
Dynamiques des espaces insulaires face aux changements climatiques - Etude de cas de l'île de Texel (Pays-Bas)

Auteur : Delavault, Tiffany

Promoteur(s) : Menzel, Christoph Gotthard

Faculté : Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

Diplôme : Master architecte paysagiste, à finalité spécialisée

Année académique : 2019-2020

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/10576>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

DYNAMIQUES DES ESPACES INSULAIRES FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES - ÉTUDE DE CAS DE L'ÎLE DE TEXEL (PAYS-BAS)

DELAVAUT TIFFANY

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER D'ARCHITECTE PAYSAGISTE**

ANNÉE ACADÉMIQUE 2019-2020

(CO)-PROMOTEUR(S): CHRISTOPH MENZEL.

"Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être autorisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et du Président du Comité de Gestion de la formation en Architecte Paysagiste."

DYNAMIQUES DES ESPACES INSULAIRES FACE
AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES - ÉTUDE
DE CAS DE L'ÎLE DE TEXEL (PAYS-BAS)

REMERCIEMENTS

Je voudrais tout d'abord remercier toutes les personnes qui ont participé, soutenu et contribué de près ou de loin à la réalisation de ce Travail de Fin d'Etude.

Je tiens également à remercier mon promoteur, Monsieur Menzel, pour sa disponibilité, son écoute, ses conseils et ses critiques qui m'ont permis d'évoluer et de progresser au fil des rendez-vous et de rendre ce travail.

Merci à ma famille, frère et sœur pour leurs relectures, leurs critiques et leurs interrogations et qui m'ont ainsi permis d'avoir une diversité de regard sur ce travail. Je tiens à remercier spécialement mes parents pour leur soutien durant ces années d'étude et leurs nombreuses relectures de ce mémoire.

Merci à mes amis, camarades de classe qui ont su me soutenir, m'ouvrir à d'autres perspectives tout au long de la réalisation de ce travail. Merci à Yannick Colling pour son soutien quotidien et ses diverses remarques sur le contenu .

Enfin merci aux habitants et aux personnes rencontrées à Texel qui ont su m'aider dans mes recherches et répondre à mes interrogations.

RÉSUMÉ

Îles désertes, îles touristiques, îles paradisiaques, îles d'expérience militaire ou nucléaire, ... Aujourd'hui nous retrouvons, à travers le monde, une diversité d'îles tant par leur configuration que par leur taille, leur peuplement, ou encore par leur histoire. Ces dernières, qu'importe leur statut ou vocation première, sont aujourd'hui des espaces insulaires affectés par des enjeux divers dont elles subissent les conséquences. Certaines de ces îles sont d'ailleurs impactées par la puissance des changements climatiques. Ainsi se pose la question de leur adaptation face à ces nouvelles conditions environnementales, comment ces espaces insulaires vont-ils évoluer/s'adapter face aux différentes conséquences telles que la perte de biodiversité ou encore le phénomène de submersion marine ? Ces îles ont un rôle important pour la biodiversité, nombreuses sont celles qui sont situées sur un couloir migratoire, hébergeant d'importantes espèces animales et végétales. Or ces territoires sont directement exposés aux multiples pressions anthropiques et naturelles et nécessitent de ce fait une attention et une gestion particulière.

Les objectifs de recherche de ce Travail de Fin d'Etude sont, dans un premier temps, l'analyse des différentes pressions et impacts du changement climatique concernant les espaces insulaires de la Mer des Wadden situés aux Pays-Bas. Ainsi est mis en avant les problématiques et enjeux de ces espaces présents aujourd'hui. Dans un second temps, l'analyse d'un cas d'étude hollandais (l'île de Texel) permettra de se concentrer sur une proposition de scénarios selon différentes gestions : scénario de référence, scénario d'inaction ou encore scénario avec mise en place d'une politique « durable ». Ainsi une double méthodologie sera adoptée l'une par proposition de scénarios et l'autre axée sur l'observation du paysage permettant d'identifier les évolutions possibles des espaces insulaires et de voir les actions déjà en place face aux changements climatiques. Une étude des stratégies d'actions mises en place à différents niveaux territoriaux, mais également une étude d'indicateurs permettant d'évaluer les dynamiques de ces territoires d'un point de vue environnemental, économique et social qui sera réalisée afin de mettre en avant les atouts d'une gestion durable des espaces et du paysage. Pour ce faire des cartes sont modélisées grâce au logiciel QGIS sur la base d'hypothèses émises permettant de simuler l'occupation du sol future selon une gestion du territoire spécifique et de voir ainsi l'évolution de la fragmentation du paysage et de la superficie du patrimoine naturel. La finalité de cette recherche est de projeter les effets des décisions prises sur les évolutions des espaces insulaires face aux changements climatiques par l'intermédiaire de scénarios tout en observant le paysage actuel et ses composantes futures.

Ce Travail de Fin d'étude vient ainsi contribuer, à son échelle, à étudier les paysages actuels pour identifier leurs évolutions possibles et donc imaginer les paysages de demain. Ainsi il trouve sa pertinence dans des études d'architecture du paysage car il vient imaginer les paysages à venir et étudie les actions mises en place face au changement climatique, plus particulièrement face à la montée des eaux.

Mots clés : évolution du paysage / changement climatique / aménagement du territoire / gestion durable / espace insulaire.

ABSTRACT

Deserted islands, tourist islands, paradise islands, islands of military or nuclear experiments ... Today we find, throughout the world, a diversity of islands as much by their configuration as by their size, their population, or their history. These ones are today islands affected by various challenges which suffered from the consequences impacted by climate change. All of this raise the question of the adaptation to these new environmental conditions and how these islands will evolve/adapt in response to the various consequences such as the loss of biodiversity or the marine submersion? These islands have an important role for biodiversity, many of them being located on a migratory corridor, hosting important animal and plant species. However, these territories are directly exposed to multiple anthropic and natural pressures and require special attention and management.

The research objectives of this final work (TFE) are, firstly, the analysis of the different pressures and impacts of climate change on the Wadden Sea island areas in the Netherlands. In this way, the problems and challenges of these spaces present today are highlighted. Secondly, the analysis of a Dutch case study (Texel) will allow to focus on many scenarios according to different management: one of them call «reference», the other «inaction» and the last one «implementation of a «sustainable» policy». Then two methodologies will be adopted, one for each proposed scenario and the other focused on landscape observation. These methodologies offer the possibility to identify the possible evolutions of the island and to see the actions already in place in response to climate change. A study of the strategies already implemented at different territorial levels, but also a study of the indicators used to assess the dynamics of these territories from an environmental, economic and social point of view will be made in order to highlight the advantages of sustainable management of spaces and landscape. To do this, maps are modelled using the QGIS software on the basis of hypotheses making it possible to simulate future land use according to specific land management. Also these maps helps us to see the evolution of landscape fragmentation and natural heritage areas. The aim of this research is to project the effects of decisions taken on the evolution of island areas in response to climate change by using scenarios and also to observe the current landscape and its future components.

This final work contributes, on its own scale, to the study of current landscapes in order to identify their possible evolutions and also imagine the landscapes of tomorrow. It finds its relevance in studies of landscape architecture because it imagines future landscapes and also it studies the actions implemented in response to climate change, particularly in the face of rising water levels.

Key words : landscape evolution / climate change / spatial planning / sustainable management / island.

TABLE DES MATIÈRES

V	REMERCIEMENTS
VI	RÉSUMÉ
VII	ABSTRACT
1	PROBLÉMATIQUE : <i>Comment les espaces insulaires peuvent-ils s'adapter face aux changements climatiques ?</i>
2	DÉFINITIONS GÉNÉRALES
5	PARTIE I : ÉTAT DE L'ART
5	I.1. Les espaces insulaires, une diversité d'espaces au sein de la Mer des Wadden
5	<i>I.1.a. Étude paysagère des espaces insulaires</i>
5	I.1.a.i. D'un point de vue social et économique
6	I.1.a.ii. D'un point de vue environnemental et paysager
7	<i>I.1.b. Typologie des espaces insulaires</i>
8	<i>I.1.c. Les espaces insulaires de la Mer des Wadden</i>
9	I.1.c.i. Les habitats des espaces insulaires de la Mer des Wadden
10	I.1.c.ii. Les paysages des espaces insulaires de la Mer des Wadden
12	<i>I.1.d. Une évolution au cours du temps</i>
14	<i>I.1.e. Caractéristiques climatiques</i>
14	I.2. Les pressions sur les espaces insulaires de la Mer des Wadden
14	<i>I.2.a. Naturelle</i>
15	<i>I.2.b. Anthropique</i>
15	I.2.b.i. L'urbanisation croissante associée au tourisme
16	I.2.b.ii. Les activités économiques
17	I.2.b.iii. L'agriculture
18	I.3. Les impacts du changement climatique sur les espaces insulaires de la Mer des Wadden
18	<i>I.3.a. Environnemental</i>
19	<i>I.3.b. Socioculturel</i>
20	<i>I.3.c. Économique</i>
21	<i>I.3.d. Paysager</i>
21	I.4. Les stratégies d'action face au changement climatique
21	<i>I.4.a. A l'échelle de l'Union Européenne</i>
22	<i>I.4.b. A l'échelle de la Mer des Wadden</i>
23	<i>I.4.c. A l'échelle nationale (Pays-Bas)</i>
24	<i>I.4.d. A l'échelle locale (Texel)</i>
25	I.5. Conclusion
26	PARTIE II : MÉTHODOLOGIE
26	II.1. Le site d'étude
26	<i>II.1.a. Contexte</i>
27	<i>II.1.b. Texel</i>
27	II.1.b.i. Évolution historique
28	II.1.b.ii. Démographie
28	II.1.b.iii. Climat
29	II.1.b.iv. Paysage et environnement
32	II.1.b.v. Relation terre et mer
33	II.1.b.vi. Services écosystémiques

35	II.2. Méthode d'évaluation
35	II.2.a. Par proposition de scénarios
36	II.2.a.i. Identification des scénarios
37	II.2.a.ii. Identification des indicateurs pour évaluer les dynamiques et évolutions des espaces insulaires
38	II.2.a.iii. Récolte des données pour l'état de référence en plusieurs catégories
40	II.2.a.iv. Réalisation d'hypothèses quant au devenir de l'île sur base des scénarios
40	II.2.a.v. Modélisation des scénarios selon les hypothèses émises
41	II.2.a.vi. Démarche générale de la méthodologie
42	II.2.c. Par observation du paysage
43	II.4. Synthèse méthodologique
44	PARTIE III : RESULTATS
44	III.1. Par proposition de scénarios
44	III.1.a. Scénario de référence
44	III.1.a.i. Usage du sol
45	III.1.a.ii. Processus anthropiques
47	III.1.a.iii. Processus naturels
49	III.1.b. Scénario d'inaction
49	III.1.b.i. Émission des hypothèses
51	III.1.b.ii. Règles de changement d'affectation de sol
52	III.1.b.iii. Modélisation de la carte de simulation
54	III.1.c. Scénario avec mise en place d'une politique de gestion durable
54	III.1.c.i. Émission des hypothèses
56	III.1.c.ii. Règles de changement d'affectation de sol
57	III.1.c.iii. Modélisation de la carte de simulation
59	III.1.d. Conséquences sur les processus anthropiques et naturels
59	III.1.d.i. Processus anthropiques
60	III.1.d.ii. Processus naturels
61	III.1.e. Synthèse des résultats "Par proposition de scénarios"
62	III.2. Par observation du paysage
69	III.3. Une autre représentation du paysage
71	PARTIE IV : DISCUSSION
71	IV.1. Discussion des résultats
74	IV.2. Critiques de la méthodologie et difficultés rencontrées
76	PARTIE V : CONCLUSION
78	TABLE DES FIGURES ET DES TABLEAUX
80	BIBLIOGRAPHIE
84	ANNEXES

PROBLÉMATIQUE

Comment les espaces insulaires peuvent-ils s'adapter face aux changements climatiques ?

Aujourd'hui le réchauffement climatique prend de plus en plus d'importance tant au niveau politique qu'économique, environnemental ou encore social. En effet, on observe et on mesure les effets directs et indirects des changements climatiques sur la nature et son environnement ainsi que sur le complexe humain et le système monde (Baldacchino and Dehoorne, 2014). Ces observations sont réalisées à tout point de vue que ce soit de l'échelle locale jusqu'à l'échelle territoriale mettant en avant des problématiques et des enjeux sur des plans multiples : environnemental, économique, social et politique (Collectif et al., 2019). Les petits espaces insulaires sont particulièrement vulnérables aux changements climatiques qu'importe leurs localisations géographiques. Effectivement ils sont au premier plan concernés par la variabilité du climat et l'élévation du niveau de la mer. Ainsi ces effets représentent aujourd'hui des risques considérables pour le développement durable de ces territoires et leur économie qui repose principalement sur l'agriculture et le tourisme. Mais ces espaces insulaires sont aujourd'hui vus comme de véritables laboratoires, des « pionniers de l'adaptation » permettant d'observer, de mesurer et d'étudier les effets du changement climatique sur ces territoires. (Bouchard et al., 2010) Ainsi il est utile d'étudier l'impact de ces modifications à l'échelle d'une île et les conséquences des différents modes de gestion du territoire pour voir et déterminer si la gestion durable permet de rendre le territoire plus résilient face aux changements climatiques.

Un cas d'étude a donc été sélectionné, l'île de Texel au Pays-Bas, du fait de ses caractéristiques géographiques, culturelles, économiques et paysagères. Cette dernière est située au sein de la Mer des Wadden, l'un des derniers grands paysages naturels d'Europe classé « Réserve de la biosphère » par l'UNESCO (Kohlus, 2008) et qui recèle une biodiversité remarquable. Face aux changements climatiques et à la montée des eaux c'est toute une identité, un héritage naturel et culturel qui est menacé et donc intéressant d'étudier.

Dans un premier temps un état de l'art va être présenté afin de réaliser une contextualisation des espaces insulaires de la mer des Wadden et comprendre les enjeux auxquels ils font face. Dans un second temps l'île de Texel sera présentée ainsi que les différentes méthodologies intitulées : "*Par réalisation de scénarios*" et "*Par observation du paysage*". La réalisation de scénario permet de simuler l'évolution possible du paysage en appliquant des méthodes de gestion du territoire différentes. Ici a été choisi :

- une gestion d'inaction, c'est-à-dire ne faire rien de plus que ce qui est existant,
- une gestion durable, c'est-à-dire une gestion avec des objectifs à la fois économiques, sociaux et environnementaux.

En troisième partie seront présentés les résultats de ces deux méthodologies alliant méthode scientifique et sensible. Enfin les résultats précédemment observés seront discutés. L'ensemble de ces parties a donc pour finalité de comprendre les dynamiques des espaces insulaires et notamment de Texel, de voir leurs évolutions possibles selon la gestion du territoire mise en place.

L'objectif de ce Travail de Fin d'Etude est donc d'observer les dynamiques des espaces insulaires mises en place face au réchauffement climatique plus précisément sur l'île de Texel au Pays-Bas. Se pose la question de savoir quelle gestion du territoire est la plus adaptée pour des territoires insulaires et en particulier pour Texel. Comment ces petits territoires peuvent-ils s'adapter face à des enjeux préoccupants telle que la diminution des ressources naturelles, la perte de biodiversité tant marine que terrestre, l'évolution du paysage dans sa globalité ?

DÉFINITIONS GÉNÉRALES

Un ensemble de définitions est présenté dans cette partie avec une traduction du mot en anglais et néerlandais. En annexe des photographies illustrent certains de ces concepts visibles sur l'île de Texel (Annexe 1).

Bancs de sable / Sandy shoals / Zandige scholen : Espace composé de sable ou de sédiments, surélevé par rapport au fond aquatique, visible à la surface de l'eau. (Larousse)

Canal d'irrigation / Irrigation channel / Irrigatiekanaal : Canal servant à conduire et à répartir les eaux d'irrigation jusqu'aux cultures. (Larousse)

Chenal / Channel / Kanaal : Dépression allongée sur le fond de la mer servant de voie de transit pour l'eau et les sédiments. (Larousse)

Crique / Creek / Beek : Petite échancrure d'une côte rocheuse. (Larousse)

Delta / delta / Delta : Cône alluvial construit par la marée au débouché d'un goulet de marée ouvert dans un cordon littoral isolant une lagune. (Larousse)

Dune / Dune / Duin : Colline constituée par un amas de sable accumulé par le vent. (Larousse)

Estuaire / Estuary / Estuarium : Embouchure fluviale sur une mer ouverte, formant une échancrure profonde dans le tracé littoral, qui correspond souvent à une vallée submergée et qui est soumis à l'onde de marée. (Larousse)

Fragmentation / Fragmentation / Versnippering : Se caractérise par une diminution de la surface totale d'un habitat, et son éclatement en îlots. Cette fragmentation a pour conséquence la modification de la qualité de l'habitat. (Burel et Baudry)

Insularité / Insularity / Eilandkarakter : État, caractère d'un pays formant une île ou composé d'îles. (Larousse)

Intertidale / Intertidal / Intertidaal : Se dit de l'espace côtier compris entre les limites extrêmes atteintes par la marée. (Larousse)

Marais salants / Salt marsh / Zoutweide : Ensemble de bassins et de canaux, pour la production du sel par évaporation des eaux de mer sous l'action du soleil et du vent. (Larousse)

Marée / Tide / Getij : Oscillation quotidienne de la mer dont le niveau monte et descend alternativement. (Larousse)

Marnage / Tidal range / Getijdenbereik : Variation du niveau du plan d'eau d'une voie navigable, d'une retenue en cours d'exploitation normale. (Larousse)

Moraine / Moraine / Morene : Matériel transporté ou déposé par un glacier. (Larousse)

Mur de jardin / Garden walls / Tuunwallen : Murets de terre fait de landes ou de mottes d'herbe servant de limites aux parcelles de culture. (Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, 2017)

Polder / Polder / Polder : Région entourée de digues, afin d'éviter l'inondation par les eaux marines ou fluviales, puis drainée et mise en valeur. (*Larousse*)

Prairies sous-marines / Seagrass meadows / Zeegrasweide : ou «Herbiers marins» jouent un rôle majeur dans les écosystèmes des proches rivages marins. Ces derniers sont composés de plantes uniques à fleurs pouvant coloniser la mer. (*den Hartog C. et Kuo J. in Larkum A.W.D., Orth R.J. & Duarte C.M., Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation : Taxonomy and Biogeography of Seagrasses, Dordrecht (The Netherlands), Springer, 2006, 1re éd*)

Ravins / Gullies / Geulen : Dépression allongée et profonde creusée par un torrent. (*Larousse*)

Résilience / Resilience / Veerkracht : Exprime, d'une part, la capacité de récupération ou de régénération d'un organisme ou d'une population, et, d'autre part, l'aptitude d'un écosystème à se reconstituer à la suite d'une perturbation. (*Géoconfluence*)

Schorre / Schorre / Schor : Partie haute d'un marais littoral, submergée uniquement aux grandes marées. (Il est formé de vase consolidée et recouverte de végétation herbacée.) (*Larousse*)

Slikke / Slikke / Slik : Partie basse et nue d'un wadden, inondée à chaque marée. (*Larousse*)

Solastalgie / Solastalgia / Solastalgia : ou «éco-anxiété» est un comportement lié à l'expérience d'un changement de l'environnement vécu négativement. (*Glenn Albrecht*)

Tourbières / Peatland / Veenland : Sorte de marais au fond duquel se forme la tourbe et où on l'extrait. (*Larousse*)

Tourisme vert / Green tourism / Natuurtoerisme : ou «éco-tourisme» est un tourisme privilégiant la découverte de la nature dans le respect des ressources environnementales et du bien-être des populations locales. (*Larousse*)

Vasière / Mudflat / Wadlopen : Étendue côtière ou sous-marine couverte de vase. (*Larousse*) En néerlandais le terme vasière est également connu sous le nom de wad (singulier) et wadden (pluriel).

Zone humide / Wetland / Moeraslandgebied : Les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année. (*Loi sur l'eau -Code de l'environnement - France*)

I.1. Les espaces insulaires, une diversité d'espaces au sein de la Mer des Wadden

I.1.a. Etude paysagère des espaces insulaires

Les espaces insulaires sont toujours caractérisés comme des lieux, des territoires uniques tant par leurs environnements que par leurs développements (Bouchard et al., 2010). De plus ils sont souvent dit posséder « des caractères physiques spécifiques au milieu insulaire : morphologie littorale, effet du relief multipliant les zones microclimatiques, variété des paysages sur une superficie réduite, endémisme biologique, fragilité des écosystèmes » (Taglioni, 2006). Ce terme rejoint celui de « île » dont de nombreuses études cherchent à lui donner une description, mais comme le terme montagne ou colline il est difficile de lui donner une caractérisation précise (Taglioni, 2003). Selon la conférence de Genève en 1958, l'ONU définit une île comme « une étendue naturelle de terre entourée d'eau qui reste découverte à marée haute ». Une autre définition de l'île nous indique qu'il s'agit « des terres entourées d'eau de tous côtés, d'un seul tenant, dont la superficie est inférieure à 11 000 km² et la population inférieure à 1,5 million d'habitants » (Taglioni, 2006).

Compte tenu de ce flou qui émane autour du concept d'espace insulaire, il va être présenté, ici, une étude paysagère permettant de caractériser ce terme par des notions axées sur le paysage.

I.1.a.i. D'un point de vue social et économique



Un espace insulaire est donc un territoire bordé d'eau de toute part, bénéficiant d'une zone côtière (Figure I.1), lieu d'interface entre la mer et la terre, également appelé « littoral » (Lavalle et al., 2011). Généralement coupés du continent, les espaces insulaires provoquent en nous ce sentiment de déconnexion, d'isolement et d'entrée sur un autre territoire. Cette impression est d'autant plus marquante lorsque l'île est seulement accessible par bateau renforçant cette insularité. Ceci est déterminé par la relation dynamique qui s'est construite entre un espace insulaire et la société qui y vit (Taglioni, 2006). C'est donc grâce à l'insularité que nous pouvons avoir un autre regard sur le paysage que composent les îles, pensant à toutes les connexions directes et indirectes avec l'extérieur et le continent. Il est toutefois à noter que toutes les îles ne disposent pas d'un niveau d'insularité identique (Bertrand and Richard, 2011) et donc qu'il s'agit ici d'une approche plutôt généraliste. D'un point de vue social, les espaces insulaires sont généralement de petite taille ce qui offre une relation de proximité entre les habitants. De plus il

Figure I.1 - Zone côtière de l'île de Texel. Le littoral est fortement marqué par les dunes à l'ouest de l'île.

Source : Rijkswaterstaat (Archives historique 1900-1960)

ya souvent une certaine cohésion, un esprit d'entraide en particulier à la campagne. Certains territoires insulaires décrivent d'ailleurs cet esprit de convivialité, d'accueil comme typique et propre aux espaces insulaires, le « manaakitanga » en Nouvelle-Zélande en est un exemple. Ainsi le paysage des îles est influencé par la composante sociale, induisant le tracé des routes, mettant en avant les richesses culturelles, écologiques et économiques du territoire qui sont malheureusement trop souvent méconnues. Pourtant le paysage est l'expression visuelle de ce capital (Bernardie and Taglioni, 2005).

D'un point de vue économique, nombreux sont les espaces insulaires continentaux qui dépendent directement de ce dernier ou des ressources marines de proximité (McLean et al., 2007). Malgré une agriculture prépondérante dans les zones planes dûe à des sols fertilisés, une économie basée sur la pêche ou les ressources que l'île procure, les espaces insulaires ne sont généralement pas autosuffisants.

1.1.a.ii. D'un point de vue environnemental et paysager

D'un point de vue environnemental ce que nous pouvons observer est que les espaces insulaires font généralement preuve d'une grande biodiversité dûe à de multiples habitats présents sur une petite superficie de territoire aujourd'hui considérée comme des hotspots de biodiversité (Cabral, Wiegand and Kreft, 2019). Mais les îles ne sont pas seulement caractérisées par leur économie, leur environnement et les habitants qui la composent. C'est également par l'atmosphère créée, par l'identité et les légendes qui tournent autour de leurs paysages qui font de ces espaces des lieux emplis de mystères et d'une certaine féerie. Les contes et légendes sont aujourd'hui considérés comme patrimoine culturel de la nation et sont donc précieux et à préserver (de Jong, 2013). Ce sont en partie ces récits folkloriques qui forgent l'identité des espaces insulaires et qui traduisent et définissent l'île en elle-même et ses paysages.

Certains au relief accidenté et recouvert d'une épaisse forêt tropicale, d'autres caractérisés par l'accueil de leurs habitants, les espaces insulaires sont des lieux en perpétuel mouvement et unique de part leurs caractéristiques (Collectif et al., 2019). Lucien Febvre définit d'ailleurs très bien cette entité comme « un tour de côtes, un circuit de rivages, [...] en second lieu, une surface terrestre sur laquelle jouent souverainement les influences de la mer. [...], enfin un domaine voué à l'isolement et à toutes ses conséquences » (La Terre et l'évolution humaine, 1970).

En Europe et plus spécifiquement au sein de la Mer des Wadden, les espaces insulaires sont des lieux privilégiés, façonnés par des conditions climatiques et des mouvements géologiques. On y retrouve une biodiversité incroyable marquant le

Figure 1.2 - Bancs de sable et zone intertidale au sein de la Mer des Wadden, Pays-Bas (bleu clair). Ces zones représentent des biotopes spécifiques où est présente une grande biodiversité.

Source : CNES, Spot Image, Mai 2006



paysage d'un caractère naturel prédominant (Delgado et al., 2017). De plus la zone côtière, comprenant la ligne continue de profondeur -20 mètres, les plages et les zones dunaires (Schultz van Haegen, M.H., 2017), est un réel atout pour comprendre comment le paysage s'est formé. C'est en observant le paysage des îles que nous pouvons comprendre comment les dunes ont été façonnées, poussées vers le haut par le vent, comment les marées, les bancs de sable et les trous de mer, intimement liés aux courants marins créent des entités caractérisant les espaces insulaires et notamment les îles de la Mer des Wadden (Strootman, 2016). Mais plus que tout, les îles sont des territoires en perpétuel mouvement, qui, du fait de l'impact des vagues, des courants, des apports ou retraits des sédiments voient leurs configurations modifiées (ESA, 2010) (Figure 1.2).

