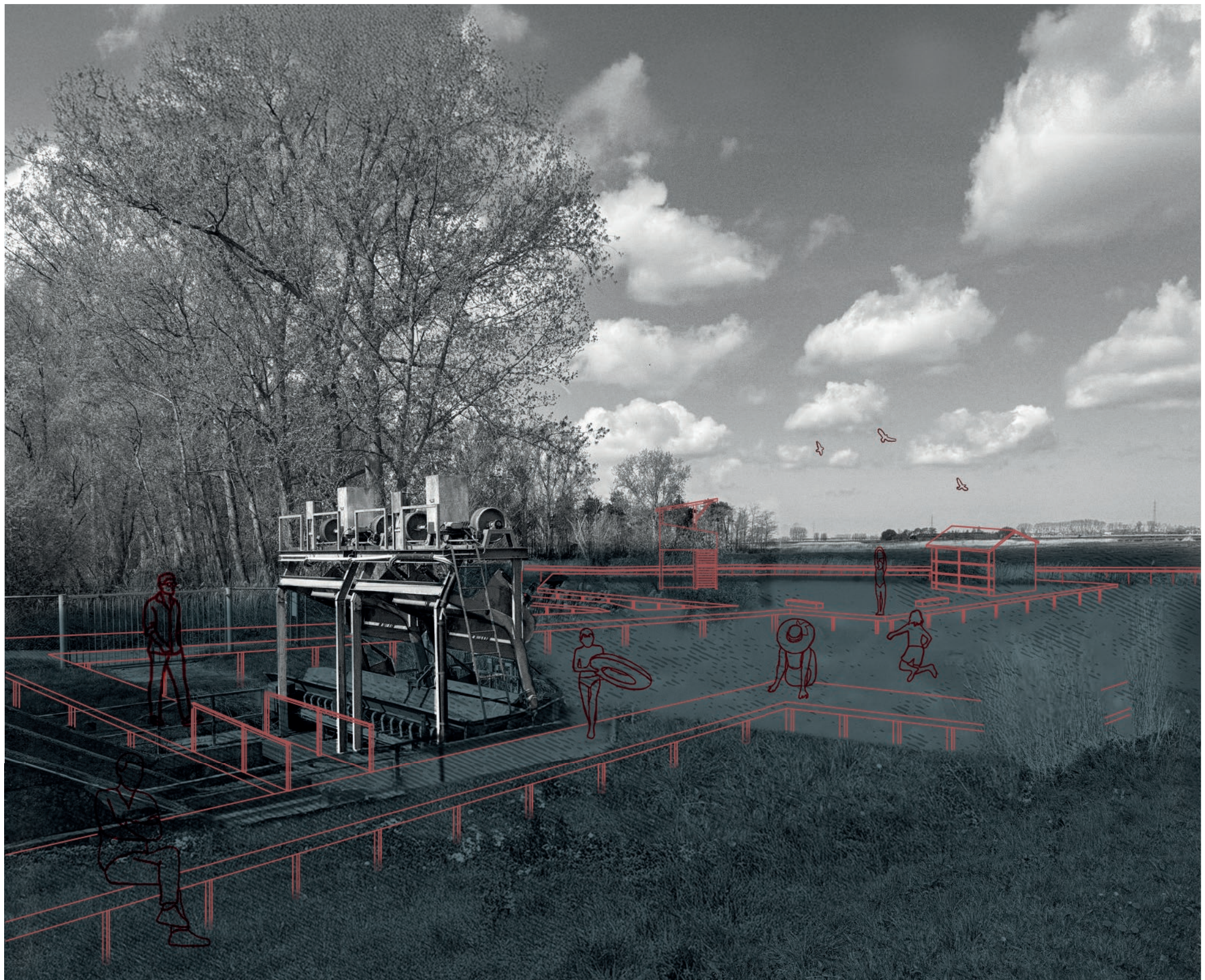


Fig. 5.9 : 1. De Katte : quand le pompage s'arrête, l'eau s'installe : collage



Sphaigne



Massette



Alpeste roseau



Cresson de fontaine



Carex



Roseau commun

Fig. 5.10 : Plantes majeures adaptées à la paludiculture dans l'Oudlandpolder

5.3 Village de Stalhille : exemple d'une nouvelle agriculture liée à l'eau

Le nouveau réseau cyclable traverse plusieurs crêtes de criques étroites sur le territoire, dont une qui borde le village de Stalhille, dans la zone de drainage De Steger. Le paysage inondé est alors proche d'habitations et d'activités agricoles.

Dans certaines zones, où le niveau de l'eau sera suffisamment élevé, le projet permet de développer des activités aquacoles, telles que l'aquaculture, auxquelles les habitants pourront participer.

Dans d'autres zones, où le niveau de l'eau sera plus faible et où les terres seront uniquement fortement humidifiées, une agriculture palustre pourra être pratiquée.

L'aquaculture est un terme englobant plusieurs types de productions liées à l'eau. Elle comprend la pisciculture, correspondant à l'élevage de poissons, la conchyculture, dédiée à l'élevage de moules et d'huîtres, l'astaciculture, spécialisée dans l'élevage d'écrevisses, et l'algoculture, la culture des algues. (INSEE, s.d.).

La paludiculture est la production de plantes hygrophiles (adaptées à l'eau), dans des milieux donc naturels saturés en eau. Les terres n'ont dès lors pas besoin d'être drainées pour ce type d'agriculture. La paludiculture nécessite alors des niveaux d'eau moins élevés (environ 20 à 30cm) que l'aquaculture (au moins 50cm). Ces plantes peuvent par la suite être utilisées comme combustibles ou encore pour la fabrication de matériaux de construction (chaume). (Triple Performance, s.d.).

Des plantes notables peuvent être cultivées, et sont, pour la plupart, déjà présentes dans l'Oudlandpolder.

La massette est utilisée pour créer de l'isolation thermique, matériaux de construction, ou encore de l'alimentation animale.

La sphaigne est une mousse pouvant absorber jusqu'à 20 fois son poids en eau, et peut remplacer la tourbe extraite. De plus, elle a une grande capacité de stockage du carbone, contrairement à l'extraction de tourbe qui en libère.

L'Alpiste roseau est principalement utilisée pour la production de biomasse, et elle tolère bien les petites variations du niveau d'eau ainsi que le froid.

Le Cresson de fontaine est surtout utilisé pour une consommation alimentaire, et est un des légumes aquatiques le plus populaire en Europe.

Le Carex est le terme regroupant plusieurs espèces, qui abritent donc une grande diversité végétale et plusieurs espèces d'oiseaux nicheurs. Elles sont aussi très utilisées pour la vannerie artisanale, qui est le tressage de fibres végétales.

Enfin, le roseau commun sert également à produire de la biomasse, de la toiture en chaume et de la phytoremédiation; qui est une « technologie utilisant le métabolisme des plantes pour accumuler, transformer, dégrader, concentrer, stabiliser ou volatiliser des polluants contenus dans des sols ou des eaux contaminés. » (Lorec et al. , 2016).

(FiBL, WWF Suisse et Agroscope, 2026).

La piste cyclable est alors bordée, d'un côté, par ces nouvelles formes d'agriculture liées à l'eau, et de l'autre, par des activités sportives destinées aux habitants du village.

Les infrastructures en bois accueillant des buvettes et espaces de rangement en lien avec les activités sportives sont équipées de gouttières permettant la récupération des eaux de pluie. Celles-ci sont dirigées vers des noues de phytoépuration, où elles sont filtrées avant d'être réutilisées pour l'irrigation de l'agriculture traditionnelle existante.



Nouveaux territoires d'accueil des eaux
 Canaux, cours d'eau existants
 Projet

Fig. 5.11 : 2. Nouveau réseau de piste cyclable, entre paysages secs et humides, le long du village «Stalhille» : paludiculture, loisirs sportifs et réutilisation de l'eau de pluie

0 8 20m



Fig. 5.12 : 2. Nouveau réseau de piste cyclable, entre paysages secs et humides, le long du village «Stalhille» : paludiculture, loisirs sportifs et réutilisation de l'eau de pluie : coupe



Oyat



Soude maritime



Chiendent des sables



Euphorbe des dunes



Orpin blanc



Panicaut maritime



Fétuque

5.4 : Troisième lieu exemplaire : les dunes

Un fragment de piste cyclable traverse également une partie du cordon dunaire de la côte, entre De Haan et Wenduine.