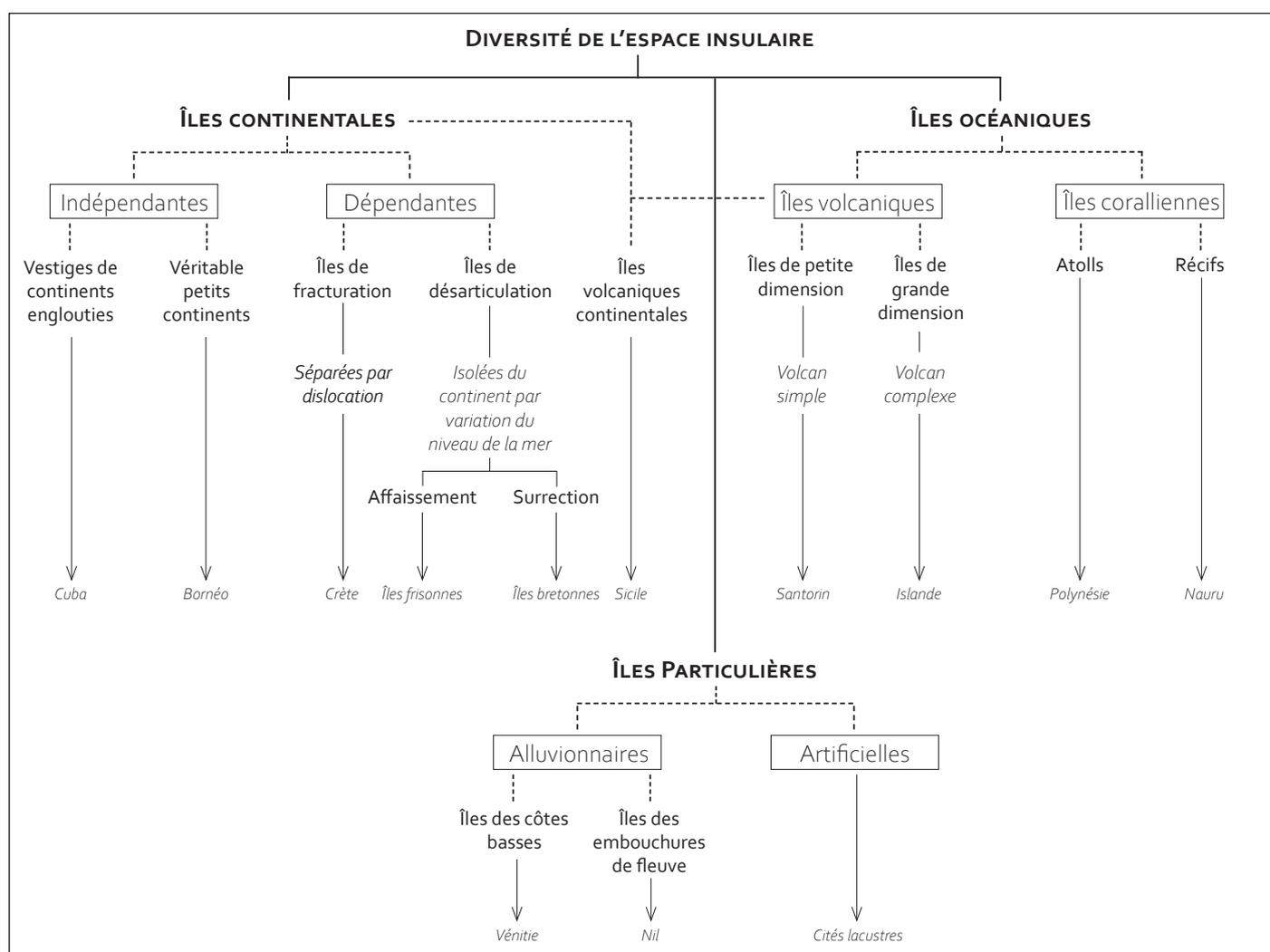
1.1.b. Typologie des espaces insulaires

Les espaces insulaires sont des lieux distincts les uns des autres, multiples et uniques en tout point de vue. Généralement considérés comme de simples lieux périphériques en dehors des puissances métropolitaines (Baldacchino and Dehoorne, 2014) ils font pourtant aujourd'hui l'objet de grands questionnements comme l'atteste la proclamation par les Nations Unies de l'année 2014 : « Année internationale des petits états insulaires en développement ». Mais les îles ne se résument pas seulement à des états insulaires dans le prolongement d'une logique continentale, il s'agit également de points névralgiques, au cœur d'interface de flux variés (Bernardie and Taglioni, 2007). Nous pouvons dénombrer deux sortes d'îles à savoir les îles continentales et les îles océaniques (Baldacchino and Dehoorne, 2014). C'est sur ces premières que cette étude se portera et plus spécifiquement sur les îles de la Mer des Wadden en Europe. Ces espaces insulaires dit « continentaux » peuvent être décrits comme une sorte d'érosion, de fracture, de désarticulation du continent, survivant pourtant à l'engloutissement qui leur étaient initialement destiné (Taglioni, 2003).

Nous distinguons donc une diversité d'espaces insulaires dont des îles rattachées aux continents, celles rattachées à de grands archipels qui deviennent dans ce cas-ci des « sur-îles » comme le Royaume-Uni, celles correspondant à de petits états mono-insulaires (Chypre), bi-insulaires (Malte) ou multi-insulaires et d'autres archipélagogiques (Féroé) (Bernardie and Taglioni, 2005). Mais à l'intérieur de chaque famille des sous-ensembles apparaissent (Aubert de La Rüe, 1935) (Figure 1.3).

Figure 1.3 - Diversité de l'espace insulaire. Selon la classification originelle d'Edgar Aubert de la Rüe il existe trois types d'espaces insulaires : les îles continentales, les îles océaniques et les îles particulières.

Source : Illustration de Tiffany Delavault d'après Aubert de la Rüe E., "L'homme et les îles", Paris, Gallimard, 1935, pp. 7-14



On retrouve donc :

- Les îles continentales, elles-mêmes subdivisées en îles indépendantes et dépendantes ;
- Les îles océaniques, elles-mêmes se distinguant entre volcaniques et coralliennes parmi lesquelles on retrouve les atolls et les récifs ;
- Les îles particulières, représentant celles qui ne se retrouvent pas dans les deux catégories précédentes. On observe donc principalement les formations alluvionnaires des embouchures de fleuves ou des côtes basses, les îles artificielles construites de toutes pièces par l'Homme.

De nombreuses études ont été menées depuis des décennies afin de réaliser une typologie précise des îles (Bernardie and Taglioni, 2005) variant selon ces critères: classification originelle et morphologique, classification fonctionnelle,... ainsi les typologies et les terminologies peuvent être différentes selon les études mais les principes fondateurs restent identiques, tous étant d'accord sur le fait que : « le caractère premier d'une île est d'être unique et de ne ressembler en apparence à aucune autre » comme nous l'indique Doumenge en 1984. (Germanaz, 2005) Ainsi l'essai de création d'une typologie ne peut nous apparaître que décevante et sans véritable succès même s'il s'agit ici plus d'un outil nous permettant de nous rendre compte de l'hétérogénéité des espaces insulaires que compose le monde.

1.1.c. Les espaces insulaires de la Mer des Wadden

Comme nous pouvons le voir au sein de la classification originelle d'Edgar Aubert de la Rüe (*Partie 1.1.b. Typologie des espaces insulaires*), les îles frisonnes sont classées parmi les îles continentales, dépendantes du continent mais tout de même isolées par une variation du niveau de la mer leurs conférant la typologie « d'îles de désarticulation ». Composées de 25 îles habitées, de petites îles végétales et de bancs de sables, les îles frisonnes possèdent une aire totale de 2000 km² au sein de la Mer des Wadden (Kabat et al., 2012).

La Mer des Wadden est la mer côtière de trois pays limitrophes : les Pays-Bas, le Danemark et l'Allemagne (*Figure 1.4*) (CWSS, 2016) eux même composés de

Figure 1.4 - Image satellite de la Mer des Wadden et ses trois sous-régions (Pays-Bas, Danemark, Allemagne)

Source : Wadden Sea World Heritage et schéma de Tiffany Delavault

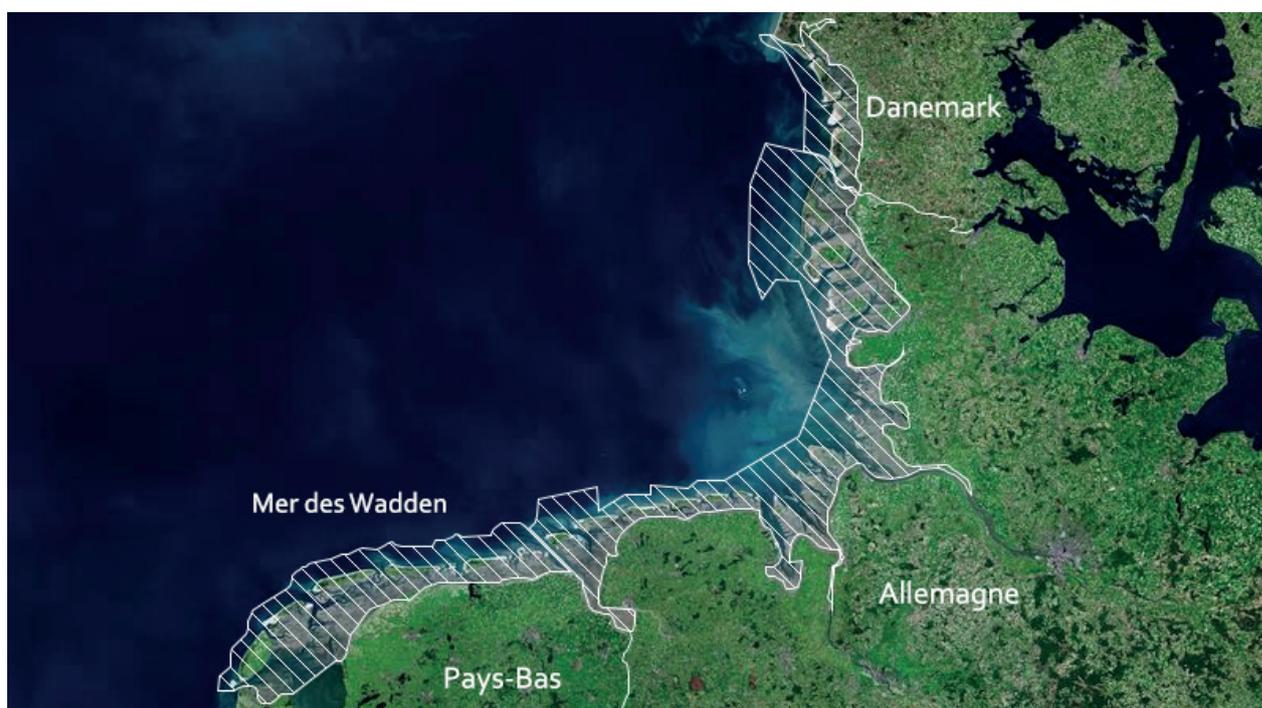


Tableau I.1 - Classification des îles de la Mer des Wadden. 44 îles habitées, bancs de sables et îles végétales composent les îles de la Frise (Occidentale, Orientale et Septentrionale).

Source : Wadden Sea World Heritage (CWSS)

Pays	Dénomination	Nom des îles
Pays-Bas	Îles de la Frise-Occidentale	Noorderhaaks / Texel / Vlieland / Richel / Terschelling / Griend / Ameland / Rif / Engelsmanplaat / Schiermonnikoog / Simonszand / Rottumerplaat / Rottumeroog / Zuiderduintjes
Allemagne	Îles de la Frise-Orientale	Borkum / Lütje Hörn / Kachelotplate / Memmert / Juist / Norderney / Baltrum / Langeoog / Spiekeroog / Wangerooge / Minsener-Oldoog / Mellum / Langlutjen II / Langlutjen I / Neuwerk / Scharhörn/ Nigehörn / Trischen / Blauort / Tertius / Pellworm / les Halligen / Amrum / Föhr / Sylt
Danemark	Îles frisonnes septentrionales	Jordsand / Rømø / Mandø / Fanø / Langli

différentes îles dont l'ensemble est dénommé îles de la Frise occidentale, orientale ou septentrionale (Tableau I.1).

Le nom « Wadden » provient du néerlandais « wad » traduisant : boue plate. Sa superficie s'étend du Sud de l'île de Texel pour se terminer 500 km plus loin jusqu'au nord d'Esbjerg au Danemark. Les larges estrans ou wadden s'étendent le long de cette mer au relief général faible (50 mètres au dessous du niveau de la mer) sorte de marge de la Mer du Nord (Verger, 1956). Cette mer est dite bordière car elle longe les côtes et est séparée de la Mer du Nord par l'ensemble des îles dénommé archipel de la Frise. (Danto, 2019) Ce système ininterrompu de vasières est aujourd'hui soumis à la pression du changement climatique et en particulier des accélérations de l'élévation du niveau de la mer.

1.1.c.i. Les habitats des espaces insulaires de la Mer des Wadden

L'ensemble des caractéristiques uniques de la Mer des Wadden a permis d'en faire un site reconnu aujourd'hui comme patrimoine naturel mondial de l'UNESCO (CWSS, 2016). Le site comprend l'aire de conservation de la Mer des Wadden néerlandaise, les parcs nationaux allemands de la Mer des Wadden de Basse-Saxe et Schleswig-Holstein et la majeure partie de l'aire de conservation de la Mer des Wadden danoise. L'ensemble de ces trois aires correspond à l'un des derniers grands paysages naturels d'Europe classé « Réserve de la biosphère » par l'UNESCO (Kohlus, 2008). L'endroit est composé de multiples milieux (Figure I.5) et héberge de nombreuses espèces de plantes et d'animaux. Il constitue la plus grande aire de repos d'Europe pour l'avifaune et possède une fonction de réserve ornithologique et de nurserie pour le phoque gris, le phoque commun et le marsouin commun notamment (Kohlus, 2008).

Cet ensemble paysager de la Mer des Wadden est composé de différents habitats permettant

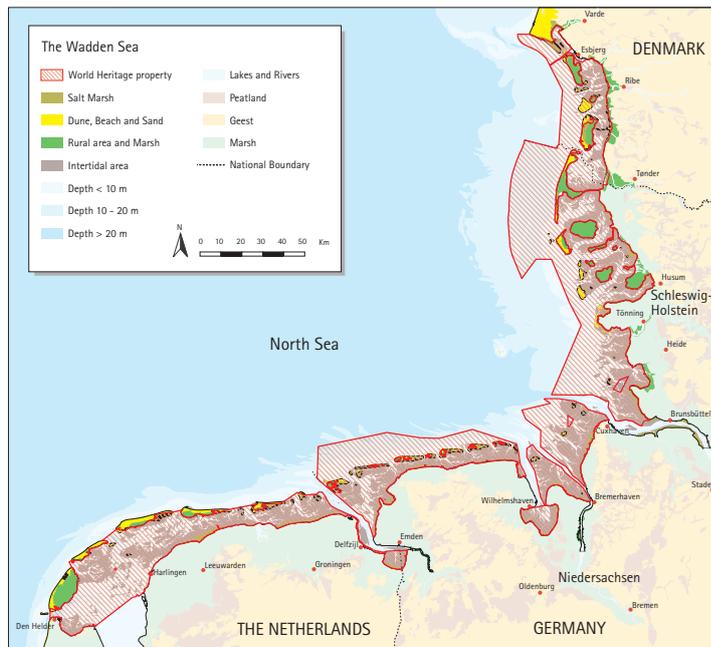
Figure I.5 - La Mer des Wadden, un hotspot de biodiversité. Les zones intertidales constituent l'un des milieux hébergeant une avifaune migratrice et sédentaire (Texel).

Source : Tiffany Delavault



Figure 1.6 - Principaux habitats présents au sein de la Mer des Wadden. On retrouve notamment des zones dunaires, des zones de prairies, des marais et zones intertidales.

Source : Wadden Sea World Heritage (CWSS)



à une diversité florale et faunistique de s'installer. Ainsi on retrouve des systèmes dunaires, des zones de prairies, des marais salants, des landes à bruyères et plus encore (Figure 1.6).

Le système dunaire est composé de deux cordons parallèles avec une végétation à un stade de développement plus ou moins important. La dune dite « mobile » ou « blanche » est celle qui est la plus récente et qui est en voie de fixation par une végétation basse comme l'oyat (*Ammophila arenaria*). Ce type de dune est encore sujette à l'érosion et au transport de sable par le vent. La dune dite « fixe » ou « grise » est, quant à elle, fixée par une végétation herbacée et arbustive comme la fétuque

rouge (*Festuca rubra*) ou l'argousier (*Hippophae rhamnoides*) (Carré, 1976). Ce système dunaire est composé de dépressions intra-dunaires où nous pouvons retrouver un habitat de type landes à bruyères (Figure 1.7). Ces vallées sont pour la plupart couvertes de bruyères dunaires et d'autres plantes comme la gentiane des marais (*Gentiana pneumonanthe*) appréciant particulièrement cet environnement. Les prairies et les marais salants sont quant à eux des zones planes où l'on retrouve un mélange diversifié de plantes adaptées aux régimes de perturbation (CWSS, 2016). Ces zones représentent une partie importante de la superficie des îles et sont utilisées principalement à des fins agricoles (culture, pâturage,...).

Figure 1.7 - Les landes à bruyères des îles frisonnes. Ces dernières se situent dans les dépressions intra-dunaires et sont pour la plupart pâturées par des vaches écossaises (Texel).

Source : Tiffany Delavault



1.1.c.ii. Les paysages des espaces insulaires de la Mer des Wadden

Au cours du temps l'Homme a façonné cet environnement et le paysage actuel des îles. Il l'a fait évoluer au cours du temps en créant notamment des polders engendrant de nouveaux paysages et de nouveaux usages. Cet acte est appelé poldérisation et les Pays-Bas en sont pionniers avec au total plus de 190 000 ha de terres récupérées (Gueben-Venièrre, 2015). Au XVII^{ème} siècle une grande partie des

marais sont déjà endigués, gagnant ainsi des terres sur la mer, tout ceci à des fins agricoles (Carré, 1976). Ces polders sont généralement ceinturés partiellement ou entièrement par des digues et, du fait de l'excellente qualité des sols, sont exploités pour l'agriculture et l'élevage (Goeldner-gianella et al., 2008).

Figure 1.8 - La Mer des Wadden, entre ciel et terre (Texel). Ce paysage unique offre des variations perpétuelles de ce qui s'offre à notre vue.

Source : Tiffany Delavault



La Mer des Wadden et ses espaces insulaires sont un lieu « entre terre et mer », où le ciel et la terre partagent la même scène (Figure 1.8) pour offrir un spectacle évoluant et se façonnant selon les fluctuations marines, les vents et les marées. C'est au détour d'un regard que nous nous rendons compte de l'immensité de la Mer des Wadden, de cet horizon sans fin qui porte notre vue au loin. Les distances se jouent de nous, les limites sont floues et l'air marin, vif et salé, nous transporte dans un tout autre paysage que celui que nous venons de quitter, celui du continent. Les îles bougent, les bancs de sable se développent continuellement, générant de nouvelles terres tout en en faisant disparaître d'autres. La Mer des Wadden est comme un désert de sable éphémère s'étendant au loin, recouvert par le va-et-vient des marées, où la nature à fleur d'eau, échappe encore à l'influence de l'homme.

Ce paysage mystérieux et unique est également le lieu de nombreux contes et légendes, d'un imaginaire folklorique faisant l'identité même des Wadden et de l'archipel de la Frise. Ainsi de nombreux poèmes et contes ont vu le jour comme « An Old Frisian Poem » publié en 1915, décrivant la lutte d'une famille vivant sans père et devant endurer un hiver rude (Wood, 2015).

« An Old Frisian Poem »

*thenna thiu neilthiùstera nácht and thi nédkàlda wínter
ur tha túnar hléth, sa farther alra mónna hwélic
inna sin hóf and inna sin hús, alder hi sin lif on biháld,
and thet wíldé diar secht thene hóla bam and thera bérga hli:
sa wéniath thet nérighe bárn and wépth tha sine nákedá líthi
and sin húslase and sinne féder, ther hine hrédde with thene
winter
kálder and with thene héta húngher,
thet hi sa diápe bislághen and sa dímmé bisléten
is únder éke and under érthe bithácht.*

Traduction «An Old Frisian Poem»

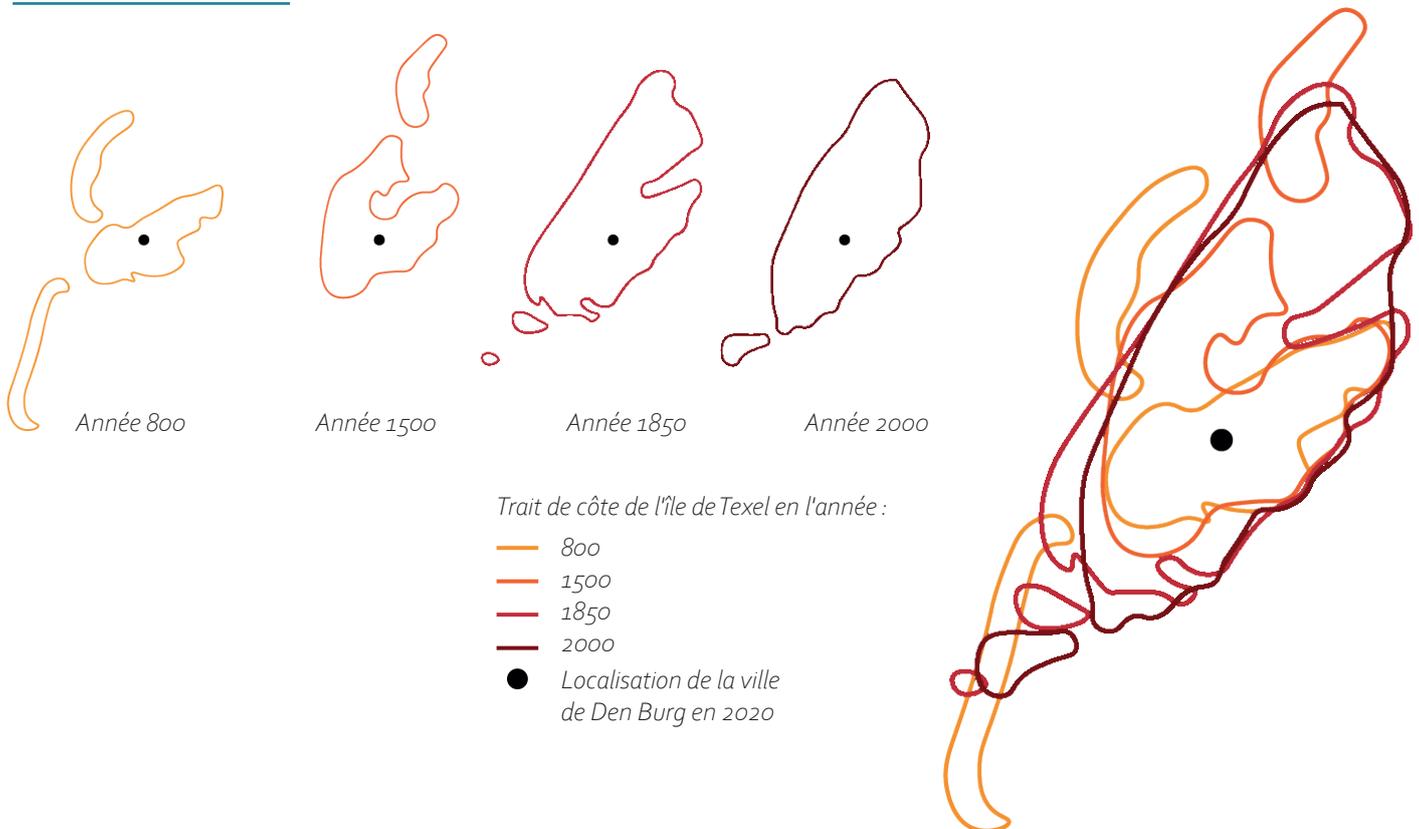
*Quand la nuit est sombre et l'hiver froid et brumeux
Dans les champs, à l'automne, et pour tous les hommes
Au toit de l'abri pour les protéger de la mort,
Et la bête sauvage se dirige vers l'arbre creux
Ou bien il est couché dans une tanière dans les rochers :
Puis pleure l'enfant de la misère quand l'hiver lui refroidit les
membres,
Et le sans-abri pleure le père, qui devrait lui éviter la faim et le froid,
Et pleure qu'il soit couché si profondément, si sombrement fermé
à la lumière,
Sous la planche de chêne et chargé par la terre.*

1.1.d. Une évolution au cours du temps

Les îles des Wadden sont nées il y a 8000 ans (Crosato and Stive, 2000) des suites de l'élévation du niveau de la Mer du Nord, des phénomènes naturels déplaçant le sable vers la côte, asséchant les vasières à marée basse et les submergeant à marée haute (Lotze and Reise, 2005). Effectivement c'est par engraissement et création de bancs de sable que petit à petit les îles de la Mer des Wadden sont apparues. Sous l'effet successif des houles et de la dérive littorale, les îles se sont allongées tout en restant séparées du fait de la présence de passes, faisant entrer et sortir l'eau à chaque marée (Carré, 1976) (Annexe 2). Les îles et notamment Texel se sont donc créées suite à l'accumulation de terre et du fait de la présence de moraines glacières. Elles ont pu voir leur morphologie évoluer avec l'apparition et la disparition de tourbière, de zone sableuse ou de marais salants pour arriver à leur état actuel (Figure 1.9) (Vos, De Koning and Van Eerden, 2015).

Figure 1.9 - Cartes évolutives et simplifiées de la morphologie de l'île de Texel.

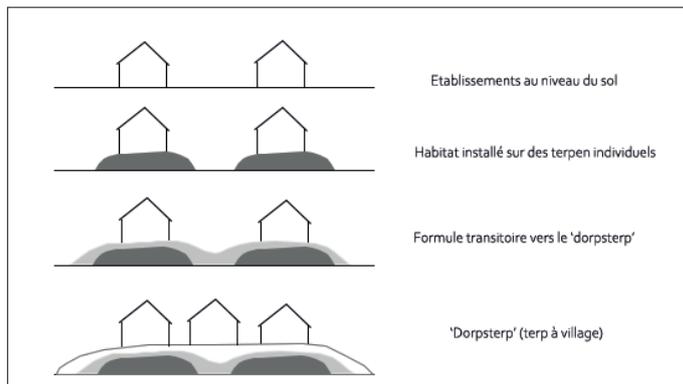
Source : Illustration de Tiffany Delavault d'après <https://landschapnederland.nl/paleogeografische-kaarten>



La présence d'eau salée a fortement influencé la faune et la flore qui ont dû s'adapter à ces conditions de milieu, à ce paysage changeant au cours du temps (Bazelmans, Groenendijk and de Langen, 2005). Une solide couche d'argile rocheuse est restée sur l'île de Texel où il y a 5000 ans les premiers habitants se sont installés, les autres îles étant sablonneuses et peu propice à l'habitat.

Avant le XI^{ème} siècle, la population a vécu avec le paysage existant sans modifier significativement son environnement. Elle y effectuait différentes pratiques comme l'élevage, la pêche, la chasse, le tissage ou la production de sel (Knottnerus, 2004). La transformation du paysage a eu lieu après le XI^{ème} siècle, notamment au Moyen Âge où la création de digues et de canaux était indispensable aux pratiques agricoles. Au cours du temps cette transformation s'est réalisée de diverses manières, avec dans un premier temps une exploitation des zones humides. Dans un second temps les habitants ont commencé à abattre les fourrés et les bois, à creuser des fossés et à surélever leur cour de ferme pour faire face à l'augmentation du niveau de la nappe phréatique. Les premiers habitants devaient donc être des pasteurs transhumants

qui emmenaient leur bétail sur des terres plus élevées pendant l'hiver (Knottnerus, 2004). Par la suite ces derniers ont commencé à surélever leurs fermes, pour finir par construire des buttes artificielles appelées en allemand «Wurten» et en frison «terpen» (Figure 1.10) (Lebecq, 1980). Ces



dernières sont composées de gazon et de fumier sur lesquelles ils ont installé leurs fermes et leurs champs (Lebecq, 1997). Tous ces mouvements humains ont détruit en partie certains habitats et ressources naturelles mais en ont également créé d'autres, des habitats alternatifs pour de nouvelles espèces.

Figure 1.10 - Evolution de l'habitat au sein de la Mer des Wadden vers un 'Dorpsterp'.

Source : Illustration de Tiffany Delavault d'après Lebecq S., « De la protohistoire au Haut Moyen Âge : le paysage des «terpen» le long des côtes de la mer du Nord, spécialement dans l'ancienne Frise », 1980, pp 135-137

L'archipel de la Frise était initialement un état indépendant mais en 1579 celui-ci signa le traité «L'Union d'Utrecht» liant son destin à celui des autres provinces désirant se séparer des Pays-Bas espagnols et perdant ainsi son individualité pour suivre la destinée du Royaume des Pays-Bas «Koninkrijk der Nederlanden». Ce changement a eu un impact considérable sur l'identité des frisons et tout le patrimoine culturel qu'ils possédaient. Car l'identité même des frisons peut se résumer en ces quelques mots : une aspiration à la liberté, travailleur et ambitieux, tendance au sérieux et mélancolique,... (de Jong, 2013). Ainsi il existerait une essence frisonne, une âme frisonne, une identité clairement distincte qui caractérisent ces habitants de l'archipel de la Frise il y a maintenant des décennies. Car après les Germains, les Gaulois ou encore les Celtes, les Frisons semblent être les dernières personnes que l'on qualifie d'hommes libres (*vrije fries*) (Schneider, 2011). La langue frisonne a notamment participé à la conservation de cette identité forte comme nous le montre cette expression de Justus Hiddes Halbertsma, écrivain et poète frison : «*De taal is de ziel der natie, zij is de natie zelve*» («La langue est l'âme de la nation, elle est la nation elle-même.») (de Jong, 2013). D'autres caractéristiques font de la Frise un lieu empli de caractère comme, par exemple, les chevaux frisons. La race de cheval Frison est le seul cheval indigène des Pays-Bas qui, jusqu'à aujourd'hui, est restée quasiment pure. Étroitement liée aux habitants de la Frise, cette race a tour à tour été utilisée de diverses manières, en tant que cheval de ferme ou encore de guerre, cheval de sport ou de loisir... Son histoire reste similaire à celle de l'homme qui l'utilise et l'élève selon ses besoins et l'évolution de ses modes de vie.

Figure 1.11 - Création de canaux et poldérisation d'anciens marais associés à une surélévation des habitations sur des buttes de terre (Texel).

Source : Tiffany Delavault



Cette relation est étroitement liée depuis des siècles afin de ne faire qu'une entité face au climat et aux diverses influences d'une terre à la croisée des échanges, des batailles et d'un monde se modernisant au fil des ans.