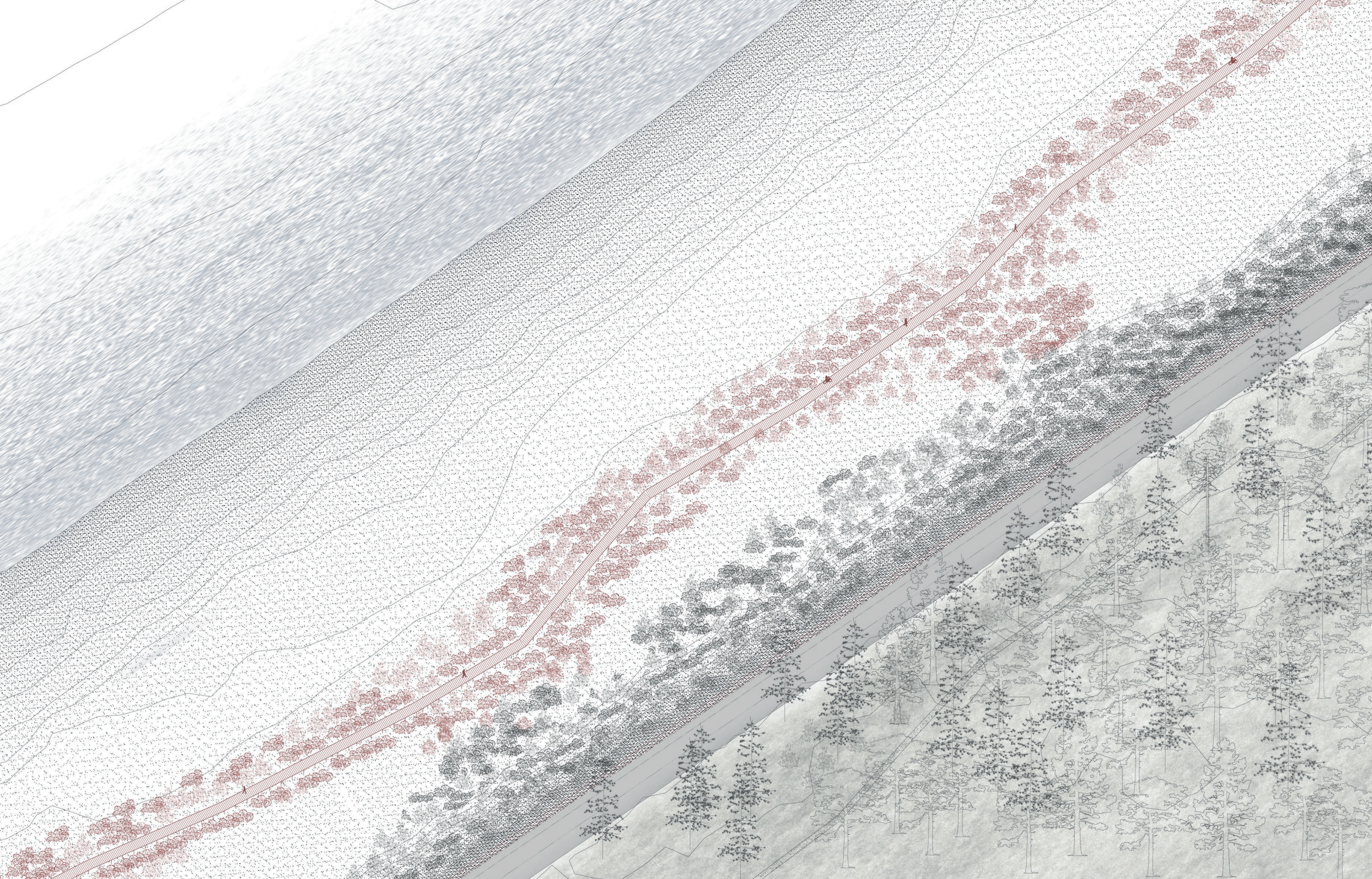
Le projet a ici plusieurs objectifs pour les dunes, qui sont indispensables à la protection du littoral, et au stockage de l'eau douce.

Le premier est de davantage végétaliser les dunes, afin de les stabiliser contre l'érosion. En effet, les racines des plantes ont pour rôle de fixer le sable lorsqu'il y a du vent ou des submersions provoqués par des tempêtes. Ainsi, la dune est progressivement consolidée. La piste cyclable surélevée sur pilotis contribue également à stabiliser la dune, en préservant sa surface du piétinement; qui est un facteur de sa dégradation.