Au cours du temps, les habitants ont appris à modifier le paysage afin de se protéger et de protéger leurs terres de l'influence de la mer (Figure 1.11). Ils ont ainsi progressivement séparé la terre de la mer, utilisant toutes les ressources offertes par les Wadden (Lotze et al., 2005).

A l'avenir, les pressions et les événements naturels seront plus importants et nécessiteront donc une gestion durable de ces espaces afin de protéger le patrimoine de la Mer des Wadden, sa valeur environnementale et son potentiel économique (Wang et al., 2018).

1.1.e. Caractéristiques climatiques

L'ensemble de la Mer des Wadden et ses espaces insulaires sont soumis à des conditions climatiques particulières avec notamment une interaction entre les masses d'air maritime humides venant des directions ouest et les masses d'air continentales sèches venant de l'est (CWSS, 2015). Ceci offre donc au territoire un climat de type océanique avec des températures variant autour d'une moyenne annuelle de 8,5°C. Les vents dominants étant ceux venant d'ouest on observe sur ce territoire des hivers plutôt doux et des étés frais (Laursen and Frikke, 2016). L'eau quant à elle bénéficie d'une température autour des 4°C l'hiver et de 15°C l'été, les zones accueillant les températures extrêmes étant les zones de marées (CWSS, 2015). Enfin les précipitations sont modérées avec entre 700 et 800 mm/an soit environ 2 mm par jour. (Laursen and Frikke, 2016) L'ensemble de ces conditions climatiques caractérise la Mer des Wadden et ses espaces insulaires façonnent son identité, de par ce climat frais et humide tout au long de l'année. Cependant ce territoire va faire face à des changements dans la fréquence des événements extrêmes avec par exemple des vagues de chaleur, des tempêtes et autres phénomènes influençant l'ensemble des habitats présents. (CWSS, 2015)

1.2. Les pressions sur les espaces insulaires de la Mer des Wadden

1.2.a. Naturelle

Figure 1.12 - Transport du sable par le vent. Chaque jour des m³ de sable sont transportés façonnant les systèmes dunaires des îles (Texel).

Source : Tiffany Delavault



Aujourd'hui nous faisons face à des phénomènes naturels très présents (*Figure 1.12*) qui vont venir se renforcer dûs aux problématiques de changement climatique (Bertrand and Richard, 2011). Ces « atteintes naturelles » vont provoquer, et provoquent déjà, des fragilisations au niveau des espaces insulaires, de leurs infrastructures et de leurs écosystèmes (Goeldner, 1995). Les phénomènes les plus intenses seront une érosion naturelle plus importante et une augmentation du nombre de tempêtes entraînant indirectement des événements de submersions

marines temporaires (Colcombet et al., 2012). Cette érosion naturelle est d'autant plus marquée lorsque le littoral s'est vu intensément urbanisé engendrant une perturbation sur son fonctionnement naturel (Lenôtre, 2009).

Mais d'autres phénomènes naturels ont des impacts sur les espaces insulaires de la Mer des Wadden tel que le transport des sédiments (Wang et al., 2018). Ces derniers proviennent principalement des deltas et des côtes de la Mer du Nord et ont façonné la

Mer des Wadden, ses chenaux et ses îles. Lorsque la perte en sédiments des zones côtières est supérieure à l'apport alors on parle d'érosion naturelle. Les marées en sont un facteur important modifiant ainsi le paysage environnant les îles.

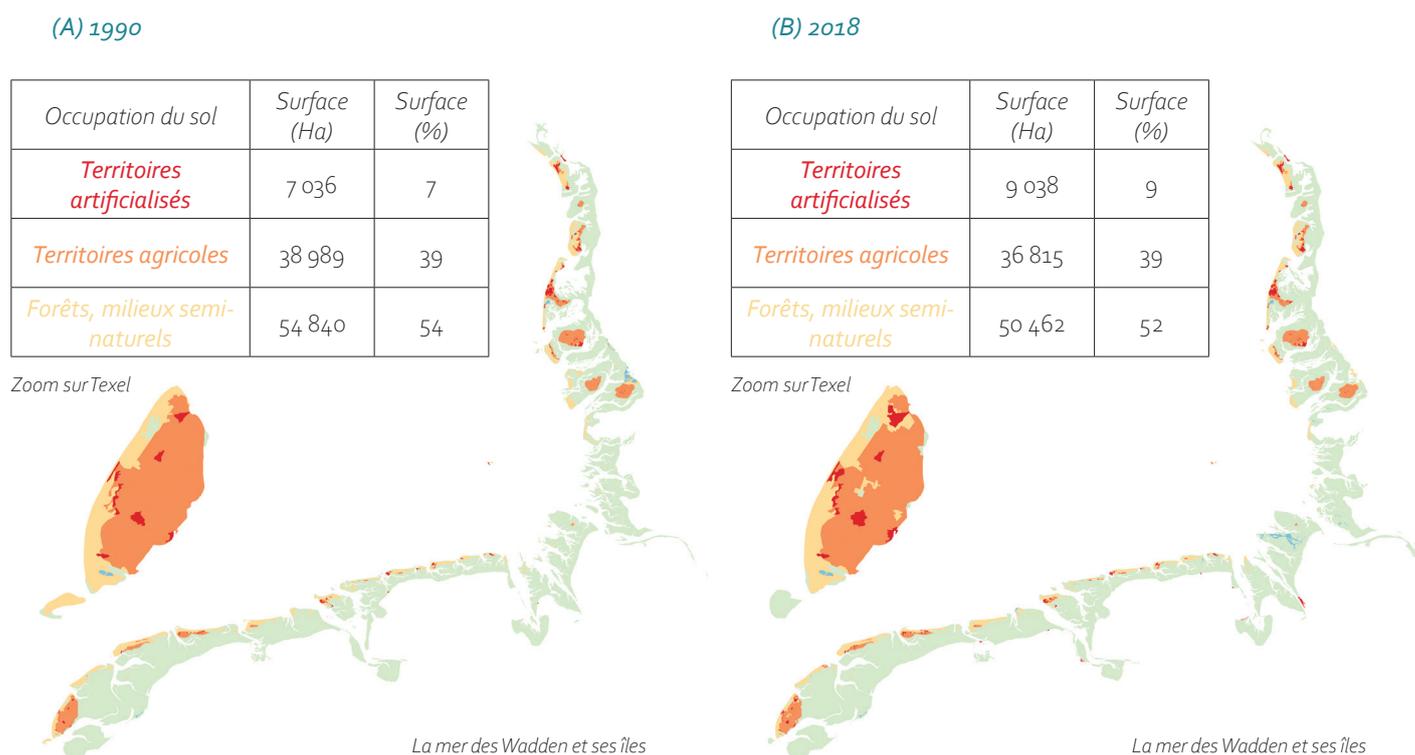
1.2.b. Anthropique

1.2.b.i. L'urbanisation croissante associée au tourisme

Les espaces insulaires font face depuis de nombreuses années à des pressions anthropiques de plus en plus intenses. Ce lieu est ainsi considéré par de nombreuses personnes comme lieu privilégié de ressourcement, de découvertes, de mystères et de rêve, à portée de main ou inaccessible mettant ainsi les espaces insulaires comme acteurs du tourisme (Maillard, 2006). De nombreuses activités et loisirs sont mis en place afin que les espaces insulaires de la Mer des Wadden soient attractifs pour une large gamme d'individu (Strootman, 2016) telles que des plages librement accessible, des zones dunaires, des réserves naturelles,... Effectivement ces territoires sont attractifs pour le tourisme par exemple, et de ce fait subissent une urbanisation croissante (Figure 1.13 A & B). Le tourisme contribue de façon notable à plusieurs transformations de ces espaces dont la qualité de vie ou le bien-être économique de la région (Laila et al., 2013). On note ainsi une augmentation du nombre de bâtiments au sein de la zone côtière de la Mer des Wadden sous des formes variées allant de la maison de plage, à de multiples campings engendrant une diminution de la valeur autant paysagère que culturelle de ces territoires (Schultz van Haegen, M.H., 2017). Cet essor du tourisme a donc renforcé l'attractivité de l'ensemble des territoires et des espaces insulaires comme Sylt, Sankt-Peter-Ording, ou encore Texel (Danto, 2019). Nombreux sont ceux qui, comme le biologiste Jac P. Thijsse, dépeignent le tourisme comme un des facteurs ayant eu un impact sur le déclin des valeurs naturelles des espaces insulaires et notamment de Texel (Egberts and Hundstad, 2019). Enfin ce dernier a été si important depuis les années 1960/1970, que de nombreux biotopes ont régressé, ou même disparu, au sein des dunes, des prés salés ou encore des vasières. D'autres impacts notables du tourisme sur la faune de la Mer des Wadden sont également visibles telles que les croisières engendrant des dérangements pour les phoques dont l'isolement est nécessaire et indispensable pour la reproduction et l'alimentation des jeunes individus. (Goeldner, 1995)

Figure 1.13 A & B - Évolution de l'occupation du sol des îles des Wadden entre 1990 (A) et 2018 (B).

Source : Illustration de Tiffany Delavault d'après Corine Landcover 1990 (A) et 2018 (B)



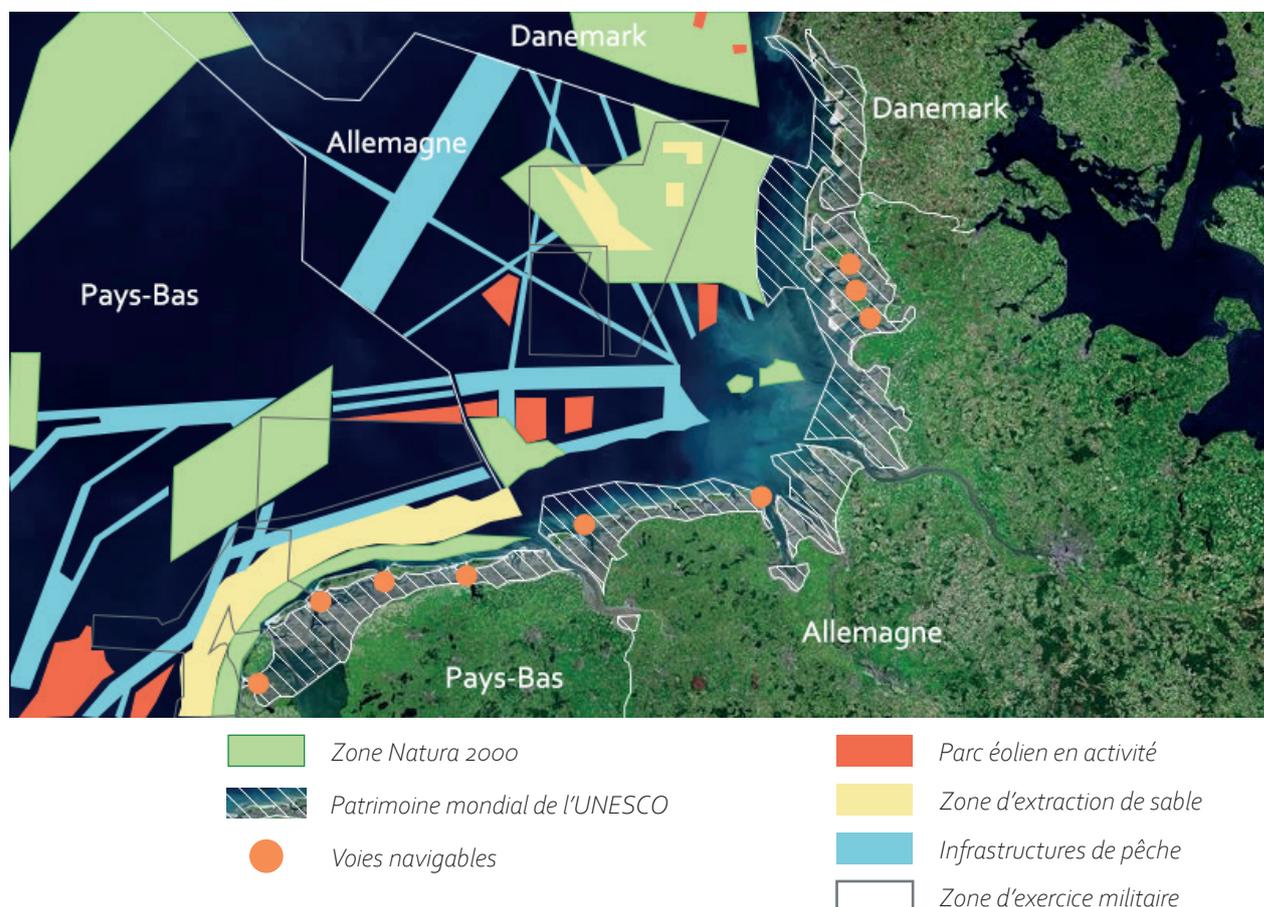
1.2.b.ii. Les activités économiques

Les activités anthropiques d'ordre économique ont également un impact négatif sur la Mer des Wadden et ses espaces insulaires. On retrouve la pêche, la chasse, les exercices militaires, la protection des côtes, le tourisme et les développements industriels de type extraction de sable ou énergie éolienne (Figure 1.14) (Kabat et al., 2012). Mais aujourd'hui des politiques sont mises en place afin d'éviter tout dérangement et impact significatif sur la Mer des Wadden (Dutch Central Government, 2015). Ainsi toute activité humaine telles que l'extraction de gaz, les éoliennes, les câbles sous-marins font l'objet d'Etude d'Incidence Environnementale avant d'être approuvée. Ceci permet donc une meilleure gestion, protection et suivi des activités dites « anthropiques » (CWSS, 2016). Malgré cela nous pouvons tout de même observer des entraves au système comme une surpêche faisant périr des milliers de volatiles, des dérangements de l'avifaune dûs à des phénomènes d'endiguements, de chasse, d'activités militaires ayant des conséquences notables sur les modes d'alimentation et de reproduction de ces derniers (Goeldner, 1995). Des activités comme l'extraction de gaz et d'eau ont des effets indésirables et irréversibles sur la Mer des Wadden, engendrant des affaissements de terrain et donc un déficit sédimentaire entraînant un recul du trait de côte (European Commission, 2004).

Concrètement l'extraction de gaz et les dragages sont des activités aggravant les changements dans les différents habitats que représentent la Mer des Wadden; dans la partie néerlandaise on s'attend notamment à avoir un affaissement de 0,30m dans les années à venir (Wang et al., 2018). Toutefois cette extraction commerciale a fortement diminué et même disparu dans le but de préserver les sédiments existants et de faire face aux changements climatiques. Ainsi les dragages ont pour but principal l'entretien, l'approfondissement des voies navigables, le remblayage de plages ou encore la protection côtière (Schultze and Nehls, 2017).

Figure 1.14 - Localisation des zones de pêche, d'extraction de sable et d'activité éolienne pour le Pays-Bas, l'Allemagne et le Danemark.

Source : Illustration de Tiffany Delavault d'après Policy Document on the North Sea 2016-2021. / Bundesfachplan Offshore für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone der Nordsee 2016/2017 und Umweltbericht



1.2.b.iii. L'agriculture

L'agriculture est également une pression importante sur les espaces insulaires de la Mer des Wadden. Les cultures arables se sont développées depuis de nombreuses années (*Partie I.1.d. Une évolution au cours du temps*). Ainsi on retrouve des cultures de tourbe telles que l'avoine noire (*Avena strigosa*), le seigle (*Secale secale*) et le sarrasin (*Polygonum fagopyrum*) (Knottnerus, 2004). Au fil des années les céréales ont été progressivement remplacées par les pommes de terre et autres denrées alimentaires importées (Renes, 2014). D'autres cultures caractéristiques des Pays-Bas sont présentes sur ces terres comme la culture de la tulipe et autres bulbes floraux. L'élevage marque tout de même le paysage avec les troupeaux de bovins qui se sont multipliés et les ovins comme par exemple les moutons de Texel (Lotze et al., 2005) (*Figure I.15*).

Figure I.15 - Troupeau d'ovins, moutons de race Texel (Texel). L'élevage constitue une part importante de la superficie terrestre des îles et notamment de Texel.

Source : Tiffany Delavault

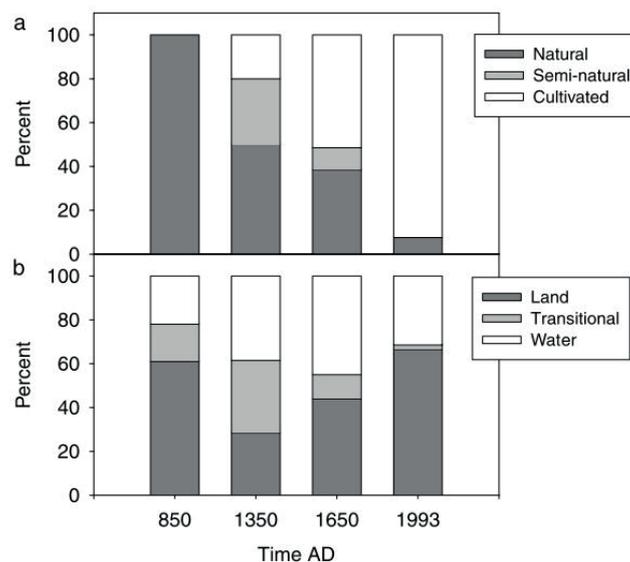


Actuellement c'est plus de 30 000 moutons de cette race qui occupent les pâturages et les anciennes terres arables faisant des îles des Wadden et notamment de Texel un haut lieu d'exportation de laine de mouton et de fromage. Les habitants se sont donc spécialisés dans l'exportation de pulls et de chaussettes en laine, dans la production de fromage et fromage blanc commercialisé sur le continent sous la marque «Wadden» (Renes, 2014).

Mais au cours du temps nous pouvons observer un tournant dans l'agriculture et dans sa mise en œuvre avec notamment les effets de l'industrialisation. L'agriculture se mécanise, les surfaces agricoles s'agrandissent (*Figure I.16*), les éléments caractéristiques du paysage disparaissent et les digues prennent le dessus engendrant une frontière imperméable entre le paysage maritime et son arrière-pays (Knottnerus, 2004). Cependant à Texel des bergeries et murs de jardins (murets de terre fait de landes ou de mottes d'herbe) servant de limites aux parcelles de culture sont préservés et maintenus. Ces "tuunwallen" ont pour la plupart été préservés ou construits dans le cadre de la restauration du paysage participant au maintien de l'identité de l'île (Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, 2017).

Figure I.16 - L'influence de l'Homme sur le paysage de la région d'IJsselmeer au Pays-Bas entre 850 et 1993 par la construction de digues, l'assèchement de lacs et l'abaissement des nappes phréatiques : (a) donne le degré d'habitat « naturel », et (b) montre la composition des principaux types de paysages. Les pourcentages sont estimés grâce aux cartes paléographiques.

Source : « Human transformations of the Wadden Sea ecosystem through time: A synthesis » d'après Van Eerden, 1997



uniques avec des marées et des marécages offrant un habitat unique pour une faune migratrice importante. Mais aujourd'hui les impacts sont marquants avec seulement 4 espèces d'oiseaux migrateurs en augmentation et 14 espèces qui voient leur population décliner (CWSS, 2016).



Figure 1.18 - Lutte contre l'érosion du littoral (Texel). Mise en oeuvre de fixation dunaire par de l'oyat.
Source : Tiffany Delavault

Concrètement les changements climatiques au sein de la Mer des Wadden se matérialiseront surtout par une élévation du niveau de la mer que viendra renforcer un ensemble de phénomènes naturels déjà présents (Conservatoire du littoral, 2005). Cela se traduira surtout par l'accentuation de l'érosion du littoral (Figure 1.18), une augmentation du phénomène de submersions marines temporaires et permanentes (Bertrand and Richard, 2011). Les changements climatiques les plus impactants seront ainsi une élévation du niveau de la mer (entre 0,2 et 1,4m pour la période 1990-2100) et des ondes de tempête, une modification du régime de précipitations avec notamment une baisse des précipitations estivales et hivernales. A cela s'ajoute une élévation de la température de l'air et de la mer dont les températures annuelles moyennes pourraient augmenter entre 2,0 et 4,7 degrés Celsius d'ici 2100 (CWSS, 2016; Oost et al., 2019).

1.3.b. Socioculturel

Figure 1.19 - Port d'Oudeschild, unique zone commerciale et industrielle de l'île de Texel.
Source : Tiffany Delavault

D'un point de vue social et culturel nous pouvons noter que le changement climatique a déjà eu et aura, à l'avenir, des impacts sur les pratiques traditionnelles (1.1.d. Une évolution au cours du temps), l'héritage culturel tel que la pêche (Figure 1.19), la chasse marine ou l'élevage d'espèces endémiques adaptées au climat actuel (Lavalle et al., 2011). Les îles de la Frise ont abrité et abritent toujours les Frisons, une ethnie vivant sur ce territoire spécifique, où l'eau et les marées conditionnent la vie sur place (Danto, 2019). Les dynamiques naturelles y ont formé des usages et des pratiques sociétales variés offrant aujourd'hui une culture, un patrimoine



tant matériel qu'immatériel (Dutch Central Government, 2015). Il s'agit là de l'un des plus vieux et des plus complexe paysage européen lui conférant un héritage patrimonial et culturel important. Au XIX^{ème} siècle ces espaces insulaires, notamment Texel, ont été les étapes de routes commerciales et aujourd'hui sont marqués par un tourisme grandissant, à la recherche d'une culture passée et de traditions (Egberts and Hundstad, 2019).

Un autre point important concernant les impacts possibles sur les espaces insulaires, est la perception des résidents et non-résidents sur les îles. Car la valeur perçue de la mer et de la côte est considérable et doit être prise en compte. Il s'agit d'espaces où les gens viennent se ressourcer, profiter de l'air frais et pur, où les individus viennent à la plage pour sentir, ressentir les éléments tels que l'eau, le soleil, le vent (Strootman, 2016). La valeur sociale est donc inestimable et la perception que ces derniers ont de la Mer des Wadden renforce son caractère unique. Mais qu'en sera-t-il lorsque les espaces côtiers seront érodés ? Lorsque l'horizon sera colmaté et les espaces vides seront remplis d'infrastructures diverses ? (Kabat et al., 2012). Car l'horizon s'étendant à perte de vue est, pour une grande partie des gens, une qualité importante de la côte et du paysage insulaire (Strootman, 2016). Ces espaces, côtiers et littoraux pour les principaux, contribuent ainsi au développement socio-culturel de la Mer des Wadden et nécessitent donc une attention et une gestion attentive (Dutch Central Government, 2015).

1.3.c. Économique

Les espaces insulaires sont des lieux généralement considérés comme des espaces clos, repliés sur eux-mêmes, protégés par leur environnement, conférant cet attrait et cette attirance des touristes vers ces territoires (Taglioni, 2006). Mais cependant ces lieux fortement appréciés sont dégradés par les événements naturels tels que les tempêtes, l'érosion trop intense des côtes, l'afflux des touristes engendrant un recul du trait de côte (Conservatoire du littoral, 2005). Ceci engendre donc des conséquences indirectes sur l'économie où par exemple, les plages se réduisent, les bâtiments se retrouvent les pieds dans l'eau et les zones naturelles sont impactées

Figure 1.20 - Érosion côtière de l'île de Sylt. Cette île fait face à une érosion du littoral des plus importantes au sein de la Mer des Wadden.
Source : Alfred Koch



par ces changements globaux (Laila et al., 2013). En 2002, c'est donc 15 mètres de plages qui furent érodés et disparurent au sein de l'île de Sylt (Figure 1.20) dans la Mer des Wadden (European Commission, 2004).

Au niveau des activités économiques à proprement parlées comme l'extraction de gaz ou de sable, ces dernières sont évitées au maximum afin de minimiser l'impact sur l'environnement (Partie 1.2.b.ii. Les activités économiques). L'énergie éolienne par le développement de

parc éolien est quant à elle interdite en Mer des Wadden afin d'éviter au maximum tout dérangement de la faune. Toutes les activités se situent donc à l'extérieur de la zone protégée, en Mer du Nord, ayant tout de même un impact sur les écosystèmes des Wadden du fait de la pose de câbles de transfert vers la côte (Baer and Nehls, 2017). Enfin la pêche de la crevette et des moules sont des activités économiques importantes pour la Mer des Wadden. Les trois pays adoptent là des réglementations différentes et de vastes zones sont fermées pour ces activités. Afin de préserver au mieux les espèces et les habitats des Wadden, des techniques et des réglementations spéciales sont en cours d'élaboration pour une protection optimale des écosystèmes (Baer et al., 2017).

1.3.d. Paysager

Concernant les changements ils seront donc environnementaux, sociaux, économiques mais également paysagers (Kabat et al., 2012). Car l'impact des changements climatiques sur le paysage est bien présent et pourra se voir à différentes échelles concernant les espaces insulaires : à l'échelle territoriale et à



Figure 1.21 - Paysage créé par l'Homme suite à un échec de poldérisation (Texel). De Slufter est aujourd'hui un marais salant inondé plusieurs fois par an offrant ainsi un lieu de prédilection pour l'avifaune.

Source : Tiffany Delavault

l'échelle locale. Effectivement les Pays-Bas sont l'un des lieux où le caractère naturel et la dynamique des cycles naturels jouent un rôle majeur dans la conception du paysage (Schultz van Haegen, M.H., 2017) et créent de ce fait le paysage des espaces insulaires. Pourtant, face aux changements climatiques, ce dernier se voit modifié plus intensément notamment avec les pressions d'origine naturelle comme l'érosion, les tempêtes (*Partie 1.2. Les pressions sur les espaces insulaires de la Mer des Wadden*). Ainsi le trait de

côte va évoluer créant de nouvelles limites et de nouveaux usages à l'intérieur même des îles (Figure 1.21) (Commission Européenne, 2004). L'utilisation des ressources et de la géographie insulaire (connectivité des îles en terme de mobilité, d'écologie) vont façonner le paysage des îles dû à de nouvelles interactions avec des processus écologiques par exemple (Delgado et al., 2017).

1.4. Les stratégies d'action face au changement climatique

Les espaces insulaires sont donc des territoires variés aux pressions anthropiques et naturelles de plus en plus importantes dûes en partie aux changements climatiques. Ces derniers engendrent des impacts à différents niveaux (Kabat et al., 2012) qui sont de plus en plus préoccupants. C'est pourquoi des stratégies et des prévisions de l'évolution morphologique future sont mises en place actuellement afin de minimiser, diminuer voire faire disparaître les effets observés dans la zone (Dutch Central Government, 2015).

1.4.a. A l'échelle de l'Union Européenne

Jusqu'à aujourd'hui des politiques diverses ont été mises en place dans l'optique de faire face aux changements climatiques. Mais nous sommes confrontés actuellement à un changement de paradigme passant d'un développement sur la mer (« prendre des terres à la mer »), à un modèle avec des stratégies plus intégrées et plus respectueuses de l'environnement alliant le recul stratégique, l'inaction ou l'accompagnement des phénomènes naturels (Lenôtre, 2009). On travaille donc beaucoup plus avec la mer en cherchant à « rendre des terres à la mer », soit l'inverse du modèle précédent. (Bertrand and Richard, 2011)

L'Europe a mise en place différentes stratégies au moyen de directives (Habitats, Oiseaux, Eau, ...) et des projets Life (Figure 1.22 A & B) ayant pour but de mettre en pratique ces directives mais également de développer les infrastructures écologiques et la restauration des services écosystémiques (Commission européenne, 2018).



Figure 1.22 A & B - Projet Life Texel, avant (A) et après (B) les activités 2002-2008 (Texel). Opération de génie écologique par réactivation des dynamiques éoliennes en supprimant les horizons superficiels des sols. Ceci a favorisé la restauration de dépressions humides pionnières.

Source : LIFE Dunes - Report on six years of dune restoration in the Netherlands

D'autres projets comme «EuroSION» vise à fournir à la Commission Européenne un ensemble de données sur l'érosion côtière en Europe. Un rapport est également réalisé avec des propositions de gestion à différentes échelles du paysage (European Commission, 2004).

1.4.b. A l'échelle de la Mer des Wadden

La Mer des Wadden a pour particularité de faire partie de trois entités administratives différentes : les Pays-Bas, l'Allemagne et le Danemark. Ainsi, afin d'avoir une gestion cohérente de cet ensemble marin, plusieurs politiques ont été mises en place dont notamment « Le cadre d'investissement pour la Mer des Wadden » (Provinciale Staten van Groningen Friesland en Noord-Holland, 2016). A cela s'ajoute une section spéciale dans le « Dutch Planning Act » où une politique appropriée a été réalisée visant : « la protection, la préservation et, le cas échéant, la restauration de la Mer des Wadden en tant que zone naturelle » (Kabat et al., 2012).