Par ailleurs, une dune est constituée de plusieurs zones. Il y a la dune embryonnaire, située juste après la plage; ensuite la dune blanche qui est la partie la plus haute donc la plus exposée au vent; la dune grise; et enfin l'arrière-dune souvent constituée de forêts. La dune blanche est mobile tandis que la grise est semi-fixée. Il est alors primordial de végétaliser la dune blanche plutôt que la dune grise, qui elle est déjà très végétalisée et donc en cours de stabilisation. Les espèces majeures à planter sur la dune blanche sont l'Oyat, la Chiendent des sables et la Soude maritime. Les autres espèces du catalogue ci-contre sont, elles, situées sur la dune grise.

Le deuxième objectif est le pompage de l'eau à l'arrière des dunes, afin que l'eau de pluie s'infiltre plus efficacement dans la lentille d'eau douce située en-dessous.

Ce pompage est rendu possible grâce à des noues végétalisées qui récupèrent les eaux pluviales, ou simplement des surfaces sableuses et donc perméables qui permettent une infiltration naturelle.



 Nouveaux territoires d'accueil des eaux  Canaux, cours d'eau existants  Projet  Mer du Nord

Fig. 5.14 : 3. Nouveau réseau de piste cyclable, le long des dunes : Végétalisation de la dune et pompage de l'eau de pluie

0 8 20m 



Fig. 5.15 : 3. Nouveau réseau de piste cyclable, le long des dunes : Végétalisation de la dune et pompage de l'eau de pluie

6. CONCLUSION

L'Oudlandpolder est un territoire complexe, qui a été entièrement contrôlé par l'Homme pour contrer les inondations marines. Mais aujourd'hui, à travers cette analyse et projet, nous sommes capables d'affirmer qu'il faut agir différemment afin de sauvegarder ce paysage tidal : cohabiter avec l'eau.

La montée du niveau marin est maintenant irréversible, et de grandes mesures doivent être prises par les gouvernements pour assurer la pérennité de ces types de territoires très vulnérables. Les systèmes hydrauliques mis en place vont atteindre, et atteignent déjà pour certains, leurs limites. Les digues ne peuvent pas être indéfiniment surélevées ni étendues, le pompage des terres dans les zones basses ne peut plus continuer et les écluses ainsi que les vannes et barrages ne sont plus suffisants pour contrer la montée du niveau de la mer. L'arrière-pays doit être maintenant bien plus considéré que la côte, déjà équipée en infrastructures de protection.

De plus, l'agriculture, qui compose presque l'entièreté du territoire et jouant un important rôle économique, est en danger à cause, notamment, de la salinisation des sols. Nous pouvons dire que les terres de l'Oudlandpolder arrivent à saturation.

Le projet, à travers un regard d'architecte en devenir, a eu pour objectif de résoudre toutes les problématiques étudiées ; telles que les inondations et salinisation résultant de la montée des eaux, le manque d'eau douce, l'érosion de la côte, ou encore la biodiversité menacée. Il propose également de nouveaux types d'agriculture liés à l'eau, permettant une adaptation du territoire aux nouvelles zones de rétention d'eau.

Le but a été de travailler avec le territoire, plus précisément le tracé des crêtes de criques et des compartiments hydrauliques, pour en faire des leviers de projet. Le territoire devient alors une infrastructure hydraulique lui-même.

Les nouvelles zones d'accueil des eaux permettent de recharger les nappes phréatiques en eau douce et donc d'éviter une salinisation trop importante, de créer des zones où l'eau peut s'écouler naturellement en grande quantité lors de tempêtes, et sont des supports pour des activités aquatiques et une agriculture liée à l'eau. Celle-ci comprend notamment la paludiculture, utilisant des plantes qui purifient l'eau, peuvent être utilisées en tant que biomasse pour créer de l'énergie, alimentation ou encore matériaux de construction.

De plus, le maintien des sols saturés en eau évite à la tourbe d'entrer en contact avec l'air et donc de se tasser ; et son extraction qui libère du dioxyde de carbone n'est plus nécessaire, puisque la culture de plantes telle que la sphaigne est une alternative à ce processus. Ces concepts offrent alors au territoire de nouvelles pratiques agricoles en lien avec les problématiques écologiques et des habitats encore plus riches pour la biodiversité.