Le fait est que, depuis que la Mer des Wadden fait partie du Patrimoine Mondial de l'UNESCO, les trois pays doivent coopérer en terme de conservation de la nature, de questions liées à l'environnement et de sa gestion (CWSS, 2016). Ainsi trois objectifs ont été développés (Kohlus, 2008):

- La sauvegarde et la gestion du patrimoine naturel tout en respectant l'économie traditionnelle locale
- Laisser faire la nature ; ceci n'exclue toutefois pas des modes de gestion écologique comme le pâturage des moutons ou des mesures de défenses côtières lorsque cela est justifié
- Accueillir, informer et surveiller le public grâce à l'organisation d'évènements ou d'excursions, des chemins balisés et des aménagements adéquats.

Figure 1.23 - Common Wadden Sea Secretariat. Son objectif est de soutenir, faciliter et coordonner la coopération trilatérale dans la Mer des Wadden.

Source : CWSS

Ainsi pour qu'il y ait une structure commune aux trois institutions, le Secrétariat Commun de la Mer des Wadden (CWSS) (Figure 1.23) a été établi en 1987 et permet de soutenir, de faciliter et de coordonner la coopération trilatérale dans la Mer des Wadden (TWSC). Ce dernier est situé à Wilhelmshaven en Allemagne et est géré par un secrétaire exécutif qui est actuellement Bernard Baerends. Cette coopération a été mise en place lors d'une conférence sur la protection de la Mer des Wadden dont l'objectif est de «réaliser, dans la mesure du possible, un écosystème naturel et durable dans lequel les processus naturels se déroulent de manière non perturbée» (CWSS and Trilateral Monitoring and Assessment Group, 1997). Le « Trilateral Monitoring and Assessment Program » (TMAP) a donc vu le jour afin d'avoir une surveillance et une évaluation continue



de l'environnement en référence à diverses directives européennes : Eau (2000), Oiseaux (1979), Habitats (1992) et Natura 2000, ainsi qu'à la Convention de Ramsar sur les zones humides (1971) (CWSS and Trilateral Cooperation, 2014).

1.4.c. A l'échelle nationale (Pays-Bas)

Le gouvernement néerlandais a mis en place différentes politiques et stratégies afin de répondre aux enjeux du réchauffement climatique. Ce pays est particulièrement vulnérable à ce phénomène et s'implique activement dans la recherche de solutions. Le GIEC définit d'ailleurs la vulnérabilité comme étant « le degré de capacité d'un système à faire face ou non aux effets néfastes du changement climatique (y compris la variabilité climatique et les événements extrêmes). La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur et du rythme de l'évolution climatique, des variations auxquelles le système est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation » (GIEC, 2007).

La politique concernant la Mer du Nord pour une durée de cinq ans (2016-2021) est à voir à plus grande échelle. Il s'agit d'un document dont l'approche est à imaginer à plus long terme car ce dernier s'inscrit dans l'agenda Spatial 2050 pour la Mer du Nord et donc répond à ce besoin de perspectives concernant l'avenir (Dutch Central Government, 2015). Son but se veut de poursuivre une approche axée sur le développement tout en contribuant à atteindre et à maintenir le bon état environnemental. Ceci fait donc intervenir d'autres documents et stratégies politiques au niveau national et européen comme la Directive Cadre sur l'eau et la Directive Habitat. Celui-ci a donc pour but d'offrir une transparence totale concernant les choix fait par le gouvernement et les thématiques abordées (Dutch Central Government, 2009):

- Construire avec la nature : Assurer une transition entre les écosystèmes marins et terriens en réalisant autant que possible une protection côtière naturelle. Épargner autant que possible les zones contribuant à la production d'un écosystème riche.
- Transition énergétique en mer : Tester de nouvelles formes de production d'énergie en mer en utilisant par exemple l'énergie marémotrice et houlomotrice. Diminuer les zones de pêche.
- Utilisation multiple de l'espace : Combiner autant que possible les activités (production d'électricité et la nature par exemple) sauf si la vulnérabilité du milieu marin l'exige.
- Connection entre la terre et la mer : Relier les développements sur terre et en mer de manière à renforcer l'identité et l'économie des zones côtières. Tirer parti des possibilités offertes par la mer en impliquant la société (habitants, touristes,...).
- Accessibilité et commerce : Surveiller de près les effets de l'évolution du transport maritime en terme d'espace, de sécurité et d'écologie.

Un autre document réalisé par le Gouvernement est le Pacte Côtier et a pour objectif d'établir et de mettre en œuvre des accords entre différents acteurs et parties afin de trouver un bon équilibre entre la protection et la préservation du patrimoine matériel et immatériel de la zone côtière. Tout ceci dans le but de conserver un bon développement de ce territoire dans le futur par la mise en place de stratégies d'aménagement du territoire, de règlements et de plans de zonage par les parties administratives concernées. (Schultz van Haegen, M.H., 2017)

1.4.d. A l'échelle locale (Texel)

Figure 1.24 - Travaux récents de rehaussement de digues. Plantation d'oyat et réalisation de fascine (arrière plan) pour le maintien de la dune côté sud-ouest de l'île de Texel.

Source : Tiffany Delavault



Figure 1.25 - Travaux récents de rehaussement de digues. L'enherbement de la digue n'est pas encore réalisé, côté ouest de l'île de Texel.

Source : Tiffany Delavault

A l'échelle de l'île de Texel nous pouvons observer des actions et stratégies en place pour faire face aux changements climatiques et notamment à la montée des eaux. Effectivement, La Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, l'autorité chargée de l'eau dans la partie nord de la province d'Hollande Septentrionale, veille à ce que l'ensemble des 1,2 millions d'habitants puissent travailler et vivre en sécurité. Pour ce faire, en plus de la gestion et du contrôle quotidien du niveau d'eau un programme de protection contre les hautes eaux (rivières et marées) a été mis en place. (Hollands Noorderkwartier, 2019) La fortification des digues prend donc une place importante dans les actions avec plus de 350 kms de digues et de

dunes protégeant la région nécessitant pour chacune d'elles d'être stabilisées, élargies ou rehaussées. A Texel les digues ont fait l'objet d'un rehaussement en 2017 pour prévenir la montée des eaux (Figure 1.24 & 1.25) afin d'atteindre la conformité des digues c'est-à-dire entre 7,5 et 10m de hauteur selon la localisation géographique (est/ouest – Mer du Nord/Mer des Wadden).

L'ensemble de ces interventions humaines que ce soit la construction de ces défenses maritimes, la restructuration des terres ou le type d'agriculture en place façonnent le paysage caractéristique des Pays-Bas, le rendant unique et délivrant une identité au lieu (Staatsbosbeheer, 2016).

De plus la présence d'un plan d'action sur 5 années (2015-2020) mis en place par un organisme public de protection de la nature, Staatsbosbeheer, permet la valorisation du patrimoine vert du pays et la gestion, la conservation et la protection des parcs nationaux (Staatsbosbeheer, 2015). Ce dernier a pour objectif principal « la sécurité de l'eau le long de la côte et des grands systèmes fluviaux, la production de bois et de biomasse, la protection de l'environnement, l'éducation et la sensibilisation, l'approvisionnement en eau

potable, le développement économique et la cohésion sociale » (Staatsbosbeheer, 2015). Il ne s'agit pas de la seule stratégie actuellement en place, en 1990 le Natuurnetwerk Nederland (réseau de zones naturelles aux Pays-Bas ; NNN) a été introduit sous le nom de Réseau écologique national néerlandais (EHS) et permet d'avoir un réseau écologique cohérent de zones naturelles. (Staatsbosbeheer, 2016) Depuis 1900 les Pays Bas ont perdu 75% de la superficie des habitats naturels engendrant aujourd'hui des habitats fragmentés et aux dimensions réduites. Ainsi des politiques ont été mises en place et élaborées comme le plan national d'aménagement en vue d'une conservation et d'une restauration de la nature dans une structure cohérente par la réalisation d'un réseau écologique robuste (Jongman and Kristiansen, 2001).

1.5. Conclusion

Suite à cette synthèse bibliographique, nous pouvons nous rendre compte de l'enjeu du changement climatique concernant les espaces insulaires. De plus nous pouvons voir que peu d'article traite de la question de l'avenir des espaces insulaires dans un contexte futur et comment ces derniers vont devoir s'adapter face aux impacts et pressions exercés.

La question du réchauffement climatique et de ses multiples impacts d'un point de vue environnemental, social, économique et paysager n'est plus à démontrer. Les espaces insulaires sont l'un des territoires les plus vulnérables face aux pressions exercées par ces changements climatiques et nécessitent donc, à l'avenir, une gestion plus durable de l'entièreté des milieux qui les composent. Le patrimoine naturel, culturel et paysagé de ces îles mérite d'être conservé, protégé et mis en valeur par une politique adaptée en phase avec des prérogatives nationales et internationales.

La politique de gestion durable est une politique pouvant répondre aux enjeux et impacts du réchauffement climatique visant la protection du paysage et des espaces naturels tout en mettant en place des stratégies pour les zones vulnérables aux risques naturels. Aujourd'hui l'île de Texel a déjà réalisé de nombreuses stratégies et actions pour prévenir les changements climatiques. Les questions intéressantes à se poser sont donc les suivantes : les stratégies d'actions en place aujourd'hui sont-elles suffisantes pour prévenir les effets des changements climatiques ? Faut-il aller plus loin dans la démarche pour faire face à la montée des eaux ? Quelles seraient les conséquences sur le territoire, la nature et l'Homme si nous ne faisons rien de plus que ce que nous faisons aujourd'hui ?

Ce travail va donc par la suite se porter sur les objectifs de recherches suivants pour le cas d'étude de Texel :

- Comparer les différentes gestions possibles pour un espace insulaire dans une vision à long terme.
- Evaluer les effets de la mise en place d'une politique de gestion durable sur la base d'indicateurs environnementaux et paysagers.
- Comprendre les dynamiques des espaces insulaires, l'adaptation de ces territoires face au réchauffement climatique et aux enjeux qui leurs sont associés.

PARTIE II : MÉTHODOLOGIE

Ce TFE a pour objectif d'étudier les dynamiques des espaces insulaires face au réchauffement climatique. Pour ce faire il a été décidé d'étudier le cas d'une île, Texel, située aux Pays-Bas pour comprendre comment cette dernière s'adapte aux problématiques mises en évidence dans la Partie I. Différentes politiques de gestion du territoire seront proposées sur le site afin de voir quel est le devenir possible de cette île et si la politique dite de gestion durable est efficace pour rendre les espaces insulaires résilients face aux enjeux identifiés et aux paysages qui en découlent.

Figure II.1 - Synthèse des deux méthodologies utilisées dans ce travail.
Source : Tiffany Delavault

Plusieurs méthodes seront utilisées afin de mener à bien ce travail (Figure II.1) : la réalisation d'une cartographie sur la base d'indicateurs, de sources littéraires et scientifiques qui sera complétée par une analyse de documents iconographiques et de visites de terrain.



II.1. Le site d'étude

II.1.a. Contexte



Figure II.2 - Simulation d'une élévation du niveau de la mer de 1m au niveau des Pays-Bas. Plus de 50% du territoire se retrouve sous les eaux.
Source : <https://www.floodmap.net/>

Suite aux recherches menées concernant les espaces insulaires et leurs vulnérabilités face aux enjeux climatiques, de nombreux articles et rapports ont mis en évidence les Pays-Bas comme l'un des pays les plus vulnérables car possédant plus de la moitié de son territoire en zone inondable (Figure II.2) (Slomp, 2016). Ce dernier est placé en 3ème position des pays concernant la proportion de population vivant à

moins de 10 mètres au-dessus de la mer (Doekes, 2008). Les espaces insulaires de la Mer des Wadden sont également au premier plan concernant cette problématique et sont particulièrement vulnérables (Bouchard et al., 2010). Moins de 24 000 personnes habitent cinq îles des Wadden du côté des Pays-Bas : Texel, Vlieland, Terschelling, Ameland et Schiermonnikoog. Outre ces îles, nous pouvons retrouver des îles inhabitées, des vasières, des bancs de sable faisant de la Mer des Wadden un lieu unique et inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO (CWSS, 2016).

II.1.b. Texel

Le site choisi est l'île de Texel située au sein de la Mer des Wadden, en Hollande-Septentrionale aux Pays-Bas. Cette dernière se trouve au Nord de la ville de Den Helder et au Sud de l'île de Vlieland. Texel est localisée au niveau du détroit de Marsdiep (Elias and Van Der Spek, 2017) et au nord de la digue d'Afsluitdijk, barrage séparant le lac d'eau douce d'IJsselmeer de la mer. L'île de Texel, ainsi que les autres espaces insulaires composant l'archipel de la Frise, jouent un rôle de barrière entre la Mer du Nord et la Mer des Wadden créant ainsi un paysage unique.

II.1.b.i. Évolution historique

L'histoire des espaces insulaires de la Mer des Wadden date de plusieurs millénaires comme décrit dans la partie « *Partie I.1.d. Une évolution au cours du temps* ». Au cours du temps, Texel a vu son paysage évoluer avec la création de dunes, de polders, la disparition et la création de villages pour nous donner finalement la vision de l'île actuelle. Aujourd'hui ce que nous pouvons noter c'est le caractère dissymétrique de Texel mais qui peut être généralisé à l'ensemble des îles de la Mer des Wadden. Effectivement les deux façades du littoral (côté Mer du Nord et Mer des Wadden) sont très distinctes, l'une bordée d'un cordon dunaire et l'autre généralement bordée de surfaces planes et basses. Les zones dunaires sont soumises au vent et donc s'y retrouvent de nombreuses plages et dunes de sable. À l'inverse, à proximité de la Mer des Wadden ce sont des paysages de marais qui prennent place. (Carré, 1976)

Figure II.3 -
Perméabilisation de la
digue à proximité du
polder d'Eijerland en
1967 (Texel).

Source: Rijkswaterstaat



Au cours du temps, l'île est passée d'une prédominance d'agriculture, d'élevage et de pêche vers une île axée sur le tourisme (Polman-Dekker, 2019). Mais depuis quelques décennies Texel se veut plus durable et plus respectueux de son environnement. Car l'attrait touristique ne cesse d'augmenter pour cette île impliquant donc une protection des milieux naturels et des paysages caractéristiques de l'île (Figure II.3) (Dinel, 2007). Ainsi ont vu le jour différentes zones de protection comme la création du Parc National des Dunes en 2002 ou encore des mesures pour limiter l'impact

du tourisme avec notamment la diminution du plafond de lits touristiques passant de 47000 à 43000 visiteurs (Dinel, 2007). Enfin le projet de l'ICZM (Integrated Coastal Zone Management) mis en place en 2003 permet de protéger le cadre environnemental du territoire tout en favorisant un tourisme durable sans impact notable sur l'île et ses composantes (Annexe 3).

II.1.b.ii. Démographie

Texel est l'île la plus grande et la plus peuplée de l'archipel frison avec environ 14 000 personnes vivant dans les huit villages parsemés sur l'île. La plus grande ville, Den Burg, accueille près de la moitié des habitants de l'île (Polman-Dekker, 2019). Toutefois la population est vieillissante du fait de l'installation de nombreux retraités venant profiter du cadre de vie qu'offre cette île (Planistat Europe, 2003). Lors de la période estivale la population peut voir son chiffre nettement augmenter dû aux nombreuses infrastructures touristiques (43 000 lits touristiques disponibles) pouvant héberger les visiteurs (Dinel, 2007).

Figure II.4 - Localisation des différents accès de l'île de Texel et de son contexte environnant.

Source : Image satellite Bing Aerial. Illustration de Tiffany Delavault.



L'accès à cette île se fait seulement par bateau ou par avion (petits avions à moteur ou petits jets) atterrissant à l'aérodrome ; aucun pont ne permettant d'atteindre Texel par un autre moyen de transport (Figure II.4). Le ferry part à heure régulière de Den Helder, port maritime situé à l'extrémité nord de la province pour une durée d'environ 20 minutes. Ainsi nous pouvons observer de nombreux touristes venant tout au long de l'année pour profiter du patrimoine naturel et culturel.

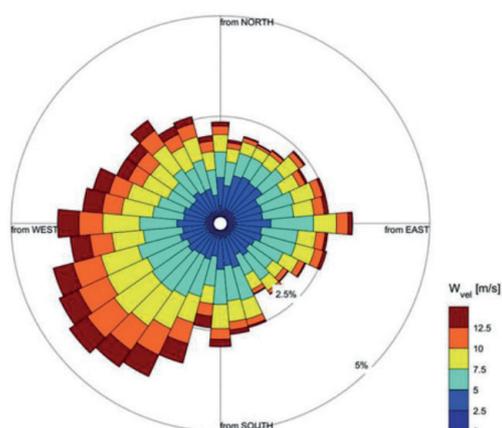
II.1.b.iii. Climat

Le climat est de type océanique avec une température annuelle moyenne de 8,5°C et des vents d'ouest prédominants avec une vitesse tournant autour des 7m/s (sud / sud-ouest) (Figure II.5). Les précipitations sont plutôt modérées avec une moyenne

entre 700 et 800mm/an (Laursen and Frikke, 2016) . L'île possède également une topographie basse et plane, avec un littoral composé pour la côte ouest de nombreuses dunes végétalisées. Ces dernières agissent comme une barrière contre le vent dans le paysage qui les environne. Le reste de l'île est donc soumis à des vents souvent intenses, notamment la partie nord et est de l'île.

Figure II.5 - Rose des vents mesurant la vitesse du vent à la station de Texel-Hors (1980–2016). Les observations montrent un vent dominant venant du sud-ouest.

Source : « Dynamic preservation of Texel Inlet, the Netherlands: Understanding the interaction of an ebb-tidal delta with its adjacent coast »



II.1.b.iv. Paysage et environnement

L'île de Texel est composée d'une multitude d'habitats transitionnels qui font de ses espaces des lieux d'une grande richesse en terme de paysage et de biodiversité (Laursen and Frikke, 2016). Ainsi on retrouve diverses occupations du sol selon la nomenclature des données de l'Agence Européenne Environnementale (European Environment Agency, 2012) (Figure II.6) (Annexe 4).

Figure II.6 - Occupation du sol en 2018 de l'île de Texel selon la nomenclature de l'Agence Européenne Environnementale. Plus de 60% du territoire est occupé par des espaces destinés à l'agriculture.

Source : Illustration de Tiffany Delavault d'après Corine LandCover 2018

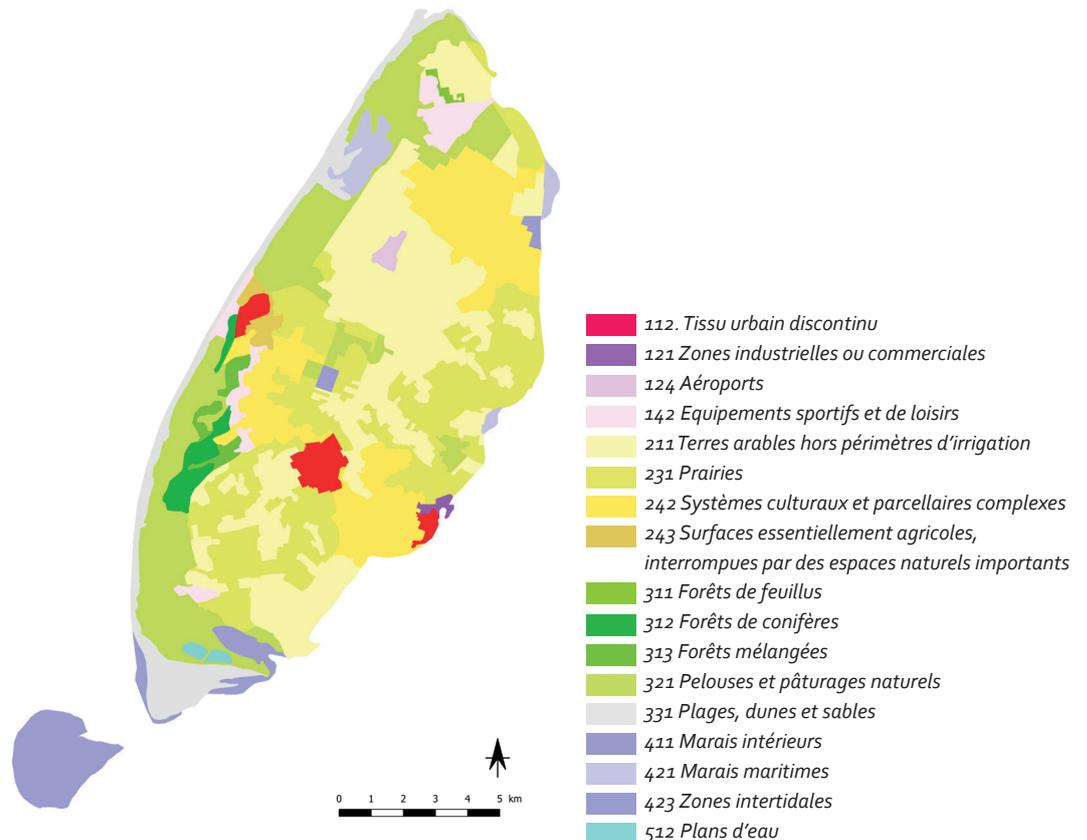


Figure II.7 A, B & C - Occupation du sol de Texel: des zones forestières (A), des zones de pelouses et pâturages naturels (B) et des zones dunaires (C).

Source : Tiffany Delavault

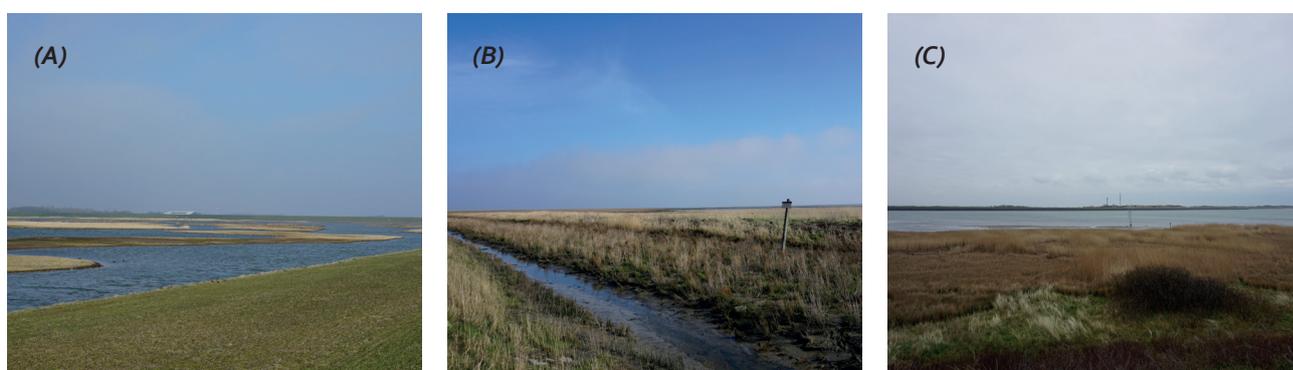
1. **Forêts et milieux semi-naturels** : Dans cette section d'occupation du territoire nous retrouvons les zones forestières (forêts de feuillus, forêts de conifères, forêts mélangées), les zones herbacées (pelouses et pâturages naturels) et les zones dunaires (plages, dunes et sables).



- Forêts de feuillus, forêts de conifères, forêts mélangées (Figure II.7 A) : A l'origine la forêt de Texel était un boisement de sapins planté par un habitant de l'île au XX^{ème} siècle d'où le nom « De Dennen ». Mais le caractère humide de la zone n'a pas permis à ce dernier d'avoir une production de bois suffisante et cette forêt de conifères s'est petit à petit transformée en forêt mélangée du fait de la plantation de feuillus. Aujourd'hui la majorité des boisements font partie du parc National des Dunes et servent d'activité de loisirs pour des randonnées ou encore du vtt. (Nationaal Park Duinen van Texel, 2019)

Figure II.8 A, B & C - Occupation du sol de Texel telle que des marais intérieurs: Waddenparel Utopia (A), des marais maritimes : De Schorren (B), des zones intertidales: Mokbaai (C).

Source : Tiffany Delavault



- Pelouses et pâturages naturels (Figure II.7 B): Texel est composée de nombreuses zones de pelouses et de pâturages naturels dont la majorité sont au sein du Parc Naturel des Dunes. Il s'agit de zones plutôt humides où paissent des chevaux, des vaches et où se développe une végétation unique dont l'Hépatique blanche (*Parnassia palustris*) et des orchidées rares.
- Plages, dunes et sables (Figure II.7 C) : Les zones dunaires, les plages et les bancs de sable sont situés sur 10 km² (6%) de l'île (Annexe 5). Ils sont situés à l'ouest de l'île du côté de la Mer du Nord du fait des déferlantes de vent qui transportent le sable. Le complexe dunaire possède un potentiel écologique très important et nécessite une gestion adéquate d'où la création du Parc National en 2002.

2. Zones humides : Dans cette section nous retrouvons les zones humides tels que les marais salants, vasières et zones intertidales (marais intérieurs, marais maritimes, zones intertidales).

- Marais intérieurs (Figure II.8 A): Cette sous-section comprend deux zones sur l'île de Texel à savoir Waddenparel Utopia et le Polder Waal in Burg. Il s'agit là de zones alliant des eaux profondes, des îlots et des prairies considérées comme lieu de reproduction pour les oiseaux et les poissons migrateurs venant de la Mer des Wadden.
- Marais maritimes (Figure II.8 B) : Cette sous-section comprend les zones humides maritimes comme les vasières et les marais salants. Ces étendues vaseuses ou sablo-vaseuses sont situées du côté de la mer des Wadden. Elles sont composées de slikke et de schorre, le slikke étant la partie recouverte à chaque marée et le schorre étant la partie haute de la vasière recouverte que lors de grandes marées (Carré, 1976). Situées en bord de rivage, le long de la partie continentale, ces zones sont recouvertes d'une végétation appréciant particulièrement le sel et l'eau car recouvert lors des hautes marées (Polman-Dekker, 2019). On retrouve une précieuse région de marais salants autour de Texel, il s'agit des réserves naturelles de Schorren où les oiseaux y trouvent du repos, de la nourriture et un lieu de nidification.
- Zones intertidales (Figure II.8 C): Les zones intertidales sont des zones comprises entre les limites des plus hautes et des plus basses marées, appelées zone de marnage. On y retrouve le banc de sable de Noorderhaaks ou la zone de Mokbaai. Elles constituent des zones de haute valeur biologique où prennent place les bancs de moules (SEOS, 2010). Ces zones composées de sable sont bordées de chenaux reliant un bassin à marée protégé, le Marsdiep.

3. Surfaces en eau :

- Plans d'eau : Cette entité reprend deux lacs présents entre deux rangées de dunes au sud de l'île. Ces derniers sont situés au sein de la vallée dénommée De Geul servant également de refuge et de zone de reproduction pour l'avifaune (Government of Netherlands, 2019).

Mais Texel se compose également d'autres types d'espaces considérés comme non naturel tels que :



Figure 11.9 A & B - Occupation du sol de Texel: des territoires artificialisés (A) et des territoires agricoles (B).

Source : Tiffany Delavault

1. Territoires artificialisés (Figure 11.9 A) : Cette entité reprend les différentes occupation du sol telles que le tissu urbain discontinu, les zones industrielles ou commerciales, les aéroports et les chantiers. Les zones urbanisées et artificielles représentent 9,2km² soit 5 % de Texel, il s'agit majoritairement des sept villages.

2. Territoires agricoles (Figure 11.9 B) : Cette section reprend les occupations du sol telles que les terres arables, les systèmes culturaux et les prairies représentant la majeure partie de l'île : 102,9km² soit 61%. On observe qu'une grande partie des terres agricoles sont des terres arables ou des prairies. L'agriculture prédominante au sein de l'île étant l'élevage de mouton de Texel pour la qualité de sa laine.

Enfin on retrouve des secteurs soumis à des gestions spécifiques présentes sur ces occupations de sol précédemment énoncés comme c'est le cas de :

- **Zone Natura 2000 (Annexe 6) :** Les zones Natura 2000 sont des zones naturelles protégées où certaines espèces et/ou leurs habitats naturels sont protégés afin de préserver la biodiversité (Government of Netherlands, 2018). Aux Pays-Bas on en dénombre 160 dont 3 à Texel : le Parc National des Dunes de Texel (Figure 11.10 A), la Mer des Wadden (Figure 11.10 B) et les côtes de la mer du Nord (Figure 11.10 C).

- **Zone Ramsar :** Les zones RAMSAR sont des zones humides d'importance internationale. On retrouve plusieurs zones RAMSAR autour de Texel dont la mer des Wadden, la côte de la mer du Nord et 4ha du Parc National des Dunes de Texel.