Le projet présente également un nouveau réseau cyclable reprenant le tracé des anciens chenaux de marée qui s'enfonçaient dans les terres, ponctué par des activités telles que l'aquaculture et paludiculture proches des villages, location de kayaks, petits musées, observatoires ornithologiques et autres infrastructures en bois permettant aux habitants et touristes de profiter de ces nouveaux paysages inondés. Ceux-ci ont pour rôle de développer davantage la faune et la flore des milieux humides, objectif également actuel et primordial pour l'OudlandPolder. Ainsi, ces éléments contribuent aussi à sensibiliser la population aux enjeux environnementaux.

Enfin, le réseau cyclable atteint également le cordon dunaire, pour une mise en valeur de la diversité des paysages de l'Oudlandpolder. En ce lieu-ci, des noues à l'arrière des dunes ont pour rôle de récupérer l'eau de pluie pour son infiltration sous les dunes, qui sont d'importants réservoirs d'eau douce. La piste cyclable est matérialisée par une infrastructure en bois sur pilotis, qui permettent de stabiliser la dune et d'éviter sa dégradation par des piétinements. Le troisième objectif est de végétaliser davantage la dune blanche (mobile) avec des espèces pionnières, pour la stabiliser et éviter son érosion.

Cependant, ce projet soulève encore plusieurs questions. Une transition vers une agriculture liée à l'eau et l'abandon de certaines terres nécessitent l'adhésion des agriculteurs et des habitants, ainsi qu'une grande coopération entre les acteurs locaux. De plus, les projections relatives au changement climatique et de la montée du niveau de la mer sont encore incertaines, donc les solutions proposées ici doivent être envisagées comme des scénarios prospectifs.

Le projet de ce travail repense le territoire en cas extrême de changement climatique et de montée des eaux d'ici 2050-2100. Sa réalisation ne serait donc peut-être pertinente que dans plusieurs décennies. Néanmoins, de grandes mesures doivent être prises dès aujourd'hui, afin de répondre aux grandes menaces à venir.

BIBLIOGRAPHIE

THÉORIE

FABIAN, L. (2016) “Water and asphalt : the project of isotropy.,” Water and asphalt : the project of isotropy. Di Viganò, Paola; Fabian, Lorenzo; Secchi, Bernardo (editors).

ARTICLES

SHOM. (2022). Le rapport 2022 du GIEC. REFMAR, Consulté en ligne le 03/04/2026
URL : <https://refmar.shom.fr/actualites/rapport-2022-giec>

SPF Santé publique. (2023). Rapport de synthèse du GIEC 2023. climat.be, Consulté en ligne le 03/04/2026
URL : <https://climat.be/changements-climatiques/changements-observees/rapports-du-giec/2023-rapport-de-synthese>

Bouron, J-B. (2025) «Polder, poldérisation, dépoldérisation.» Géoconfluences. École normale supérieure de Lyon, Consulté en ligne le 10/04/2026
URL : <https://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/polder>.

Van den Eynde, D., De Sutter, R., De Smet, L., Francken, F., Haelters, J., Maes, F., et al. (2011). Evaluation of climate change impacts and adaptation responses for marine activities. Belgian Science Policy Office (BELSPO), Consulté en ligne le 10/05/2026
URL : <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/publications/evaluation-of-climate-change-impacts-and-adaptation-responses-for-marine-activities-final-report>

Lorec, A. & Mathé, F. (2016). La phytoremédiation. Les défis du CEA, n°208. Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA). Infographie. Consulté en ligne le 29/05/2026
URL : <https://www.cea.fr/multimedia/Documents/infographies/posters/defis-du-CEA-infographie-phytoremediation.pdf>

Desvigne, M. (2005) 'Geography in Motion', Lotus International, 155, pp. 16–17. Consulté en ligne le 04/03/2026,
URL : https://micheldesvignepaysagiste.com/sites/default/files/mdp_lotus-155-geography-in-motion.pdf

SITES INTERNET

Sigmaplan. (s.d.). «Hedwige- en Prosperpolder», Consulté le 15/03/2026
URL : <https://www.sigmaplan.be/nl/projecten/hedwige-en-prosperpolder>

Administration de la gestion de l'eau. (s.d.). Inondations subites – définition. Gouvernement du Luxembourg, Consulté le 20/05/2026
URL : <https://eau.gouvernement.lu/fr/domaines-activite/inondations-subites/definition.html>