- **Parc National des Dunes de Texel :** Créé en 2002, ce parc national est composé d'une diversité de paysages : landes à bruyères, marais salants, dunes, plages et forêts. La définition d'un parc national aux Pays-Bas est la suivante « une zone continue d'au moins 1000 hectares (4300 hectares sur Texel), constituée de réserves naturelles, d'eau et / ou de forêts, avec une condition paysagère particulière et une vie végétale et animale » (Nationaal Park Duinen van Texel, 2019).

Figure 11.10 A, B & C - Secteurs soumis à des gestions spécifiques tel que le Parc National des Dunes de Texel (A), la Mer des Wadden (B) et la Mer du Nord (C).

Source : Tiffany Delavault



Figure II.11 -Schéma des interactions entre la mer du Nord et la mer des Wadden.

Source : Morphology and morphodynamics of the Wadden Sea

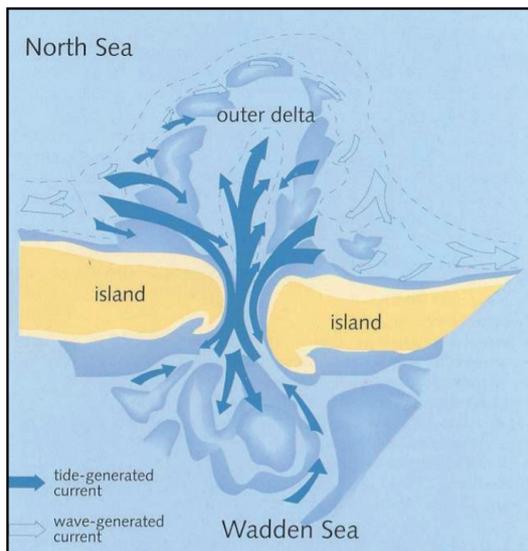


Figure II.12 -Carte marine de Texel et ses environs. De nombreuses voies navigables sont présentes impliquant un trafic fluvial conséquent.

Source : ANWB Waterkaart



II.1.b.v. Relation terre et mer

L'île de Texel et la mer des Wadden sont des paysages complexes et mouvants façonnés par les marées et créant de ce fait une diversité de milieux uniques. Ce caractère mouvant lui donne un aspect éphémère, où la circulation de l'eau est le processus de création et de modification du paysage (Elias and Van Der Spek, 2017).

Il y a 8000 ans, l'élévation du niveau de la mer a formé ce qu'on observe être la Mer des Wadden avec ses bras de mer, ses bras de retenue, ses chenaux et ses marais salants. Texel fait partie du bassin à marée dénommé «lagune Marsdiep». Il s'agit d'une lagune caractérisée par des zones de boues et de sables drainés et inondés par des chenaux. Ce bassin à marée est composé d'une gorge d'entrée et d'un delta externe, il s'agit là de la zone morphologiquement la plus dynamique du système (Figure II.11). Ce système ne peut être stable que si un équilibre est présent entre l'énergie de la marée (tide-generated current) et le transport des sédiments provenant des littoraux conditionné par les vagues (wave-generated current) (Crosato and Stive, 2000).

La mer des Wadden est une zone de marée relativement peu profonde (Annexe 7), l'ensemble des 10 bassins à marées, dont la lagune Marsdiep, sont alimentés par une prise d'eau comme décrit précédemment (Ridderinkhof, 1959). Ce système de chenaux relie donc la mer du Nord à la mer des Wadden où l'eau circule librement grâce aux courants qui empêchent qu'une parcelle d'eau ne reste fixe (Figure II.12). Cette eau passant entre les îles, perd sa capacité de transport des sédiments et construit des seuils les « wantij » en néerlandais, parfois transformés en gués à marée basse, les« Watten Weg » (Carré, 1976). Ces derniers ont un rôle dans le transport des sédiments qui va mener à la création de vasières, marais salants, plages et dunes. Ces entités vont être nourries, phénomène qui est appelé « accretion », grâce au transport des sédiments du fond marin vers le haut de la plage (European Commission, 2004).

La mer et ses zones environnantes (vasières, dunes, plages, zones humides...) sont façonnées au cours du temps par des facteurs physiques et biologiques. Les vagues, les marées, le vent et les interventions humaines ont des impacts significatifs sur la morphologie des paysages notamment sur leur topographie et leur bathymétrie. (Laursen and Frikke, 2016) Un des exemples les plus marquant est la réalisation de la digue de Afsluitdijk réalisée en 1932. Cette construction a eu pour impact une diminution notable de la superficie des bassins de Texel et de Vlie en passant de 4000km² à 1400km². Celle-ci a eu pour conséquence des modifications dans les marées et dans le marnage qui s'est vu augmenté pour passer de 1,15 m à 1,4m (Elias and Van Der Spek, 2017).

Ces facteurs naturels (vent, marées, ...) et anthropiques (interventions humaines) entraînent inévitablement des changements de la morpho-dynamique du delta (Figure II.13) qui a pour impact une érosion côtière des zones adjacentes.

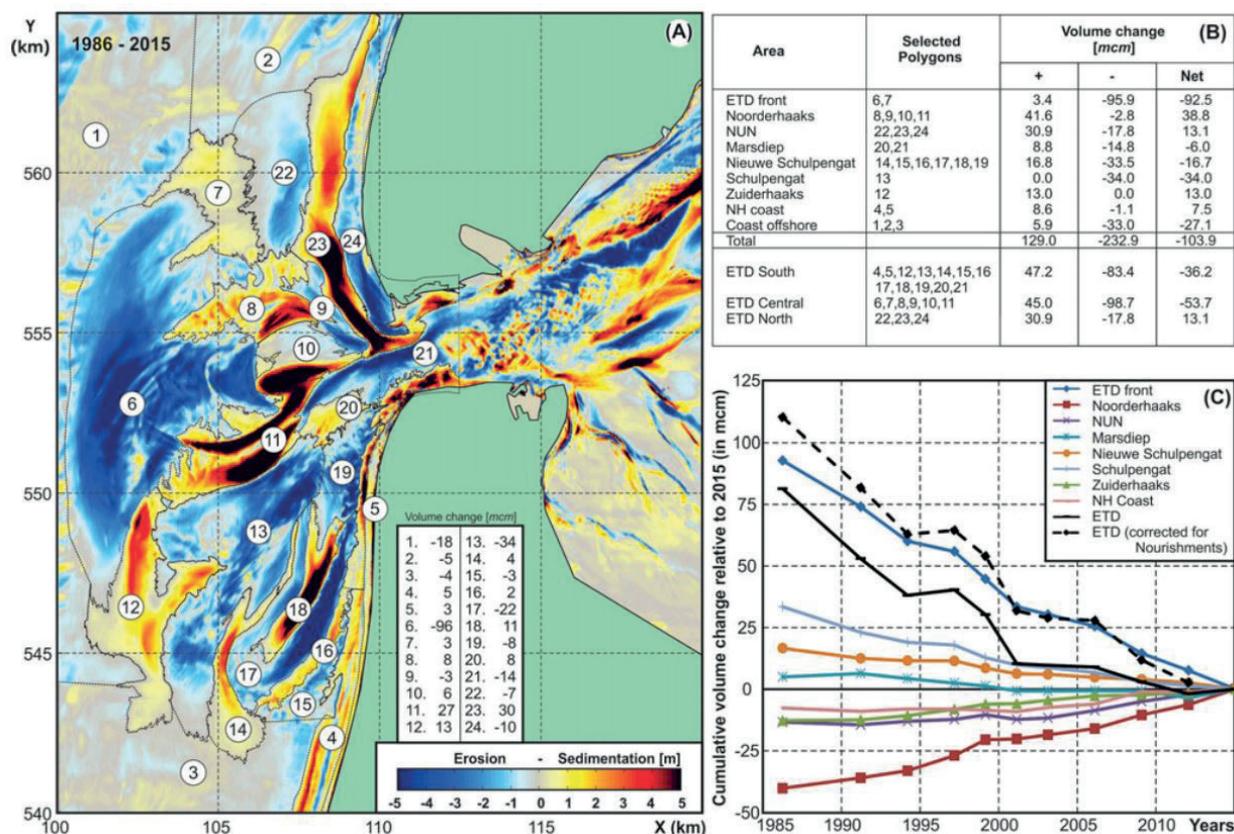


Figure II.13 - (A) Modèles de sédimentation-érosion et changements de volume observés sur la période 1986-2015. (B) Le tableau présente les changements de volume pour certaines parties du delta. (C) Évolution du volume de ces éléments au cours du temps (1986-2015).

Source : « Dynamic preservation of Texel Inlet, the Netherlands: Understanding the interaction of an ebb-tidal delta with its adjacent coast »

Depuis 1986 plus de dix millions de mètres cubes (mcm) de terre ont été érodés malgré des apports réguliers de sable (12 mcm en tout) au niveau de la pointe sud de Texel. Ainsi pour maintenir la position du littoral il est nécessaire d'apporter de grands volumes de sable sur les plages. En 2007 et 2012 c'est environ 4,3 millions de m³ de sable qui ont été déversés sur les rivages (Elias and Van Der Spek, 2017). D'autres solutions ont été mises en place afin de limiter l'érosion du littoral comme des ouvrages en dur (22 épis construit entre 1959 et 1987 sur la côte sud-ouest de Texel) mais cela n'a eu pour effet qu'une réduction du recul de la côte sans toutefois l'arrêter.

II.1.b.vi. Services écosystémiques

Cette diversité d'habitat transitionnel et d'entité qui compose l'île de Texel et la mer des Wadden en font un lieu d'une grande valeur, procurant d'importantes fonctions en terme de régulation, de soutien, de production ou encore culturel. Ainsi nous pouvons retrouver une liste non exhaustive du nombre de services écosystémiques procurés par ces entités dans le tableau ci-après (Tableau II.1) (Ecopotential, 2020). La notion de services écosystémiques renvoie à la valeur des écosystèmes, voire de la nature en général, et à ce qu'ils fournissent à l'humanité en terme de biens et services, nécessaire à notre bien-être et à notre développement. On retrouve trois types de services selon la typologie CICES (Common International Classification of Ecosystem Services) : approvisionnement, régulation/soutien, culturels (Maes et al., 2015) (Annexe 8).

Tableau II.1 - Services écosystémiques présents au sein des différentes occupations du territoire de l'île de Texel. Classification basée sur la typologie CICES.

Source : Tiffany Delavault

Occupation du territoire niveau 1 Corine LandCover	Service Ecosystémique		
	Approvisionnement	Régulation / Soutien	Culturels
Territoires artificialisés	/	/	/
Territoires agricoles	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cultures commerciales 2. Animaux élevés et leurs produits 3. Fibres et autres matériaux dérivés des plantes, des algues et des animaux pour une utilisation directe ou pour la transformation 	/	/
Forêts et milieux semi-naturels	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plantes sauvages, les algues et leurs produits 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Filtration, séquestration, stockage, accumulation par les micro-organismes, algues, plantes et animaux 2. Stabilisation des matières et contrôle du taux d'érosion 3. Régulation et atténuation des flux de matières 4. Cycle hydrologique et maintien du débit d'eau 5. Pollinisation et dispersion des graines 6. Régulation du climat régional et du microclimat 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Interactions avec les plantes, les animaux et les paysages terrestres, marins dans différents contextes environnementaux 2. Interactions pédagogiques et enseignements 3. Divertissement 4. Représentations esthétiques 5. Représentations symboliques 6. Valeurs d'héritage
Zones humides	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plantes sauvages, les algues et leurs produits 2. Animaux sauvages et leurs produits 3. Eau de surface à des fins non potable 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Remédiation par les micro-organismes, algues, plantes et animaux 2. Filtration, séquestration, stockage, accumulation par les écosystèmes 3. Dilution par l'atmosphère, l'eau douce et les écosystèmes marins 4. Protection contre les inondations 5. Maintien des habitats de reproduction 6. Régulation du climat mondial par la réduction des concentrations de gaz à effet de serre 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Interactions avec les plantes, les animaux et les paysages terrestres, marins dans différents contextes environnementaux 2. Interactions pédagogiques et enseignements 3. Divertissement 4. Représentations esthétiques 5. Représentations symboliques 6. Valeurs d'héritage
Surfaces en eau	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eau de surface à des fins non potable 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cycle hydrologique et maintien du débit d'eau 2. Régulation du climat régional et du microclimat 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Interactions avec les plantes, les animaux et les paysages terrestres, marins dans différents contextes environnementaux 2. Interactions pédagogiques et enseignements 3. Divertissement 4. Représentations esthétiques 5. Représentations symboliques 6. Valeurs d'héritage

II.2. Méthode d'évaluation

Cette méthode vise à répondre aux objectifs de recherches énoncés à savoir :

- (I) Comparer les différentes gestions possibles pour un espace insulaire dans une vision à long terme,
- (II) Evaluer les effets de la mise en place d'une politique de gestion durable sur la base d'indicateurs environnementaux et paysagers,
- (III) Comprendre les dynamiques des espaces insulaires, l'adaptation de ces territoires face au réchauffement climatique et aux enjeux qui leurs sont associés.

Ainsi il est important d'utiliser différentes méthodes d'étude du site permettant une complémentarité dans les observations.

Ici nous allons réaliser une proposition de scénarios quant au devenir de l'île de Texel selon différents modes de gestion appliqués à cette dernière ainsi qu'une étude par observation du paysage.

II.2.a. Par proposition de scénarios

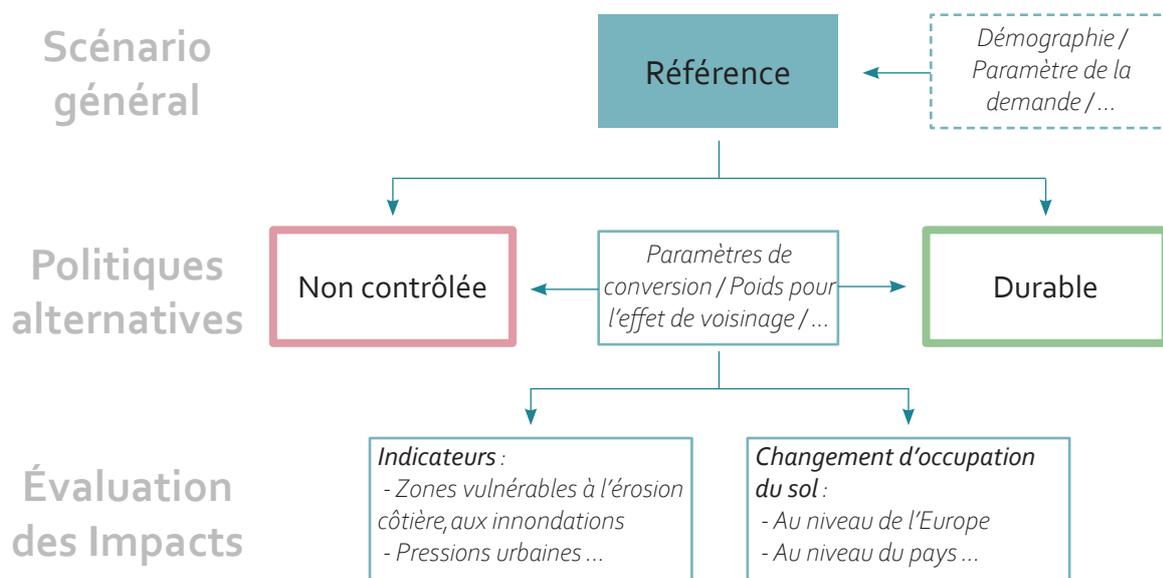
Les données disponibles sur le site de Texel et sur la Mer des Wadden sont assez conséquentes et permettent donc de mettre en place des scénarios quant au devenir de l'île de Texel. La mise en œuvre de scénario nécessite de se poser la question implicite de l'avenir du paysage de ce territoire. Quel paysage pour l'île de Texel dans un horizon futur ?

Pour réaliser ces différents scénarios, mon choix s'est porté sur plusieurs outils permettant de réaliser des cartographies complètes tels que :

- Une méthodologie décrite par la Commission Européenne : Lavalle, C. et al. (2011) 'Coastal Zones: Policy alternatives impacts on European Coastal Zones 2000 – 2050', JRC Technical Notes, (March), p. 104.
- Des indicateurs pour évaluer le développement durable des zones côtières décrit dans le cadre d'un rapport co-financé par l'Europe : DEDUCE Consortium (2007) Indicators Guidelines.
- Des prévisions sur l'environnement de la mer des Wadden suite aux changements climatiques: Oost, A. P. et al. (2019) Wadden Sea Quality Status Report.

Figure II.14 - Méthodologie générale pour l'application des différents scénarios.

Source : Illustration de Tiffany Delavault d'après Coastal Zones: Policy alternatives impacts on European Coastal Zones 2000 – 2050



Cette méthode va devoir suivre plusieurs phases permettant de visualiser l'avenir de l'île de Texel par la création de différentes cartes et peut également être appliquée pour d'autres espaces insulaires afin de comprendre comment ces derniers peuvent s'adapter aux changements climatiques.

II.2.a.i. Identification des scénarios

Scénario 1 : Politique de gestion non contrôlée dite " Inaction"

La politique de gestion de développement dite « non contrôlée » correspond à une croissance urbaine sans limite et sans gestion adéquate, seulement bloquée par des cadres et des lois existantes aujourd'hui et concernant l'environnement comme c'est le cas avec les zones Natura 2000, les parcs et les zones naturelles (Lavalley et al., 2011). Aucune restriction quant au développement urbain n'est mise en place, aucune loi n'évite une urbanisation et un étalement urbain intense. De plus rien n'est mis en œuvre afin de favoriser les zones naturelles et de promouvoir la biodiversité des espaces.

Les lignes directrices seraient donc (Lavalley et al., 2011) :

- Aucune restriction concernant l'aménagement du territoire (en plus de celles déjà présentes)
- Aucune mise en place de coopération internationale afin de favoriser la biodiversité, la création de corridors écologiques à l'échelle de l'union Européenne exceptée Natura 2000
- Aucune restriction supplémentaire pour préserver la nature
- Aucune politique de gestion du paysage mise en place contre la fragmentation des milieux par exemple
- Aucune politique contre l'érosion ou/et la réduction des dommages causés par les inondations

Scénario 2 : Politique de gestion durable

Une autre possibilité de gestion pour la Mer des Wadden et ses espaces insulaires est une politique basée sur la gestion dite durable. Ici il s'agit de promouvoir un développement plus équilibré et n'ayant pas d'impacts significatifs sur l'environnement et le paysage (Kabat et al., 2012). Le but est de limiter la croissance urbaine en empêchant l'étalement urbain grâce à des mesures de protection des zones vulnérables mais également par la promotion et la mise en avant de zones naturelles (Lavalley et al., 2011). D'autres mesures sont également mises en place afin d'assurer la protection du paysage et la mise en valeur du patrimoine naturel.

Les lignes directrices de cette politique seraient donc les suivantes (Lavalley et al., 2011) :

- Des restrictions plus strictes concernant l'aménagement du territoire visant une densité de bâti plus importante et une ville plus compacte. Tout ceci dans l'optique d'avoir un impact faible sur l'imperméabilisation des sols et son étalement.
- Les zones vulnérables (sensibles aux inondations et/ou érosion) sont mises au premier plan de manière à être protégées de toute urbanisation.
- Les populations, les biens et les zones protégées sont soumises à une politique visant à réduire leur exposition aux risques naturels.
- Les zones côtières sont observées de près, une bande de protection du paysage est mise en œuvre afin de limiter l'urbanisation et l'accès au littoral.
- Lutte contre la fragmentation de l'espace et des paysages, les zones semi-naturelles et forestières ne sont pas constructibles.
- Des politiques sont mises en place afin de favoriser les corridors écologiques au niveau national voir international et la conversion de sites en espaces naturels.

II.2.a.ii. Identification des indicateurs pour évaluer les dynamiques et évolutions des espaces insulaires

Afin de comprendre et d'évaluer les dynamiques des espaces insulaires nous pouvons faire appel à plusieurs types d'indicateurs. Ces derniers permettent de suivre comment le paysage évolue et les interactions qui le compose. On les divise en trois groupes distincts (Tableau II.2) car ils font référence à des stratégies d'actions spécifiques par l'Union Européenne (DEDUCE Consortium, 2007).

Tableau II.2 - Classification des dynamiques environnementales, sociales et économiques et de leurs interactions avec les politiques actuelles en place.
Source : DEDUCE Consortium

Groupe	Interaction avec les politiques en place
ENVIRONNEMENTAL	Eau, Érosion, Inondation, Changement Climatique, Déchets, Biodiversité (Directives habitat et oiseau), Sol, Directive marine
SOCIAL	Immigration, Emploi, Exode rural
ECONOMIQUE	Transport maritime, Ports, Tourisme côtier, Pêche, Énergie, Activités de l'industrie côtière

En se basant sur le travail du groupe d'experts européen ICZM (Integrated Coastal Zone Management) deux groupes d'indicateurs sont mis en avant (DEDUCE Consortium, 2007) :

- Indicateurs de progrès : Panel d'indicateurs permettant de mesurer les progrès de la mise en œuvre des stratégies de l'ICZM
- Indicateurs de développement durable (DSI) : Un ensemble de 27 indicateurs composés de 46 mesures pour surveiller le développement durable de la zone côtière

Ce travail se basera donc sur les indicateurs de développement durable émit par le groupement d'expert ICZM (Annexe 9).

Des indicateurs axés sur l'économie et le social

Concernant les indicateurs axés sur le social, ces derniers répondent à des objectifs ciblés sur l'inclusion de la population, la cohésion sociale ou encore le maintien et le contrôle de l'occupation des espaces naturels présent sur le littoral. Il s'agit ici d'avoir un développement cohérent et harmonieux du littoral en incluant la population dans cette évolution. Les indicateurs définis comme étant axés sur l'économie répondent quant à eux à des objectifs généraux comme promouvoir et soutenir une économie côtière durable. Cela sous-entend un développement de l'économie en réflexion et en accord avec l'environnement et la population.

Des indicateurs axés sur l'environnement

On dénombre 29 indicateurs concernant l'impact du réchauffement climatique sur le paysage actuel et l'environnement (Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2019). La plupart sont des indices de perte de biodiversité, d'abondance d'espèces ou encore d'inscription d'espèces sur liste rouge. Ces derniers permettent d'évaluer les dynamiques des espaces insulaires d'un point de vue environnemental dont notamment le changement dans l'abondance des espèces, indicateurs clés de la perte de biodiversité d'un espace (Ben ten Bricks, 2006). Ce travail se concentrera

Tableau II.3 - Classification des différents indicateurs environnementaux et de leurs mesures selon les objectifs visés par l'ICZM.

Source : DEDUCE Consortium

toutefois sur les indicateurs du Groupe d'expert européen ICZM. Ce dernier a mis en place différents indicateurs répondant chacun à des objectifs basés sur des thématiques environnementales, sociales ou encore économiques (DEDUCE Consortium, 2007). Ici sont listés (Tableau II.3) les indicateurs répondant à des objectifs environnementaux c'est-à-dire mettant en valeur la nature et la culture en la protégeant et en l'améliorant, en identifiant les risques liés aux changements climatiques pour les zones côtières notamment, assurant un bon état du littoral et utilisant les ressources naturelles de façon adéquate.

Objectifs	Indicateurs	Exemple de mesure
Protéger, améliorer et célébrer la diversité naturelle et culturelle	1. Quantité d'habitats semi-naturels	1.1. Calcul des surfaces d'habitats semi-naturels
	2. Zones protégées par des dispositions légales sur terre comme en mer	2.1. Localiser les zones protégées pour la conservation de la nature, le paysage et le patrimoine
	3. Gestion efficace des sites désignés	3.1. Calcul du taux de perte ou d'endommagement des zones protégées
	4. Changements significatifs des habitats et des espèces (côtiers et marins)	4.1. Identifier l'état et la tendance des habitats et des espèces
Caractériser la menace que représentent les changements climatiques pour les zones côtières et assurer une protection appropriée et écologiquement responsable	5. Élévation du niveau de la mer et conditions météorologiques extrêmes	5.1. Calcul du nombre de 'Jour de tempête'
	6. Érosion côtière et accrétion	6.1. Calcul de la longueur du littoral dynamique
	7. Actifs naturels, humains et économiques à risque	7.1. Localisation des zones de sites protégés dans une zone « à risque »
Assurer un bon état du littoral et des eaux de baignade	8. Qualité de l'eau de baignade	8.1. Calcul du pourcentage d'eau de baignade conforme à la valeur référence de la directive européenne sur les eaux de baignade
	9. Quantité de déchets côtiers, estuariens et marins	9.1. Calcul du volume de déchets collectés par longueur de littoral donné
	10. Concentration en nutriments des eaux côtières	10.1. Calcul de la concentration des nitrates et phosphates dans les eaux côtières
	11. Quantité de pollution par les hydrocarbures	11.1. Calcul du volume de déversements accidentels de pétrole
Utiliser judicieusement les ressources naturelles et les respecter	12. Stock de poissons et débarquement	12.1. Identifier l'état des principaux stocks de poissons par espèce et par zone de pêche
	13. Consommation d'eau	13.1. Calcul du nombre de jours d'approvisionnement en eau

II.2.a.iii. Récolte des données pour l'état de référence en plusieurs catégories

Afin de pouvoir comparer les scénarios, il faut réaliser un état de référence décrivant le fonctionnement et les usages actuels de l'île selon trois catégories principales: les usages du sol, les processus anthropiques et les processus naturels (Figure II.15).

- Usage du sol :

1. Territoires artificialisés : Identification des zones bâties.
2. Territoires agricoles : Identification des zones d'agriculture intensive et extensive.
3. Forêts et milieux semi-naturels : Zonage des zones naturelles et semi-naturelles telle que les dunes, les prairies, les landes à bruyères, les zones forestières.
4. Zones humides : Identification des zones de marais maritimes et intérieurs.
5. Surface en eau : Zonage des plans d'eau et eaux de surface.

- Processus anthropiques :

1. Tourisme & patrimoine naturel : Identification des zones protégées par des dispositions légales sur terre comme en mer. Évaluation de la gestion efficace des sites désignés. Identification des actifs naturels, humains et économiques à risque.
2. Industrie et gestion des ressources naturelles : État des stocks de poissons et débarquement. Évaluation de la consommation d'eau.
3. Pollutions : Étude de la qualité de l'eau de baignade, des quantités de déchets côtiers, estuariens et marins. Évaluation de la concentration en nutriments des eaux côtières et la quantité de pollution par les hydrocarbures.

- Processus naturels :

1. Changements des habitats et des espèces : Quantification des habitats semi-naturels et étude sur les changements significatifs des habitats et des espèces (côtiers et marins).
2. Élévation du niveau de la mer : Observation de l'élévation du niveau de la mer et des conditions météorologiques extrêmes
3. Érosion côtière : Identification de l'érosion côtière et de l'accrétion.

Figure II.15 - Cartographie des différents usages du sol, processus anthropiques et naturels sur l'île de Texel aujourd'hui.

Source : Tiffany Delavault



Usage du sol

- Territoires artificialisés
- Territoires agricoles
- Forêts et milieux semi-naturels
- Zones humides
- Surface en eau

Processus anthropique

- Tourisme & Patrimoine naturel
- Industrie et gestion des ressources naturelles
- Pollutions

Processus naturels

- Changements des habitats et des espèces
- Zone soumise à la montée des eaux
- Zone soumise à une importante érosion côtière

II.2.a.iv. Réalisation d'hypothèses quant au devenir de l'île sur base des scénarios

Il s'agit ici de réaliser un tableau reprenant, pour chaque sous-catégorie décrite dans la phase précédente, les problématiques et l'évolution possible du paysage (Tableau II.4). Pour chacune de ces thématiques : Territoires artificialisés, Tourisme & patrimoine naturel, Changement des habitats et des espèces,... il sera possible d'émettre des hypothèses concernant l'évolution future et les dynamiques envisagées pour le territoire (Dodane, Joliveau and Rivière-Honegger, 2014). L'échelle de temps sélectionnée est l'année 2050 et se base sur les données récoltées et nécessaires à la modélisation des cartes. Ces données sont issues du document 'Coastal Zones: Policy alternatives impacts on European Coastal Zones 2000 – 2050' renseignant les probabilités de modifications de l'occupation du sol pour les deux scénarios à l'horizon 2050.

Tableau II.4 - Axes de diagnostic du territoire permettant d'identifier les dynamiques du paysage.