H+N+S Landscape Architects. (s.d.). «Room for the River Nijmegen», Consulté le 23/03/2026,
URL : <https://hnsland.nl/en/projects/room-river-nijmegen/>

Larousse. «Salinisation.» Dictionnaire de français Larousse. Consulté le 05/04/2026
URL : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/salinisation/10910195>

INSEE (s.d.) Aquaculture, consulté le 25/05/2026
URL : <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1534>

Triple Performance (s.d.) Paludiculture. Consulté le 25/05/2026
URL : <https://wiki.tripleperformance.fr/wiki/Paludiculture>

RAPPORTS ET ÉTUDES

Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid. (2008). Bekkenbeheerplan Bekken van de Brugse Polders 2008–2013. Vlaamse overheid, Consulté en ligne le 14/02/2026, 25/02/2026, 29/03/2026
URL : https://www.integraalwaterbeleid.be/nl/bekkens/bekken-brugse-polders/oud/bekkenbeheerplan/2_BPOL_BBP_LR.pdf

Departement Omgeving & Team Vlaams Bouwmeester. (2020). Kust en klimaat. Gids voor een gebiedsgerichte aanpak. Vlaamse overheid. Consulté en ligne le 23/02/2026, 05/03/2026, 20/04/2026, 03/05/2026
URL : <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/37599>

Wolfs, Vincent, P. Meert, V. Ntegeka, C. Gullentops, P. Meire, K. De Schamphelaere, L. Gheysens, K. Demeulemeester, et D. Huits. (2023). Waterbalansstudie Oudlandpolder i.f.v. een klimaatrobuust water- en peilbeheer en de lange termijn doelstellingen voor landbouw en natuur : eindrapport. Leuven : Sumaqua, 2023. Consulté en ligne le 15/02/2026, 02/03/2026, 20/04/2026, 15/05/2026
URL : <https://www.vliz.be/imisdocs/publications/409565.pdf>

Architecture Workroom Brussels - H+N+S Landschapsarchitecten - Maat Ontwerpers - Xaveer De Geyter Architecten. (2014). Metropolitaan Kustlandschap 2100 : Eindrapport Fase 3 DEEL 2, Consulté en ligne le 10/11/2025, 12/03/2026, 03/04/2026, 10/05/2026
URL : <https://www.vlaamsbouwmeester.be/sites/default/files/uploads/20150226-MKL2100-Eindrapport-Deel2.pdf>

Daemen E, De Bie J, De Craemer E, Desmet B, Gellinck B, Goethals E, Igodt B, Van Besien E, Van Isacker W, Vergauwen R. (2023). Landinrichting Oudlandpolder fase 1 : Landinrichtingsplan Oudlandpolder I Ontwerp, Consulté en ligne le 02/03/2026
URL : <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/56013>

Stevens, M., Buysse, D., Van den Neucker, T., Gelaude, E., Baeyens, R., Jacobs, Y., Mouton, A., Coeck, J. & Van Vesslem, J. (2011). Wetenschappelijke ondersteuning van de uitvoering van het palingbeheerplan: inventarisatie pompgemalen en inventarisatie van de technische karakteristieken en waterbeheeraspecten van prioritaire zout-zoetovergangen. Rapport INBO.R.2011.38. Brussel: Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO). Consulté en ligne le 23/02/2026, 02/05/2026
URL : <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/9573>

Paulissen, M., Coninx, I., Hermans, T., Maas, G., Aerts, J., De Paep, M. & De Deken, S. (2013). Metropolitaan Kustlandschap 2100. Studieopdracht Metropolitaan Kustlandschap, fase 1: een verkennende en methodologische analyse van de Belgische Kust. Wageningen UR (Alterra) & BUUR Bureau voor Urbanisme, pour le Vlaams Bouwmeester, Ruimte Vlaanderen et Mobilité en Openbare Werken. Consulté en ligne le 02/04/2026, 08/05/2026
URL : https://www.vlaamsbouwmeester.be/sites/default/files/2024-10/FASE_1_Metropolitaan_kustlandschap_2100_Analysefase_Eindrapport_low.pdf

FiBL, WWF Suisse et Agroscope (2026) Paludiculture : Agriculture sur sols organiques humides. Fiche technique n°1830. Consulté en ligne le 25/05/2026
URL : <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1830-paludiculture.pdf>