Source : 'Simuler les évolutions de l'utilisation du sol pour anticiper le futur d'un territoire'

Catégories	Problématiques spécifiques	Facteurs explicatifs / Évolutions possibles	Dynamiques envisagées
------------	----------------------------	---	-----------------------

II.2.a.v. Modélisation des scénarios selon les hypothèses émises

La dernière étape de cette méthodologie consiste à simuler les évolutions possibles de l'occupation du sol et des processus anthropiques et naturels pour les deux scénarios identifiés. J'ai donc choisi d'utiliser le logiciel QGIS pour réaliser deux cartes. Cette étape s'organise de la manière suivante :

- Sur la base de la carte d'occupation du sol actuel (2018) une maille est créée facilitant l'analyse future des données (Figure II.16). Cette maille est définie selon l'échelle d'analyse choisie et l'objet étudié. Ici a été définie une maille de 100m x 100m afin d'éviter à la fois d'avoir des cellules trop petites entraînant des cellules vides et à la fois des cellules trop grandes engendrant une simplification de l'information. Pour l'analyse désirée, le choix de la taille de cette maille semble adéquat car représentative d'un niveau de précision adapté pour l'étude.

- Il faut ensuite réaliser un tableau pour chacun des scénarios en définissant les règles de changements d'affectation du sol pour chaque cellule (après une synthétisation et une simplification des catégories pour une lecture plus facile) (Annexe 10). Il faut se baser sur les hypothèses émises lors de l'étape précédente tout en s'appuyant sur les données récoltées du scénario de référence.

- Enfin il faut insérer cet ensemble de règles dans QGIS ce qui permet de simuler les évolutions possibles du territoire et de les rendre visible sous forme de cartographie.

Cette méthodologie permet donc une analyse prospective visant à imaginer les futurs possibles pour mieux appréhender le devenir de cet espace.

A cette modélisation de l'occupation du sol future s'ajoute une simulation des conséquences sur les processus anthropiques et naturels. Ainsi sur base des résultats cartographiques obtenus pour chaque scénario nous pouvons émettre des hypothèses quant à la superficie de territoire en zone naturelle protégée et la localisation d'infrastructures impliquant une fragmentation du paysage. Ceci amène donc à la mise en valeur d'espaces ayant un haut potentiel de biodiversité et permet donc d'identifier des lieux intéressants à préserver et à aménager dès aujourd'hui.

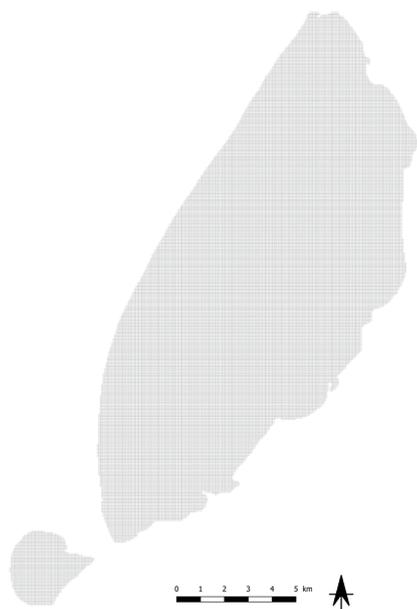


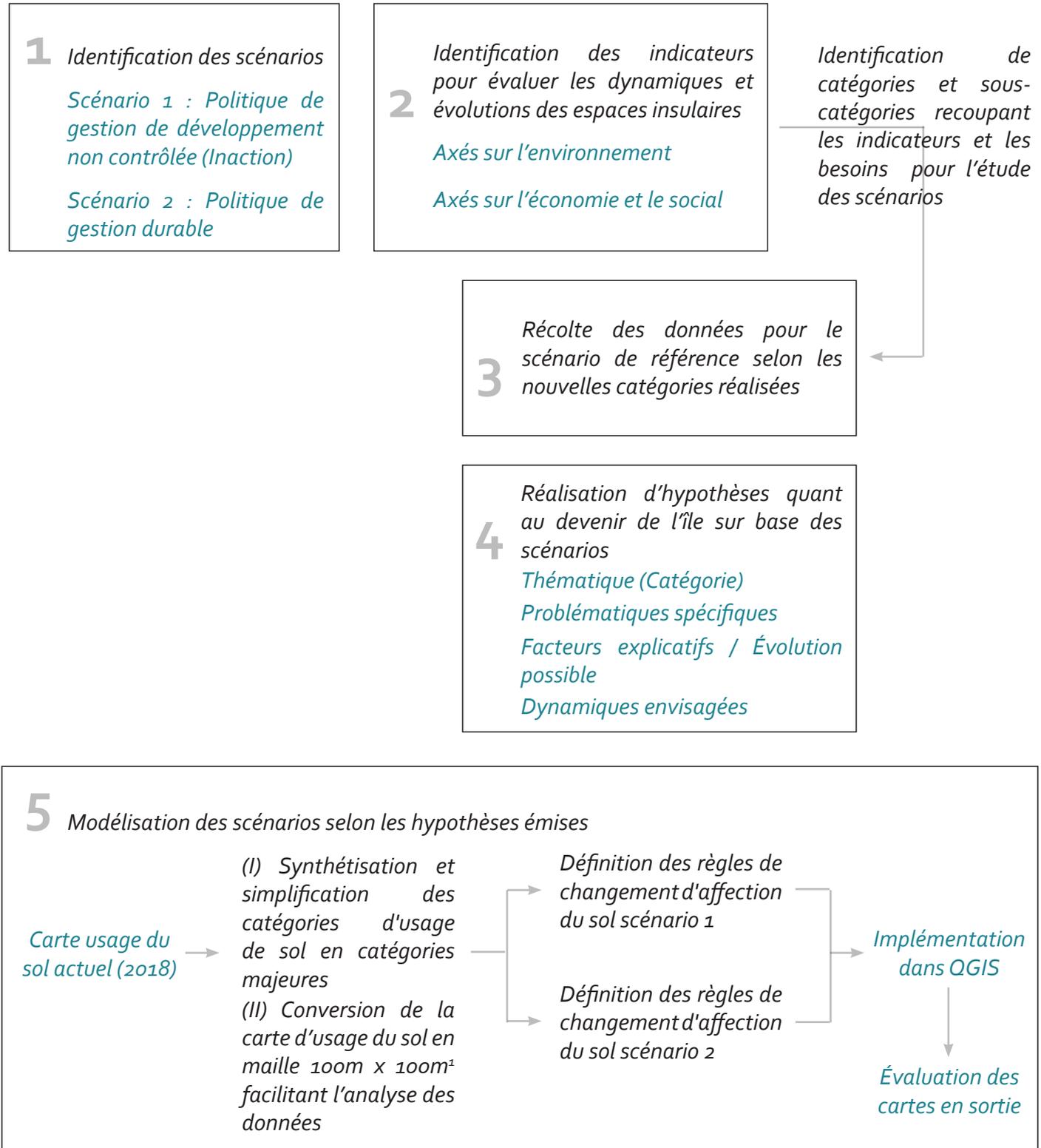
Figure II.16 - Représentation de la maille 100m x 100m de l'île de Texel nécessaire à l'étude.

Source : Tiffany Delavault

II.2.a.vi. Démarche générale de la méthodologie

Figure II.17 - Synthèse de la méthodologie «Par proposition de scénarios». Source : Tiffany Delavault

La démarche méthodologique "Par proposition de scénarios" peut être synthétisée par le schéma ci-dessous (Figure II.17). Cette dernière s'organise en cinq étapes majeures destinées à modéliser des cartes d'évolution de l'occupation du sol à l'horizon 2050 selon des règles de transition établies pour les deux scénarios identifiés.



¹ La taille de la maille est définie selon (I) l'échelle d'analyse choisie (ici l'île de Texel) permettant de distinguer les évolutions dans l'occupation du sol et (II) la taille du phénomène étudié, les mailles ne devant être ni trop petites ce qui entrainerait des mailles vides, ni trop grandes ce qui entrainerait une simplification de l'information.

II.2.c. Par observation du paysage

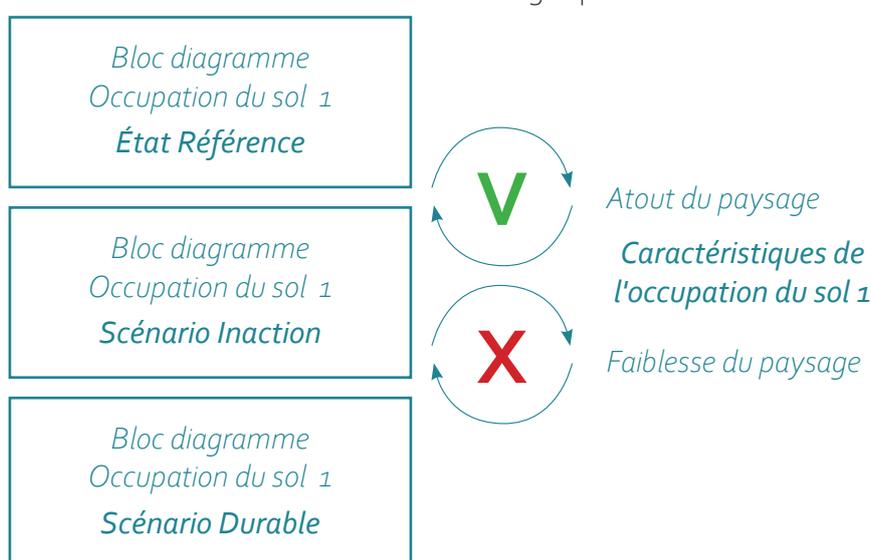
L'observation et l'analyse du paysage permettent d'être complémentaire à la réalisation de scénarios. Effectivement l'échelle d'étude est différente, plus localisée sur des éléments et permet donc de comprendre les interactions entre les entités que composent l'île. Cette méthode permet d'être pleinement dans le paysage de l'île de Texel et offre des possibilités quant à l'observation des prémices des changements climatiques et l'émission d'hypothèses sur le devenir de ces espaces. Il s'agit ici de décrire le paysage actuel tout en mettant en avant les actions concrètes mises en place face au réchauffement climatique. Ceci permettra de répondre aux questions que nous pouvons nous poser à savoir comment les espaces insulaires et plus particulièrement l'île de Texel feront face aux changements climatiques ? Est-ce que les actions mises en place fonctionnent et que deviendront ses composantes paysagères à l'avenir ?

Ainsi pour répondre à ces questions plusieurs étapes sont nécessaires permettant d'aboutir à une fiche décrivant, pour chaque occupation du sol, les paysages futurs selon la gestion appliquée (Figure II.18) :

1. Identification de sites majeurs et caractéristiques de l'île pour chacune des catégories d'occupation du sol identifiée. Pour réaliser cette sélection il faut se baser sur la simplification de l'occupation du sol réalisé pour la partie "Par proposition de scénarios" tout en utilisant les résultats de cette partie. De plus cette identification fait appel à des observations de terrain et à l'analyse de l'île précédemment effectuée.
2. Sélection d'un site représentatif de la catégorie d'occupation du sol. Il s'agit ensuite, sur la base des caractéristiques de ce site, de généraliser le paysage observé par l'occupation du sol. Ainsi on peut représenter, par l'intermédiaire d'un bloc diagramme, le paysage d'aujourd'hui présent sur l'île : des zones urbaines, des zones agricoles, des zones forestières,...
3. Identification des caractéristiques de ces sites et de leurs potentiels à venir face aux changements climatiques par la mise en avant d'atouts et de faiblesses du paysage étudié.
4. Une fois cette étape réalisée, il s'agit de voir les composantes futures de cette occupation de sol selon les deux scénarios réalisés précédemment (scénario d'inaction ou avec mise en place d'une politique de gestion durable). Cette étape permet donc de comprendre de quoi peut être fait le paysage de demain et son fonctionnement selon les nouveaux usages possibles.

Figure II.18 - Organisation de la fiche décrivant les évolutions possibles du paysage pour chaque occupation du sol.

Source : Tiffany Delavault



II.4. Synthèse méthodologique

L'ensemble de la méthodologie appliquée pour répondre aux objectifs de ce Travail de Fin d'Étude peut être résumé par le schéma ci-dessous (Figure II.19). L'utilisation de deux méthodologies complémentaires (la réalisation de scénarios et l'observation du paysage) permet de coupler des données de prévisions de changements quant à l'usage du sol selon différentes politiques mises en place tout en s'appuyant sur des faits déjà visibles à l'échelle du paysage. Ceci permet donc d'établir la dynamique de l'île de Texel face aux changements climatiques et donc d'envisager comment les îles de la Mer des Wadden peuvent faire face à ces changements dans un horizon futur.

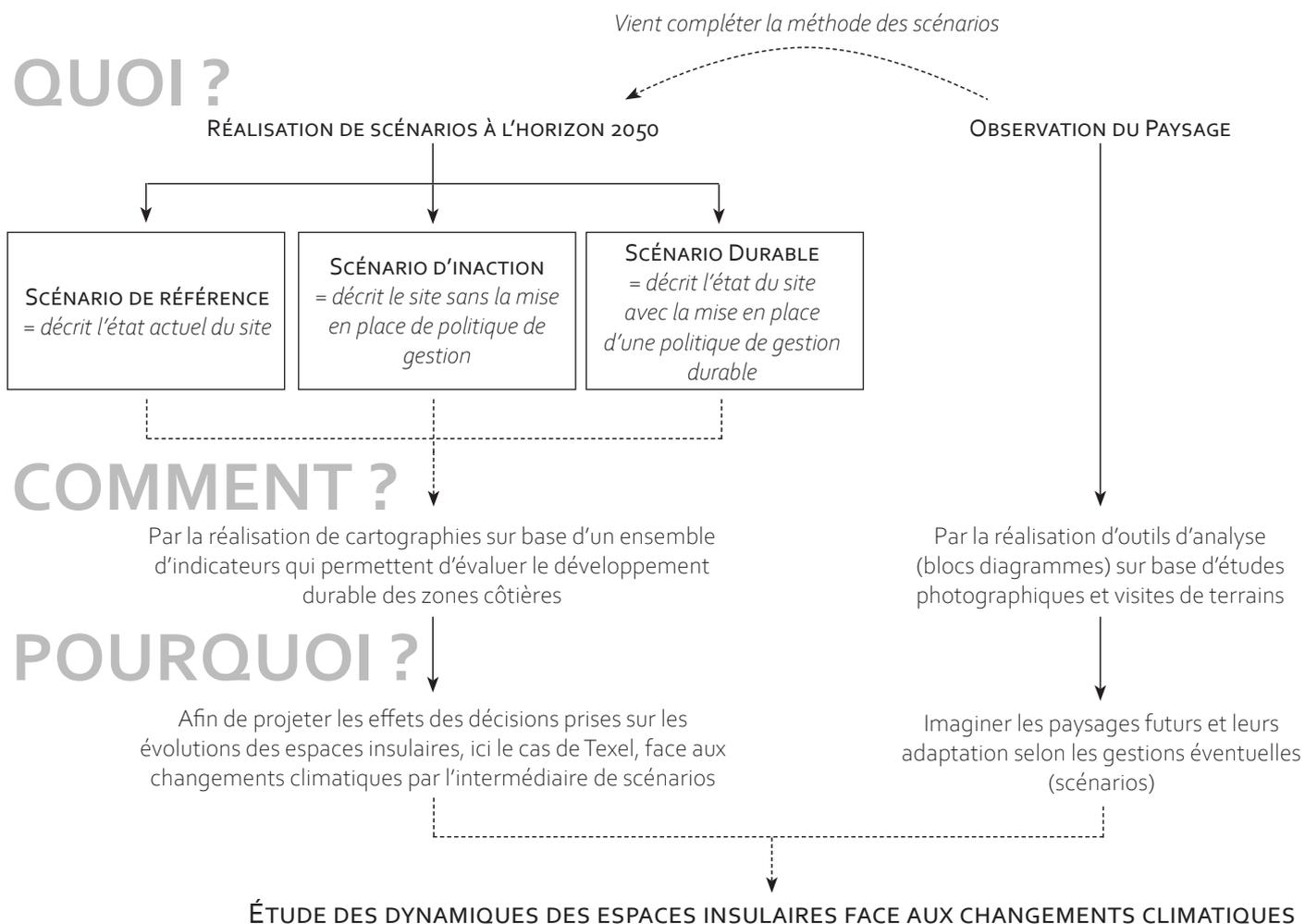


Figure II.19 - Synthèse méthodologique de la démarche utilisée pour ce Travail de Fin d'Étude.

Source : Tiffany Delavault

PARTIE III : RÉSULTATS

Cette partie va se concentrer sur les résultats de la mise en pratique des deux méthodologies sur le site d'étude de l'île de Texel aux Pays-Bas (Figure III.1).



Figure III.1 - Vue aérienne de la pointe nord de l'île de Texel et de son phare de Eierland.

Source : Michel, Rijkswaterstaat, NL

Figure III.2 - Cartographie de l'usage du sol actuel (2018) après synthétisation et simplification des catégories.

Source : Illustration de Tiffany Delavault d'après Corine LandCover

III.1. Par proposition de scénarios

III.1.a. Scénario de référence

Cette section va présenter les résultats observés suite à une récolte de données, des observations de terrain et la réalisation de cartographie sur la base des indicateurs définis précédemment. Il s'agit ici de faire un état de référence afin de pouvoir comparer ce scénario avec les deux autres présentés ci-après.

III.1.a.i. Usage du sol

Aujourd'hui nous pouvons observer que les usages de sols sont majoritairement agricoles occupant 70% du territoire (prairies et cultures permanentes), l'activité principale de l'île étant tournée vers l'élevage et la culture. Les forêts et milieux semi-naturels occupent quant à eux un quart du territoire, la majorité étant située au sein du Parc National des Dunes de Texel (Figure III.2). Le paysage actuel est donc façonné par des usages agricoles, s'étendant à perte de vue depuis les digues protégeant les terres de la mer (Figure III.3).

- 1** Territoires artificialisés
Tissu urbain discontinu / Zones industrielles ou commerciales / Aéroports / Equipements sportifs et de loisirs
- 2** Prairies
- 3** Milieux (semi) naturels
Pelouses et pâturages naturels
Plages, dunes et sables
- 4** Cultures permanentes
Terres arables hors périmètre d'irrigation / Systèmes culturaux et parcellaires complexes / Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants
- 5** Forêts
Forêts de feuillus / Forêts de conifères / Forêts mélangées
- 6** Zones humides
Marais intérieurs / Marais maritimes / Zones intertidales / Plans d'eau

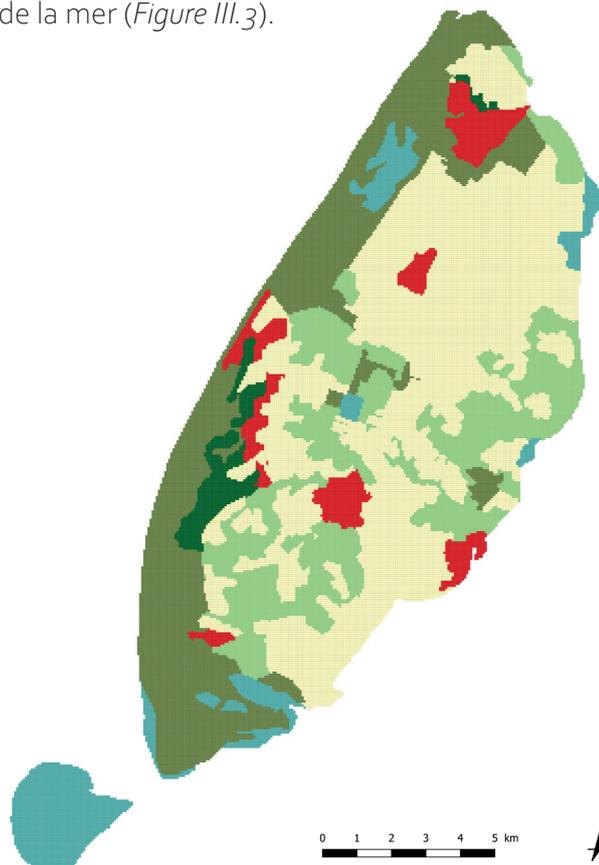




Figure III.3 - Photomontage illustrant l'ambiance et les paysages présents sur l'île de Texel aujourd'hui .
Source : Illustration de Tiffany Delavault

III.1.a.ii. Processus anthropiques

Tourisme & patrimoine naturel

Actuellement les zones protégées pour la conservation de la nature, du patrimoine et du paysage représentent environ 30 % du territoire de l'île de Texel. Il s'agit du Parc National des Dunes où le tourisme y est très présent. Effectivement une enquête montrant les endroits que les touristes affectionnent particulièrement (points rouges sur la carte) (Figure III.4 A) se trouvent au sein du patrimoine naturel protégé (zonage vert sur la carte) pour y effectuer une activité sportive comme la randonnée ou venir se balader, se reposer, prendre l'air, faire du vélo. Cette enquête s'inscrit dans le cadre du projet Greenmapper, réalisée par un ensemble d'acteurs scientifiques et publiques et met en avant l'importance de la valeur écologique et de l'expérience de la nature dans le tourisme.

De plus d'autres zones maritimes sont protégées par des dispositions légales avec la Mer des Wadden et la Mer du Nord qui sont également soumises au régime Natura 2000.

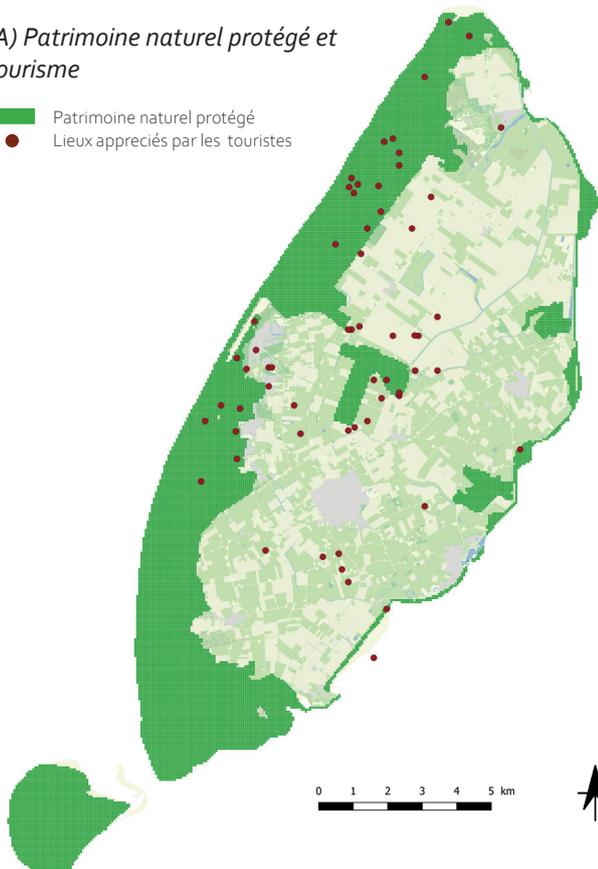
Nous pouvons noter que ces zones protégées sont situées pour la plupart en zones « à risque ». Il s'agit d'une surface où des phénomènes naturels sont susceptibles de se produire et de causer de grands dommages tant pour l'humain que pour les écosystèmes présents. A Texel, les défenses primaires telles que les digues offrent une protection contre les inondations pour une majeure partie du territoire (bleu clair) (Figure III.4 B). Toutefois un risque potentiel d'inondation important existe ou peut être attendu à l'intérieur de ces zones suite à une élévation trop importante du niveau de la mer ou une rupture de digues. Une grande partie du Parc National des Dunes est, quant à lui, située en zone non protégée par des défenses et est donc au premier plan face au risque d'inondation.

Figure III.4 A - Cartographie du patrimoine naturel protégé (vert) et des lieux fortement appréciés par les touristes (point rouge).

Source : Illustration de Tiffany Delavault d'après <https://www.walterwaddenmonitor.org/en/tools/wad/>

(A) Patrimoine naturel protégé et tourisme

- Patrimoine naturel protégé
- Lieux appréciés par les touristes



(B) Présence d'infrastructures protégeant l'intérieur des terres

- Zone non protégée par des infrastructures
- Zone protégée par des infrastructures
- Actifs économiques vulnérables aux inondations

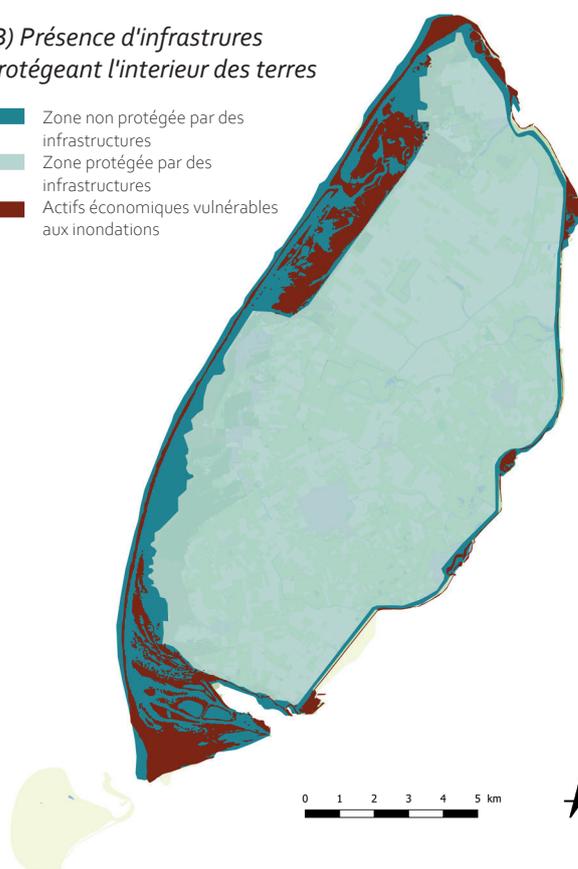


Figure III.4 B - Cartographie des zones présentant un risque potentiel d'inondation important. En bleu foncé on retrouve les zones non protégées le long du réseau principal d'eau, en bleu clair les zones protégées. Les zones rouges indiquent les actifs économiques dans les zones à risque pouvant être affectées par des inondations.

Source : Illustration de Tiffany Delavault d'après Risicokaart.nl

De nombreux actifs économiques présents en rouge sur la carte (Figure III.4 B) sont donc situés dans les zones où des inondations peuvent se produire environ une fois tous les dix ans. Majoritairement il s'agit de forêts et d'espaces naturels qui se voient affectés par ces inondations mais on retrouve également des zones d'activités, des espaces de loisirs, des espaces agricoles ou encore des infrastructures en dur. Face aux changements climatiques c'est donc au total 10% du territoire ayant une valeur patrimoniale, économique ou encore naturelle qui est potentiellement menacée par la montée des eaux et autres événements à risque.

Industrie et gestion des ressources naturelles

L'activité industrielle est peu diversifiée et très localisée au sein de l'île. Cette dernière est tournée majoritairement vers la pêche avec un port central qui est le relai pour toute l'île. L'intensité du trafic maritime pour la pêche est relativement intense avec une augmentation entre janvier et mai, mais répartie de manière inégale sur l'ensemble de la mer des Wadden et de la mer du Nord. Des études ont été menées sur les mouvements des navires permettant d'estimer les passages des bateaux. Ainsi nous pouvons savoir qu'au port d'Oudeschild il y a eu en janvier 389 bateaux qui ont traversé la cellule de la maille (Annexe 11 A).

Actuellement la pêche est tournée principalement vers des espèces telles que la crevette grise, la plie ou la sole avec la nécessité de mettre en place des mesures permettant de réduire les volumes actuellement élevés de captures indésirées (poisson en dessous de la taille minimale de référence). Le dragage est une autre activité économique importante qui a lieu en mer. Comme la pêche, son intensité est plus élevée entre janvier et mai avec un trafic de bateau variant autour de 23 bateaux en janvier au niveau du canal de Marsdiep (Annexe 11 B).

Cependant les changements climatiques vont avoir un impact sur les usages de la mer et donc sur la pêche et le dragage qui verront leur intensité modifiée.

Pollutions

Les eaux de baignade présentes sur l'île de Texel sont soumises à des contrôles permanents pour vérifier que ces dernières sont conformes à la valeur de référence de la directive européenne. Ainsi les quatre stations de contrôle de la qualité de l'eau présentent toutes un taux de qualité excellent.

Concernant la teneur en phosphates des eaux côtières il est à noter que les eaux de la mer du Nord font l'objet de mesures régulières donnant la tendance générale. Ainsi nous pouvons observer que plus de 90% des stations ont enregistré des taux de ce composé en diminution ou en stagnation en 2019 (European Environment Agency, 2019). Le phosphate est pourtant nécessaire à la croissance des plantes, il faut donc qu'il soit en quantité suffisante dans le milieu sans qu'il soit trop présent ce qui entrainerait une eutrophisation.