BASE DE DONNÉES

Délimitation des polders :
<https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/grenzen-van-polders-toestand-05-12-2025>

Limite des eaux souterraines dans les dunes :

Paulissen, M., Coninx, I., Hermans, T., Maas, G., Aerts, J., De Paep, M. & De Deken, S. (2013). Metropolaan Kustlandschap 2100. Studieopdracht Metropolaan Kustlandschap, fase 1: een verkennende en methodologische analyse van de Belgische Kust. Wageningen UR (Alterra) & BUUR Bureau voor Urbanisme, pour le Vlaams Bouwmeester, Ruimte Vlaanderen et Mobiliteit en Openbare Werken, p.162.

URL : https://www.vlaamsbouwmeester.be/sites/default/files/2024-10/FASE_1_Metropolaan_kustlandschap_2100_Analysefase_Eindrapport_low.pdf

Bâti :

<https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/grbgis>

Atlas hydrographique:

https://www.waterinfo.vlaanderen.be/default.aspx?path=Public/Kaarten/Po8_VHA

Montée du niveau de la mer :

https://waterinfo.vlaanderen.be/default.aspx?path=Public/Kaarten/P14_Overstromingsrichtlijn2025

Intensité de la sécheresse extrême du sol d'ici 2100 :

<https://waterinfo.vlaanderen.be/droogtefrequentiekaarten>

Salinisation extrême du sol :

<https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/verziltingskaart-2014-2017-conservatief-mtaw>

Erosion, sédimentation :

Paulissen, M., Coninx, I., Hermans, T., Maas, G., Aerts, J., De Paep, M. & De Deken, S. (2013). Metropolaan Kustlandschap 2100. Studieopdracht Metropolaan Kustlandschap, fase 1: een verkennende en methodologische analyse van de Belgische Kust. Wageningen UR (Alterra) & BUUR Bureau voor Urbanisme, pour le Vlaams Bouwmeester, Ruimte Vlaanderen et Mobiliteit en Openbare Werken, p.165.

URL : https://www.vlaamsbouwmeester.be/sites/default/files/2024-10/FASE_1_Metropolaan_kustlandschap_2100_Analysefase_Eindrapport_low.pdf

Structure des sols de l'Oudlandpolder :

<https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/digitale-bodemkaart-van-het-vlaams-gewest-bodemtypes>

Plan compartiments et infrastructures hydrauliques :

Wolfs, Vincent, P. Meert, V. Ntegeka, C. Gullentops, P. Meire, K. De Schamphelaere, L. Gheysens, K. Demeulemeester, et D. Huits. (2023). Waterbalansstudie Oudlandpolder i.f.v. een klimaatrobust water- en peilbeheer en de lange termijn doelstellingen voor landbouw en natuur : eindrapport. Leuven : Sumaqua, 2023, p.54

URL : <https://www.vliz.be/imisdocs/publications/409565.pdf>

Zones Habitat Natura 2000 :

<https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/biologische-waarderingskaart-en-natura-2000-habitatkaart-toestand-2025>

Prairies permanentes historiques :

<https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/historisch-permanente-graslanden-hpg-en-andere-permanente-graslanden-in-vlaanderen-bescherm-door-de-natuurwetgeving>

Forêts :

<https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/wms-agentschap-voor-natuur-en-bos>

Voiries :

<https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/wfs-wegenregister>

Topographie :

Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen II, DTM, raster, 1 m, <https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/digitaal-hoogtemodel-vlaanderen-ii-dtm-raster-1-m>

ICONOGRAPHIE

Note : Les illustrations ci-dessous n'ont pas été produites par l'autrice :

Fig. 1.2 et 1.3 : SPF Santé publique. (2023). Rapport de synthèse du GIEC 2023. climat.be, Consulté en ligne le 03/04/2026
URL : <https://climat.be/changements-climatiques/changements-observees/rapports-du-giec/2023-rapport-de-synthese>

Fig. 1.4 : SHOM. (2022). Le rapport 2022 du GIEC. REFMAR, Consulté en ligne le 03/04/2026,
URL : <https://refmar.shom.fr/actualites/rapport-2022-giec>

Fig. 2.2 : Sigmaplan. (s.d.). «Hedwige- en Prosperpolder», Consulté le 15/03/2026
URL : <https://www.sigmaplan.be/nl/projecten/hedwige-en-prosperpolder>

Fig. 2.3 : H+N+S Landscape Architects. (s.d.). «Room for the River Nijmegen», Consulté le 23/03/2026,
URL : <https://hnsland.nl/en/projects/room-river-nijmegen/>

Fig. 2.4 : Metropolaan Kustlandschap 2100 Eindrapport Fase 3 - DEEL 2 Exploratief ontwerpend onderzoek, <https://www.vlaamsbouwmeester.be/sites/default/files/2024-10/20150226-MKL2100-Eindrapport-Deel2.pdf>, p.7

Fig. 4.5 : FABIAN, L. (2016) “Water and asphalt : the project of isotropy.” Water and asphalt : the project of isotropy. Di Viganò, Paola; Fabian, Lorenzo; Secchi, Bernardo (editors), p.26

Fig. 4.6 : FABIAN, L. (2016) “Water and asphalt : the project of isotropy.” Water and asphalt : the project of isotropy. Di Viganò, Paola; Fabian, Lorenzo; Secchi, Bernardo (editors), p.110

Fig. 4.7 : FABIAN, L. (2016) “Water and asphalt : the project of isotropy.” Water and asphalt : the project of isotropy. Di Viganò, Paola; Fabian, Lorenzo; Secchi, Bernardo (editors), p.88

Fig. 4.8 : Desvigne, M. (2005) ‘Geography in Motion’, Lotus International, 155, pp. 16–17. Consulté en ligne le 04/03/2026,
URL : https://micheldesvignepaysagiste.com/sites/default/files/mdp_lotus-155-geography-in-motion.pdf

Fig. 4.9 : Atelier Horizon, Réseau de cyclisme récréatif, consulté le 12.03.2026
URL : <https://atelierhorizon.com/Kust-Images-2>

Fig. 4.21 : Wolfs, Vincent, P. Meert, V. Ntegeka, C. Gullentops, P. Meire, K. De Schamphelaere, L. Gheysens, K. Demeulemeester, et D. Huits. (2023). Waterbalansstudie Oudlandpolder i.f.v. een klimaatrobuust water- en peilbeheer en de lange termijn doelstellingen voor landbouw en natuur : eindrapport. Leuven : Sumaqua, 2023. p.16, Consulté en ligne le 15/02/2026, 02/03/2026, 20/04/2026, 15/05/2026
URL : <https://www.vliz.be/imisdocs/publications/409565.pdf>

Note : Les illustrations suivantes sont produites par l'autrice, mais réalisées à partir ou en référence à des documents existants, dont les sources sont indiquées ci-dessous :

Fig. 2.5 , 2.6 et 2.7 : Paulissen, M., Coninx, I., Hermans, T., Maas, G., Aerts, J., De Paep, M. & De Deken, S. (2013). Metropolaan Kustlandschap 2100. Studieopdracht Metropolaan Kustlandschap, fase 1: een verkennende en methodologische analyse van de Belgische Kust. Wageningen UR (Alterra) & BUUR Bureau voor Urbanisme, pour le Vlaams Bouwmeester, Ruimte Vlaanderen et Mobiliteit en Openbare Werken, pp. 26-44-50, Consulté en ligne le 02/04/2026, 08/05/2026
URL : https://www.vlaamsbouwmeester.be/sites/default/files/2024-10/FASE_1_Metropolaan_kustlandschap_2100_Analysefase_Eindrapport_low.pdf

Fig. 2.8 et 2.9 : Architecture Workroom Brussels - H+N+S Landschapsarchitecten - Maat Ontwerpers - Xaveer De Geyter Architecten. (2014). Metropolaan Kustlandschap 2100 : Eindrapport Fase 3 DEEL 2, p.11, Consulté en ligne le 10/11/2025, 12/03/2026, 03/04/2026, 10/05/2026
URL : <https://www.vlaamsbouwmeester.be/sites/default/files/uploads/20150226-MKL2100-Eindrapport-Deel2.pdf>

Fig. 4.1 : Departement Omgeving & Team Vlaams Bouwmeester. (2020). Kust en klimaat. Gids voor een gebiedsgerichte aanpak. Vlaamse overheid, p.113, Consulté en ligne le 23/02/2026, 05/03/2026, 20/04/2026, 03/05/2026
URL : <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/37599>

Note : Toutes les autres illustrations ainsi que les photos sont entièrement produites par l'autrice.