III.1.a.iii. Processus naturels

Changements des habitats et des espèces

Les habitats semi-naturels représentent 21% du territoire avec pour occupation principale des zones forestières, dunaires, de pelouses ou encore des zones humides. Mais ces espaces sont aujourd'hui soumis à une fragmentation du paysage mis en avant par les données Copernicus Imperviousness et TomTom TeleAtlas (Figure III.5). On observe que le paysage actuel est très fortement fragmenté (vert foncé sur la carte) au sud et au nord de l'île, les axes de communication et les zones urbaines en étant la principale cause.

De plus l'Union internationale pour la conservation de la nature (IUCN) recense actuellement plus de 35 espèces sur liste rouge présentes au sein de l'île ou dans les eaux de la mer du nord avec notamment des mammifères terrestres (9), des reptiles (1), des amphibiens (6), des poissons (19), des oiseaux et autres animaux (IUCN, 2020).

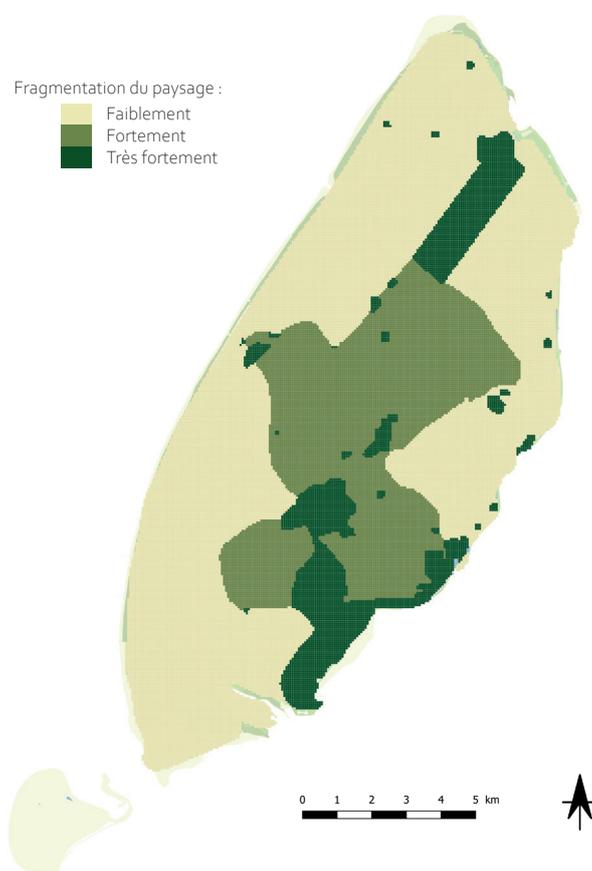


Figure III.5 - Cartographie de l'intensité de fragmentation des habitats présents (version 2019).

Source : Illustration de Tiffany Delavault d'après <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/landscape-fragmentation-effective-mesh-density>

Élévation du niveau de la mer

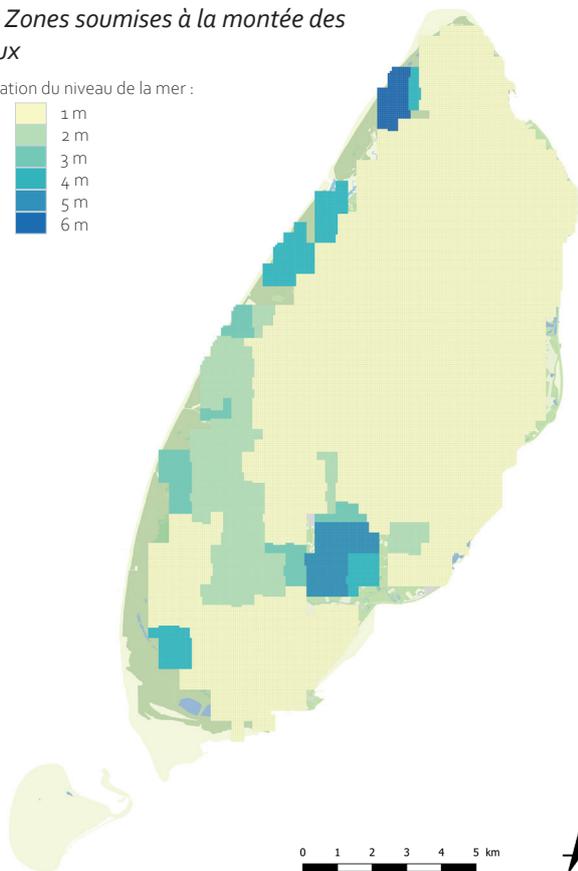
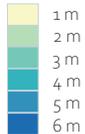
L'île de Texel possède la majeure partie de son littoral (31kms) protégée et défendue par des infrastructures de type digues et épis lui permettant de faire face à des inondations occasionnelles. Cependant en cas de montée des eaux de 1m dû au réchauffement climatique c'est plus de 68% du territoire qui sera directement impacté (Figure III.6 A). Le reste du territoire reste cependant sensible au risque de montée des eaux dû à d'éventuelles ruptures de digues. Selon l'Agence Européenne Environnementale c'est plus de 6 847 personnes qui vivent dans une zone où l'augmentation du niveau de la mer (entre 0 et 1m) causerait des dégâts matériels. Lors de ces 10 dernières années il a été enregistré 11 jours de tempêtes y compris des fortes pluies, des vents tourbillonnants et des vents sévères. Un vent sévère étant considéré comme allant autour des 90km/h et engendrant des dégâts matériels (European Severe Storms Laboratory, 2020).

Figure III.6A - Cartographie des zones soumises à la montée des eaux selon l'EEA (en jaune les zones les plus sensibles).

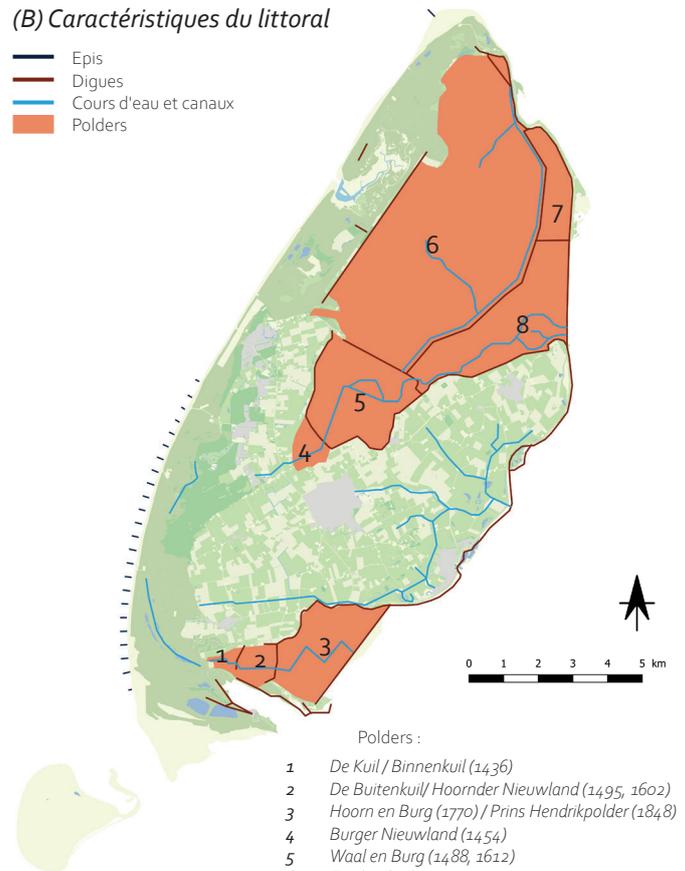
Source : Illustration de Tiffany Delavault d'après <https://eea.maps.arcgis.com/>

(A) Zones soumises à la montée des eaux

Élévation du niveau de la mer :



(B) Caractéristiques du littoral



Polders :

- 1 De Kuil / Binnenkuil (1436)
- 2 De Buitenkuil / Hoornder Nieuwland (1495, 1602)
- 3 Hoon en Burg (1770) / Prins Hendrikpolder (1848)
- 4 Burger Nieuwland (1454)
- 5 Waal en Burg (1488, 1612)
- 5 Eijerland (1835)
- 7 De Eendracht (1846)
- 8 Het Noorden (1872)

Figure III.6B - Cartographie du littoral et des infrastructures de défenses côtières: épis (bleu foncé), digues (rouge). Les polders (orange) et les canaux (bleu) participent au maintien des terres émergées.

Source : Illustration de Tiffany Delavault d'après des observations de terrain et Rijkdienst voor het Cultureel Erfgoed (2017) "Kop van Noord- Holland en Texel".

Érosion côtière

L'île de Texel possède, comme dit précédemment, des infrastructures côtières lui permettant d'assurer une défense face aux inondations et à l'érosion avec notamment 25 épis en bleu foncé sur la carte (Figure III.6 B). Toutefois elle possède également un littoral dynamique (zone sans digue) c'est-à-dire des zones où la mer entre librement sur la terre pour façonner le trait de côte au cours du temps. C'est au total 42 kms de l'île qui sont en perpétuel mouvement, variant selon l'érosion et l'accrétion des plages principalement du côté de la mer du Nord. Ces zones nécessitent donc l'apport constant de sable avec en moyenne un apport de 0,91 million de mètres cubes de sable par an sur les plages du sud de l'île (Elias and Van Der Spek, 2017).

Pour faire face à l'élévation de la mer de nombreux polders ont également été créés au cours du temps. Texel en dénombre 8 permettant à l'île de drainer ses eaux pluviales et marines et de maintenir ses terres émergées.

III.1.b. Scénario d'inaction

Cette section va présenter dans un premier temps les hypothèses émises quant au devenir de l'île de Texel si une politique dite d'inaction est mise en place. Dans un second temps une carte a été modélisée afin de visualiser les changements possibles permettant ainsi d'imaginer le possible futur de l'île, à l'horizon 2050. Ainsi cette carte trace le chemin que va suivre l'île si cette gestion est appliquée.

III.1.b.i. Émission des hypothèses

Le tableau ci-dessous (*Tableau III.1*) reprend donc les dynamiques envisagées concernant les usages du sol, les processus anthropiques et naturels selon les problématiques identifiées.

*Tableau III.1 - Dynamiques envisagées suite à la mise en place d'une politique d'inaction sur la base des problématiques spécifiques identifiées.
Source : Tiffany Delavault*

Thématiques	Problématiques spécifiques	Facteurs explicatifs / Évolutions possibles	Dynamiques envisagées
Usage du sol			
<i>Territoires artificialisés</i>	- Extension du tissu urbain et évolution démographique (nombre d'habitants)	- Demande grandissante de maisons secondaires - Évolution de l'exploitation de terre par habitant	- Augmentation de l'étalement urbain - Augmentation de la surface imperméable au sol
<i>Territoires agricoles</i>	- Type de culture (élevage d'ovins) - Type d'agriculture (extensive / intensive) - Maintien d'un tissu agricole identitaire de l'île	- Besoin de la population grandissant en terme de protéine animale - Qualité du mouton de Texel concernant ses critères de production : utilisation pour sa laine, son lait et sa viande	- Basculement de l'agriculture actuellement extensive vers une agriculture intensive - Développement exponentielle de la filière d'élevage d'ovins - Concurrence économique avec les grandes firmes agricoles au détriment des petits producteurs
<i>Forêts et milieux (semi) naturels</i>	- Répartition spatiale (milieux regroupés en un seul endroit) - Gestion forestière et des milieux semi-naturels	- Zonages réglementaires / inventaires (Natura 2000,...) - Usages actuels axés sur le tourisme	- Diminution de la superficie des zones forestières et semi-naturelles au profit des zones urbaines et agricoles
<i>Zones humides</i>	- Maintien des zones humides présentes comme capital de biodiversité (limitation du trafic maritime, tourisme,...)	- Influence des activités marines et terrestres sur les zones humides	- Conservation des zones humides actuelles sans évolution spécifique de leur gestion - Modification de leur environnement dûe à l'apparition de zones urbaines et agricoles
<i>Surface en eau</i>	- Maintien des étangs en zone protégée	- Usage actuel axé sur le tourisme et la découverte de la nature	- Maintien des étangs en l'état

Processus anthropiques			
<i>Tourisme & patrimoine naturel</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Maintien de l'identité de l'île et de ses nombreux habitats naturels - Maintien d'un tourisme axé sur la nature 	<ul style="list-style-type: none"> - Zonage réglementaire et inventaire du patrimoine naturel (Natura 2000 zone Ramsar,...) - Influence des usages touristiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Conservation des zones protégées actuelles sans évolution significative de leurs gestion - Tourisme similaire à celui existant tourné vers l'expérience de la nature
<i>Industrie et gestion des ressources naturelles</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Intensité du trafic maritime et de la pêche 	<ul style="list-style-type: none"> - Intensification du trafic maritime sur la mer du Nord - Diversification des espèces pêchées - Pressions humaines pour des besoins en nourriture/protéines provoquées par la croissance de la population mondiale 	<ul style="list-style-type: none"> - L'espace maritime disponible pour la pêche voit sa superficie stagner ou augmenter - Appauvrissement continu de l'écosystème marin dû à une surpêche systématique
<i>Pollutions</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Qualité des eaux côtières et de baignade - Taux de composés chimiques présent dans l'eau (phosphate / nitrate,...) 	<ul style="list-style-type: none"> - Pressions humaines sur les milieux naturels - Développement d'une agriculture intense peu bénéfique à une bonne qualité des eaux 	<ul style="list-style-type: none"> - Qualité des eaux de baignade et côtière reste à un taux satisfaisant
Processus naturels			
<i>Changements des habitats et des espèces</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Fragmentation des habitats 	<ul style="list-style-type: none"> - Développement des zones artificielles (routes, zones urbaines,...) 	<ul style="list-style-type: none"> - Les zones urbaines s'étendent sans prise en compte des zones naturelles présentes engendrant une continuité dans la fragmentation des habitats - Perte et/ou vulnérabilité d'habitats et d'espèces
<i>Élévation du niveau de la mer</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Inondations 	<ul style="list-style-type: none"> - Imperméabilisation des sols due à l'étalement urbain - Entretien et renforcement des infrastructures de défenses côtières actuelles 	<ul style="list-style-type: none"> - Les zones potentiellement inondables maintiennent leurs activités au maximum grâce au renforcement des défenses côtières
<i>Érosion côtière</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Recul du trait de côte (si pas d'apport de sable) 	<ul style="list-style-type: none"> - Maintien du dragage 	<ul style="list-style-type: none"> - Le trait de côte est maintenu au maximum tel qu'il existe actuellement

III.1.b.ii. Règles de changement d'affectation de sol

Afin de simuler l'évolution possible de l'occupation du sol selon un scénario d'inaction, des règles d'implémentation dans QGIS ont été définies (Tableau III.2). Ces dernières se basent sur les hypothèses émises et font appel à des données cartographiques présentées dans la partie précédente (Carte d'occupation du sol actuel ; Carte du patrimoine naturel ; Carte des zones soumises à la montée des eaux) (Annexe 12).

Tableau III.2 - Règles d'implémentation dans le logiciel QGIS pour simuler l'occupation du sol en 2050 avec un scénario d'inaction.

Source : Tiffany Delavault

Cellule située dans		Catégories					
		1 Territoires urbanisés	2 Prairies	3 Milieux (semi) naturels	4 Cultures permanentes	5 Forêts	6 Zones humides
un rayon à moins de 500 m d'une zone urbanisée	ET dans une zone inondable (- de 1m)	1	2	3	4	5	6
	ET hors d'une zone inondable (+ de 1m)	1	2	3	4	5	6
	ET dans une zone inondable (- de 1m)	1	1	1	4	1	6
	ET hors d'une zone inondable (+ de 1m)	1	1	1	1	1	6
un rayon à plus de 500 m d'une zone urbanisée	ET dans une zone inondable (- de 1m)	1	2	3	4	5	6
	ET hors d'une zone inondable (+ de 1m)	1	2	3	4	5	6
	ET dans une zone inondable (- de 1m)	1	4	4	4	4	6
	ET hors d'une zone inondable (+ de 1m)	1	4	4	4	4	6

III.1.b.iii. Modélisation de la carte de simulation

- 1** Territoires artificialisés
Tissu urbain discontinu / Zones industrielles ou commerciales / Aéroports / Equipements sportifs et de loisirs
- 2** Prairies
- 3** Milieux (semi) naturels
Pelouses et pâturages naturels
Plages, dunes et sables
- 4** Cultures permanentes
Terres arables hors périmètre d'irrigation / Systèmes culturaux et parcellaires complexes / Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants
- 5** Forêts
Forêts de feuillus / Forêts de conifères / Forêts mélangées
- 6** Zones humides
Marais intérieurs / Marais maritimes / Zones intertidales / Plans d'eau

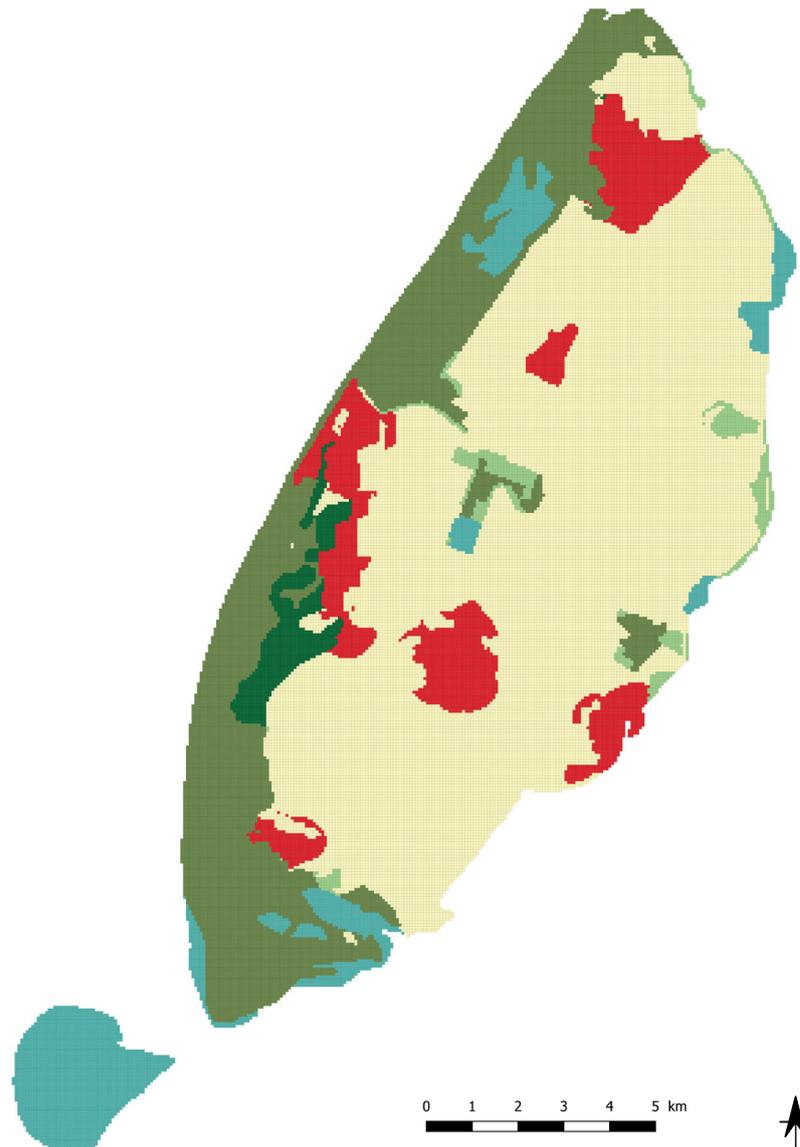


Figure III.7 - Cartographie de l'usage du sol avec mise en place d'une politique dite d'inaction.

Source : Illustration de Tiffany Delavault d'après Corine LandCover

À l'horizon 2050 nous pouvons imaginer le paysage de l'île de Texel tel que montré ci-dessus (Figure III.7) si une politique dite d'inaction est mise en place. Cette carte a pu être modélisée sur QGIS en insérant un ensemble de règles définies précédemment. De plus l'ensemble de ces prédictions ont pu être émises grâce à différents documents tels que 'Coastal Zones: Policy alternatives impacts on European Coastal Zones 2000 – 2050', 'Policy Document on the North Sea 2016-2021' ou encore les rapports du GIEC. Ce dernier a permis d'identifier un scénario climatique à prendre en compte pour la modélisation des cartes, ici le scénario RCP 6, désigné comme scénario le plus probable d'avoir lieu. Ainsi plusieurs critères ont été sélectionnés (distance à une zone urbaine / situation par rapport aux périmètres de protection naturels et par rapport aux zones inondables avec une montée des eaux de 1m selon le scénario climatique identifié) permettant de cadrer l'évolution de l'occupation du sol. Ces critères ont également été sélectionnés du fait de la disponibilité des données et de leur possible insertion dans QGIS (Annexe 13).

En appliquant ce scénario, on observe une évolution de l'occupation du sol en faveur d'une agriculture avec des cultures permanentes et une augmentation des surfaces urbanisées. Il n'y a toutefois que peu d'évolution significative, les prairies autrefois pâturées par les moutons sont exploitées intensivement homogénéisant le paysage de l'île.



Figure III.8 - Photomontage illustrant l'ambiance et les paysages présents sur l'île de Texel en 2050 pour un scénario d'inaction .

Source : Illustration de Tiffany Delavault

La question de l'avenir de la planète est un sujet actuel préoccupant sur lequel de nombreux scientifiques et autres organisations tentent de répondre. Ainsi ce scénario évoque un avenir où l'Homme ne serait plus en phase avec la Terre et où il serait confronté à des inondations plus nombreuses, des sécheresses, des incendies et troubles sociaux provoquant la destruction des paysages qui façonnent l'identité des lieux. Ici est pris en compte les changements climatiques notamment en terme de montée des eaux mais également d'élévation de la température. Demain, si aucune stratégie et action supplémentaire n'est apportée et développée le paysage et les usages de l'île de Texel se retrouveraient majoritairement agricole (Figure III.8). Effectivement les digues ont récemment été réhaussées permettant de palier à des événements de montée des eaux éventuels (de l'ordre de 1m) et donc ainsi de conserver les terres à l'abri d'inondation. Un scénario d'inaction ne veut pas nécessairement dire ne rien faire mais plutôt continuer ce qui est entrepris sans ajouter de nouveaux éléments et de nouveaux objectifs. Il s'agit ici d'une reproduction au fil des années de notre mode de vie sans réel changement tout en exigeant de plus en plus d'énergie. Petit à petit les zones encore naturelles et semi naturelles, les prairies disparaissent au profit de l'agriculture et du bâti. Ces deux usages façonnent donc le nouveau paysage que compose l'île du fait d'une demande grandissante de maisons secondaires associées à un essor du tourisme et à une qualité des sols et des terres pour la culture. Cependant les cultures et régimes alimentaires évolueraient au profit de semences adaptées à un climat plus chaud faisant appel parfois aux nouvelles technologies et à une manipulation des gènes. Aussi de nombreuses espèces animales et végétales rejoindraient la liste des espèces de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN). Effectivement certaines espèces ne seraient plus observées depuis des décennies dû notamment à la fragmentation continue des habitats, l'uniformisation du paysage et la perte de certaines espèces pollinisatrices ou à polliniser .

III.1.c. Scénario avec mise en place d'une politique de gestion durable

Cette section va présenter dans un premier temps les hypothèses émises quant au devenir de l'île de Texel si une politique de gestion durable est mise en place. Dans un second temps une carte a été modélisée et illustrée afin de visualiser les changements possibles permettant ainsi d'imaginer le possible futur de l'île, à l'horizon 2050.

Tableau III.3 - Dynamiques envisagées suite à la mise en place d'une politique de gestion durable sur base des problématiques spécifiques identifiées.
Source : Tiffany Delavault

III.1.c.i. Émission des hypothèses

Le tableau ci-dessous (Tableau III.3) reprend donc les dynamiques envisagées concernant les usages du sol, les processus anthropiques et naturels selon les problématiques identifiées.

Thématiques	Problématiques spécifiques	Facteurs explicatifs / Évolutions possibles	Dynamiques envisagées
Usage du sol			
<i>Territoires artificialisés</i>	- Extension du tissu urbain et évolution démographique (nombre d'habitants)	- Demande grandissante de maisons secondaires - Évolution de l'exploitation de terre par habitant	- L'étalement urbain est limité au maximum, une densification du bâti étant préféré - Protection des zones à risques (inondation / érosion) en interdisant toute construction
<i>Territoires agricoles</i>	- Type de culture (élevage d'ovins) - Type d'agriculture (extensive / intensive) - Maintien d'un tissu agricole identitaire de l'île	- Besoin de la population grandissante en terme de protéine animale - Qualité du mouton de Texel pour ses critères de production : sa laine, son lait et sa viande - Mode de valorisation (valorisation directe, circuits courts)	- Économie circulaire - Promotion de la diversification agricole - Conservation d'une agriculture extensive
<i>Forêts et milieux (semi) naturels</i>	- Répartition spatiale (milieux regroupés en un seul endroit) - Gestion forestière et des milieux semi-naturels	- Zonages réglementaires / inventaires (Natura 2000,...) - Usages actuels axés sur le tourisme	- Développement et/ ou conservation des zones forestières et semi naturelles (ne peuvent se transformer en zones bâties) - Incitation à la conversion en espaces naturels, à la création d'infrastructures vertes, à la réhabilitation des sites naturels
<i>Zones humides</i>	- Maintien des zones humides présentes comme capital de biodiversité (limitation du trafic maritime, du tourisme,...)	- Influence des activités marines et terrestres sur les zones humides	- Maintien et développement des zones humides en bord de littoral - Accroissement des habitats et de la valeur de la mer des Wadden comme réserve de biodiversité

<i>Surface en eau</i>	- Maintien des étangs en zone protégée	- Usage actuel axé sur le tourisme et la découverte de la nature	- Maintien des étangs en l'état et gestion adaptée aux espèces animales et végétales s'y développant
Processus anthropiques			
<i>Tourisme & patrimoine naturel</i>	- Maintien de l'identité de l'île et de ses nombreux habitats naturels - Maintien d'un tourisme axé sur la nature	- Zonages réglementaires et inventaires du patrimoine naturel - Influence des usages touristiques - Continuité du projet de l'ICZM pour un tourisme durable	- Développement du tourisme de nature et durable - Extension des zones protégées (Natura 2000, Parc National)
<i>Industrie et gestion des ressources naturelles</i>	- Intensité du trafic maritime et de la pêche	- Pressions sociales pour des pratiques plus respectueuses de la nature et des animaux	- Développement de parcs éoliens offshore - Réduction des zones de pêche entraînant une diminution de la surpêche - Extensions des zones protégées
<i>Pollutions</i>	- Qualité des eaux côtières et de baignade - Taux de composés chimiques présents dans l'eau (phosphate / nitrate,...)	- L'agriculture intensive diminue engendrant des pollutions moindre concernant les eaux de rejet côtier	- Qualité des eaux de baignade et côtière tendent vers un taux très satisfaisant
Processus naturels			
<i>Changements des habitats et des espèces</i>	- Fragmentation des habitats	- Augmentation des zones naturelles et semi-naturelles - Incitation à la conversion en espaces naturels, création d'infrastructures vertes et réhabilitation des sites naturels	- Programme Life pour restaurer des milieux naturels - Limitation au maximum de la fragmentation des habitats naturels
<i>Élévation du niveau de la mer</i>	- Inondations	- Entretien et renforcement des infrastructures de défenses côtières actuelles - Entrée de l'eau dans les terres (brèche dans les digues) par endroit pour créer des zones humides	- Les zones agricoles situées en zones inondables se tournent vers du pâturage en zone humide et s'axent vers l'élevage extensif utilisant la montée des eaux comme atout
<i>Érosion côtière</i>	- Recul du trait de côte (si pas d'apport de sable)	- Maintien du dragage au niveau du détroit Marsdiep pour le passage des bateaux	- Maintien du trait de côte identique à l'actuel sauf dans les zones humides où ce dernier est laissé en dynamisme naturel

III.1.c.ii. Règles de changement d'affectation de sol

Afin de simuler l'évolution possible de l'occupation du sol selon un scénario durable, des règles d'implémentation dans QGIS ont été définies (Tableau III.4). Ces dernières se basent sur les hypothèses émises et font appel à des données cartographiques présentées dans la partie précédente (Carte d'occupation du sol actuel ; Carte du patrimoine naturel ; Carte des zones soumises à la montée des eaux).

Tableau III.4 - Règles d'implémentation dans le logiciel QGIS pour simuler l'occupation du sol en 2050 avec un scénario de gestion durable.

Source : Tiffany Delavault

Cellule située dans		Catégories					
		1 Territoires urbanisés	2 Prairies	3 Milieux (semi) naturels	4 Cultures permanentes	5 Forêts	6 Zones humides
un rayon à moins de 500 m d'une zone urbanisée	ET dans une zone inondable (- de 1m)	1	3	6	2	3	6
	ET hors d'une zone inondable (+ de 1m)	1	2	3	4	5	6
	ET dans une zone inondable (- de 1m)	1	3	6	2	3	6
	ET hors d'une zone inondable (+ de 1m)	1	2	3	4	5	6
un rayon à plus de 500 m d'une zone urbanisée	ET dans une zone inondable (- de 1m)	1	3	6	2	3	6
	ET hors d'une zone inondable (+ de 1m)	1	2	3	4	5	6
	ET dans une zone inondable (- de 1m)	1	3	6	2	3	6
	ET hors d'une zone inondable (+ de 1m)	1	2	3	4	5	6

III.1.c.iii. Modélisation de la carte de simulation

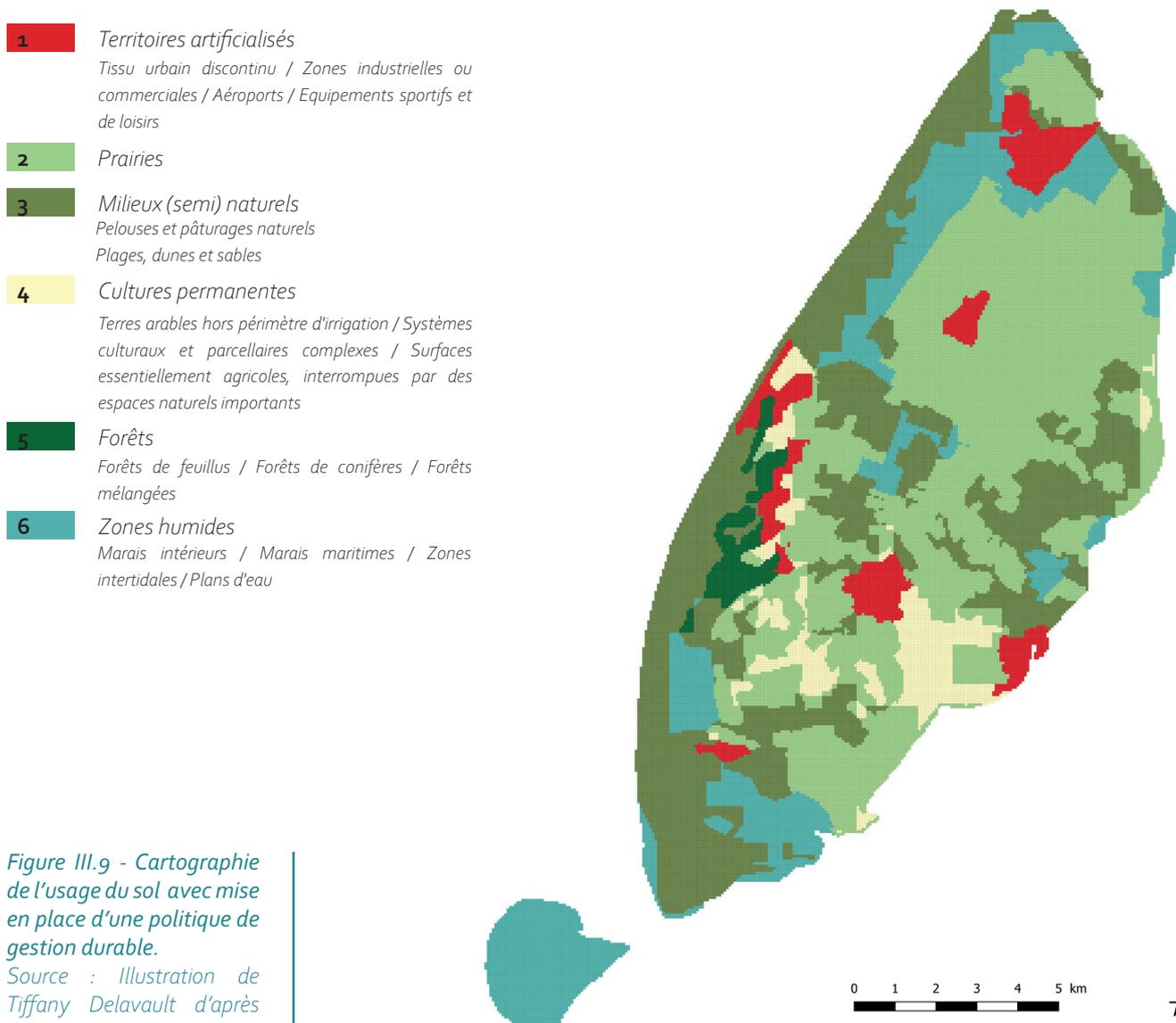


Figure III.9 - Cartographie de l'usage du sol avec mise en place d'une politique de gestion durable.

Source : Illustration de Tiffany Delavault d'après Corine LandCover

Le paysage de l'île de Texel pourrait ressembler, si une politique de gestion durable est mise en place, à la carte ci-dessus à l'horizon 2050 (Figure III.9). Comme pour le scénario précédent les hypothèses émises ont permis de simuler une prédiction du paysage. Les changements climatiques et la montée des eaux sont des paramètres pris en compte dans ce scénario avec une grande importance. Les zones inondables se tournent vers des activités plus durables transformant un paysage très agricole vers des zones plus naturelles, les prairies soumises aux fluctuations marines prennent dorénavant une part importante du territoire. Les zones humides telles que les marais s'agrandissent pour laisser plus de place à l'évolution naturelle de l'environnement et des habitats et diminuer ainsi la fragmentation du paysage anciennement présente. Les zones urbaines se densifient au maximum avant de s'étaler sur les terres à proximité. Ce scénario imagine donc le paysage avec une possible montée des eaux ayant des conséquences sur l'intérieur des terres, les digues étant maintenues et renforcées pour conserver des terres émergées. Mais le choix peut également être fait de laisser une brèche dans une digue laissant entrer l'eau par endroit à l'intérieur des terres et créer ainsi une plus grande diversité d'habitats naturels. Implicitement cette conversion des terres aura des conséquences sur les processus anthropiques et naturels au profit de l'Homme et de la nature notamment en terme de fragmentation du paysage et des habitats.



Figure III.10 - Photomontage illustrant l'ambiance et les paysages présents sur l'île de Texel en 2050 pour un scénario avec la mise en place d'une politique de gestion durable.

Source : Illustration de Tiffany Delavault

Si, à partir de demain, les décisions prises étaient pensées en accord avec la nature et l'Homme nous serions dans un scénario comme présenté ci-dessus (Figure III.10). Chacun, par ses actions, contribuerait à sauver la planète du désastre écologique et climatique et essaierait de réparer les dommages effectués jusqu'à aujourd'hui. Ici serait mis à profit les nouvelles technologies pour le bien de chacun, pour nourrir la population et préserver la diversité des espaces et des espèces. A l'inverse du scénario d'inaction axé sur une vision pessimiste de l'avenir de la planète celui-ci offre une vision plus optimiste laissant penser à un avenir durable et serein.

Ce scénario implique la mise en place d'une gestion du territoire axée sur le développement de zones naturelles et semi naturelles, l'augmentation des zones humides et une diminution voire une conversion des cultures permanentes. Les écosystèmes se transformeront naturellement et nous essaieront au mieux d'assurer la survie d'un maximum d'espèces et une population stabilisée. L'utilisation du sol pour la culture et notamment l'élevage produit aujourd'hui une grande partie des émissions polluantes (CO₂, méthane,...) et nécessite donc de nouveaux régimes alimentaires et systèmes culturels plus adaptés à la terre, à la nature et à l'Homme. Dans ce scénario les terres agricoles sont en majeure partie converties en prairies, où des élevages de moutons pâturent librement dans des zones plus ou moins humides selon la saison et les années avec de possibles crues centennales tous les 6 ans à partir de 2050. Il s'agit ici de retrouver et/ou conserver l'identité de l'île et de ses moutons tout en prônant une utilisation à l'échelle de l'île et de tout ce que procure ce dernier : lait, laine, viande en moins grande quantité dans une optique d'économie circulaire. De plus les énergies renouvelables telles que les éoliennes seront développées à plus grande échelle au sein de la Mer du Nord où le paysage marin se verra doté d'une densité plus forte de fermes éoliennes. Par ces différentes actions les Pays-Bas atteignent, dans ce scénario, la réduction de plus de 50% de leurs émissions de gaz à effet de serre en 2050.

Figure III.11 A & B - Cartographie du patrimoine naturel protégé pour le scénario d'inaction (A) et le scénario avec mise en place d'une politique de gestion durable (B). Le fond de plan représente l'état actuel de l'île. Source : Illustration de Tiffany Delavault

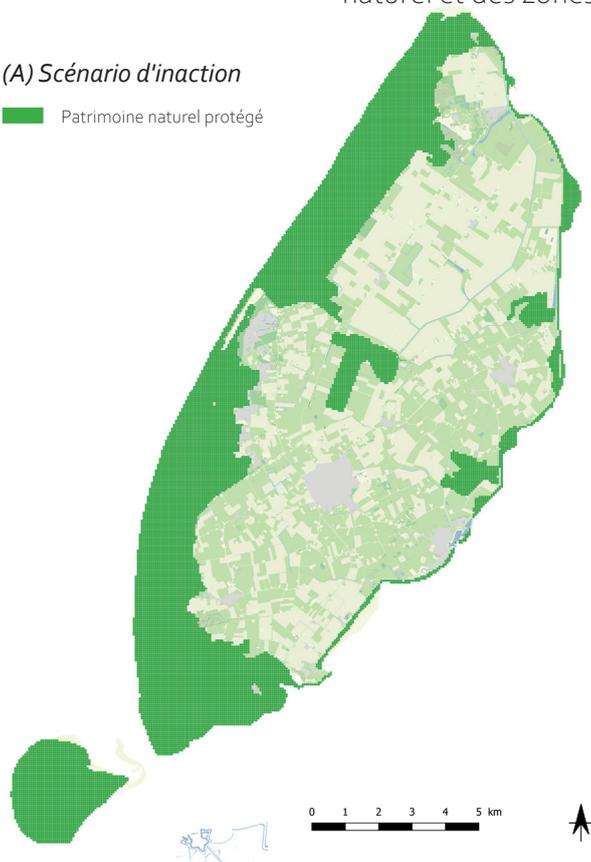
III.1.d. Conséquences sur les processus anthropiques et naturels

III.1.d.i. Processus anthropiques

L'évolution de l'occupation du sol pour les deux scénarios s'accompagnent de modification au niveau des processus anthropiques. Cette partie étudie donc les possibles évolutions de ces processus notamment de l'évolution du patrimoine naturel et des zones protégées (Figure III.11 A & B).

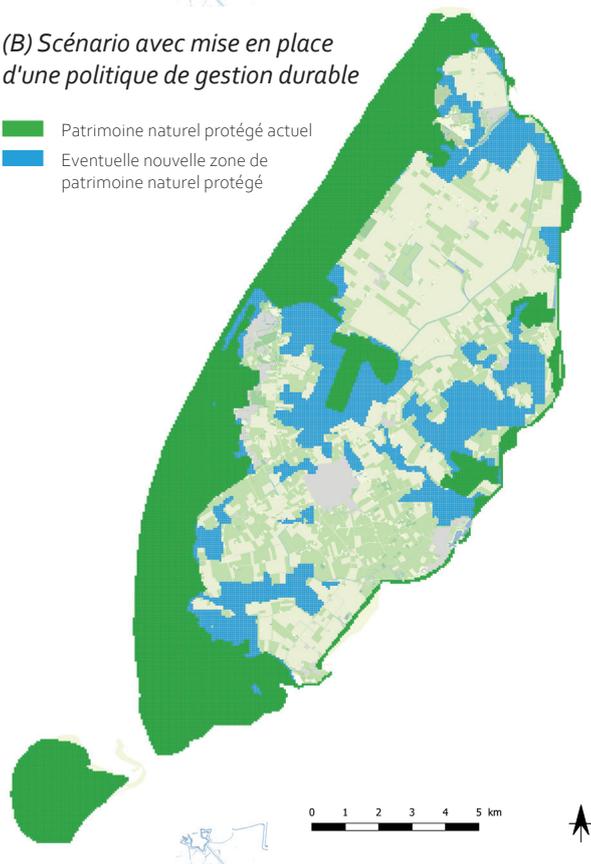
(A) Scénario d'inaction

■ Patrimoine naturel protégé



(B) Scénario avec mise en place d'une politique de gestion durable

■ Patrimoine naturel protégé actuel
■ Eventuelle nouvelle zone de patrimoine naturel protégé



Ces cartes ont été modélisées sur la base des données récoltées. Ainsi avec un scénario d'inaction nous pouvons observer que la superficie des zones situées dans un périmètre de protection naturelle (Natura 2000, RAMSAR) présente sur le territoire de l'île de Texel représente 32% de cette dernière. Il n'y a donc pas d'augmentation et de diminution de la surface de zone protégée. Ceci est expliqué notamment par le fait que rien n'est mis en place pour favoriser le développement, la conversion et la restauration de milieux naturels.

Or en appliquant une gestion durable nous pouvons émettre l'hypothèse qu'il s'agirait de 44% du territoire qui serait soumis à un statut de protection naturelle. Il s'agirait effectivement des zones humides et des zones (semi) naturelles qui se retrouveraient sous ce statut pour ainsi favoriser la biodiversité déjà présente, limiter la fragmentation des habitats et du paysage et protéger les zones à haut potentiel de biodiversité. Ce dernier scénario verrait donc une extension de ces zones (semi) naturelles déjà présentes dans l'optique de renforcer la diversité d'habitat présent. Les anciennes terres agricoles soumises aux problématiques de montée des eaux se convertiraient en milieux destinés à accueillir une faune et une flore remarquable, agrandissant ainsi les aires de repos et de nidification pour les populations présentes. L'économie s'axerait désormais en majorité sur du tourisme vert ou du pâturage conservant ainsi l'identité de l'île et ses traditions (grâce au mouton de Texel notamment). Ceci serait possible grâce à l'incitation à la conversion en espaces naturels, la création d'infrastructures vertes et la réhabilitation des sites naturels par différents organismes et stratégies (programme LIFE) acteurs face aux changements climatiques.

Figure III.12 A & B - Cartographie de l'intensité de fragmentation des habitats présents pour le scénario d'inaction (A) et le scénario avec mise en place d'une politique de gestion durable (B).

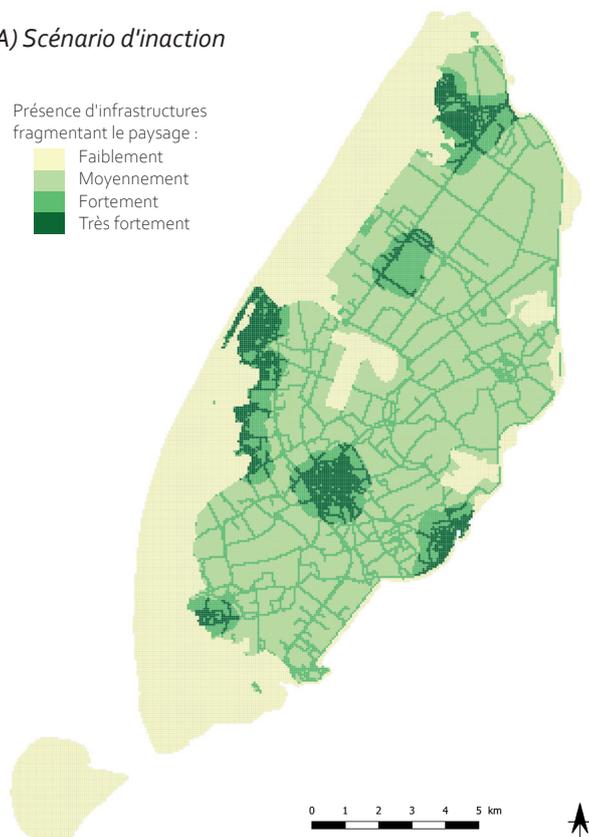
Source : Illustration de Tiffany Delavault

III.1.d.ii.Processus naturels

En plus des processus anthropiques ce sont les processus naturels qui sont modifiés suite à un changement de gestion du territoire. Dans cette partie nous allons nous concentrer sur la fragmentation du paysage selon les deux scénarios pour connaître l'impact réel de cette modification sur les paysages et les habitats naturels que composent l'île (Figure III.12 A & B).

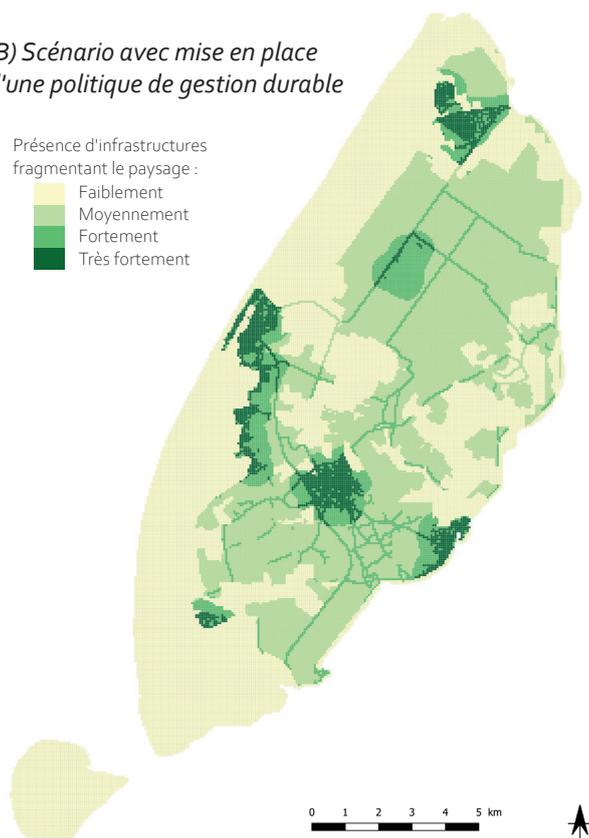
(A) Scénario d'inaction

Présence d'infrastructures fragmentant le paysage :



(B) Scénario avec mise en place d'une politique de gestion durable

Présence d'infrastructures fragmentant le paysage :



Pour ces deux cartes est défini "fragmentation" toute diminution de la surface totale d'un habitat engendrant une modification du paysage dû à un processus généralement anthropique.

Ces cartes ont été modélisées sur la base de données récoltées lors de la réalisation du scénario de référence mais également grâce aux résultats précédemment observés. Grâce à un ensemble de règles définies (Annexe 14) et implémentées dans le logiciel QGIS nous pouvons observer l'emprise des infrastructures humaines fragmentant le paysage. Chaque cellule correspond à une fragmentation du paysage, ainsi nous pouvons observer que le paysage agricole est généralement moyennement fragmenté mais que les infrastructures routières entraînent un niveau de fragmentation supplémentaire. Il s'agit ici d'une simulation représentée de manière globale et qui donne une idée générale de ce que pourrait être le paysage à l'horizon 2050. Ainsi le scénario dit d'inaction représente la fragmentation du paysage actuel étant donné que peu de modification ont lieu. Les villes et les routes étant la principale cause de fragmentation du paysage le rendant ici très géométrique. Toutefois il est à noter que le paysage reste, au sein de cette île, un paysage peu fragmenté et les habitats naturels ne sont que moyennement impactés par ces infrastructures (la majorité étant les routes rejoignant les villes principales de l'île).

A l'inverse, les différentes stratégies et actions mises en place suite à une gestion durable associée à une inscription en parc naturel de certaines zones de l'île permettent une diminution de cette fragmentation. Effectivement des continuités vertes sont créées agissant comme corridors écologiques à l'intérieur des terres. Le scénario 2 est donc visiblement favorable à une diminution de la fragmentation du paysage renforcée principalement par une diminution et une réorganisation des routes et des zones dédiées à l'automobile. Un changement d'occupation du territoire passant des cultures permanentes à des zones pâturées laissent penser à une disparition de certaines routes inutilisées et une conversion en zone cyclable et voie piétonne. De plus l'inscription en zone protégée d'une grande partie du territoire et un développement de tourisme vert renforce cette hypothèse.

III.1.e. Synthèse des résultats "Par proposition de scénarios"

En comparant les deux scénarios avec le scénario de référence, l'occupation du sol sur le territoire évolue de manière significative au profit ou au détriment de l'agriculture et des zones naturelles (Tableau III. 5).

	Catégories					
	1 Territoires urbanisés	2 Prairies	3 Milieux (semi) naturels	4 Cultures permanentes	5 Forêts	6 Zones humides
Scénario de référence	1 %	17 %	26 %	52 %	1 %	3 %
Scénario d'inaction	4 %	2 %	23,5 %	67 %	0,5 %	3 %
Scénario avec mise en place d'une politique de gestion durable	1 %	53,5 %	29 %	3 %	0,5 %	13 %

Tableau III.5 - Superficie de chaque catégorie d'occupation du sol pour les scénarios de référence, d'inaction et de gestion durable.

Source : Tiffany Delavault

La comparaison entre ces deux scénarios met en avant une évolution majeure du paysage en faveur de la biodiversité avec l'augmentation des milieux (semi) naturels (29% du territoire) et des prairies (dans ce scénario, considérées comme humides pâturées) (53,5%) lors de la mise en place d'une politique de gestion durable. A contrario si aucune mesure supplémentaire n'est prise et que la gestion reste telle qu'elle est actuellement il est possible que le territoire se tourne vers une agriculture plus intensive (67% du territoire), sans réelle prise de mesures face aux événements climatiques futurs et que l'île se retrouve dans un paysage relativement uniforme.

Ces scénarios représentent les grandes catégories d'usage du sol et donnent donc une idée générale de la structure du paysage de l'île dans 30 ans. La réalisation de ces cartographies permet de mettre en avant les atouts et les faiblesses du territoire et d'identifier les zones à fort potentiel pour le développement d'infrastructures vertes et autres aménagements durables destinés à l'Homme et à la nature. L'île de Texel est un site d'étude intéressant car il possède une grande diversité d'habitats qui sont pour la plupart présent aux Pays-Bas. Ainsi nous pouvons observer l'évolution du territoire selon ces deux scénarios bien qu'ils soient extrêmes et voir les composantes majeures du paysage à l'avenir.

Les Pays Bas sont très actifs dans la transition écologique et démontrent une volonté ambitieuse de devenir leader dans le domaine climatique. Ainsi de nombreux plans et projets voient le jour, par exemple des îles artificielles (Marker Wadden) pour accueillir une biodiversité et stimulent l'écosystème marin. De plus des recherches sont menées sur l'écologie et la biodiversité paysagère mettant en avant l'avenir des écosystèmes vulnérables aux Pays-Bas et leur possible sauvegarde si nous menions différentes actions comme la liaison des zones naturelles par l'augmentation du réseau écologique. La conversion de certaines zones en marais et le développement des prairies marines sont une possible évolution du territoire permettant de séquestrer des millions de tonnes de carbone, de produire de l'oxygène ou encore de réduire l'érosion.

Il existe donc de nombreuses solutions naturelles ou humaines aux problématiques auxquelles nous sommes confrontés (érosion du trait de côte, montée des eaux,...) et la mise en avant d'un scénario axé sur une gestion durable a pour but de mettre en lumière les évolutions possibles du territoire en accord avec l'Homme et la nature.

III.2. Par observation du paysage

Cette partie consiste à étudier le paysage actuel et certains sites majeurs, reflétant l'identité de l'île de Texel pour mettre en avant les atouts de certains espaces et connaître leur avenir. Ainsi cette partie utilise les résultats de la partie précédente "Par proposition de scénarios" et vise à la compléter d'une manière plus précise et plus immersive au sein de l'île et de son environnement.

Sites représentatifs de l'île :

1. Territoire urbanisé. Den Burg
2. Prairie. Waal en Burg
3. Milieu (semi) naturel. Bollekamer
4. Culture permanente. Polder de Eendracht
5. Forêt. De Dennen
6. Zone humide. Waddenparel Utopia



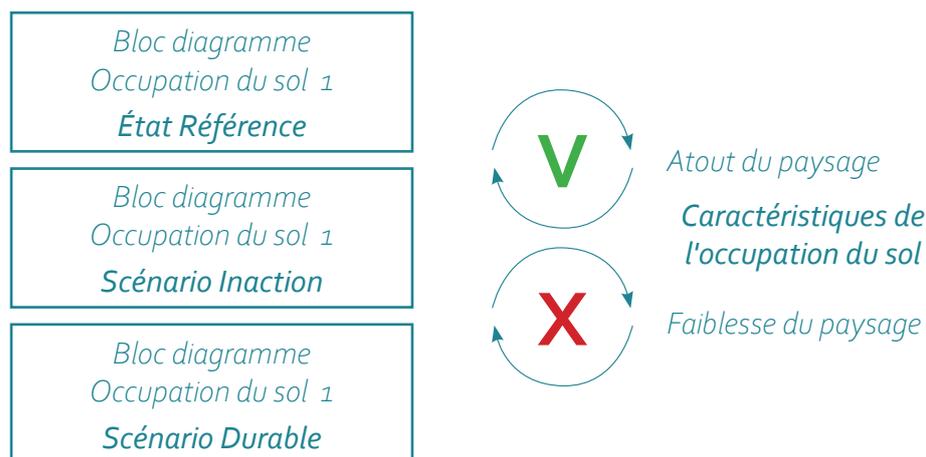
Figure III.13 - Localisation des sites majeurs par occupation de sol reflétant l'identité de Texel.

Source : Illustration de Tiffany Delavault d'après Corine LandCover

Plusieurs sites sont identifiés après analyse de l'île et des observations du terrain, ces sites étant considérés comme représentatif de l'île et de son paysage (Figure III.13). Pour chacune des catégories d'occupation du sol une représentation du paysage est réalisée sous forme d'un bloc diagramme. Les composantes de ce dernier et son fonctionnement actuel sont également détaillés pour connaître ses caractéristiques. La sélection d'un site représentatif de l'île par occupation du sol nous permet de nous servir de base à l'étude du paysage, mais les observations sont réalisées de manière plus globale de façon à ce que chaque site puisse se retrouver dans les explications données. Pour chacune de ces occupations du sol nous allons réaliser un bloc diagramme de l'état de référence mais également détailler l'évolution possible de ce territoire selon les deux scénarios précédemment émis ce qui nous permettra de connaître les composantes précises du paysage futur. Le résultat de cette démarche est l'obtention d'une fiche reprenant pour chaque occupation du sol les composantes de son paysage et son fonctionnement selon les scénarios émis : Inaction et Gestion durable (Figure III.14).

Figure III.14 - Rappel des éléments composants la fiche décrivant les évolutions possibles du paysage pour chaque occupation du sol.

Source : Tiffany Delavault

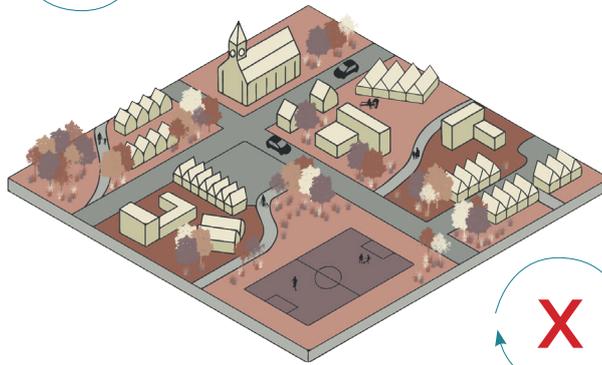


ÉTAT DE RÉFÉRENCE

Les zones urbaines actuelles sont de petites agglomérations témoins de l'histoire avec pour la plupart des traces du passé: ancien rempart, murs de jardins,...

* 3 axes de communication sont présents entrecoupés de quelques routes est-ouest reliant les deux côtés de l'île.

* Les habitations sont concentrées autour des villes sauf quelques fermes à l'intérieur des terres.

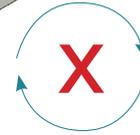


(A)

Aujourd'hui ces mêmes agglomérations subissent l'essor urbain et ainsi naissent de multiples quartiers gagnant sur les cultures.

* Augmentation des surfaces imperméables avec une homogénéisation du paysage.

* Les nouveaux quartiers rompent l'unité des villes et leurs caractères souvent modernes frappent l'environnement alentour.



SCÉNARIO D'INACTION

Les zones urbaines s'étendent entraînant une augmentation de la population au profit de l'économie.

* Le tourisme continue d'être l'un des piliers économiques de l'île avec un essor du nombre de logements disponibles.



(B)

Les zones urbaines vont continuer de s'étendre sans prendre en compte l'environnement alentour et l'insertion de ces nouveaux quartiers dans le paysage.

* Continuité dans l'imperméabilisation du sol et fragmentation du tissu urbain
* Augmentation de la capacité d'accueil (couchages) de touristes entraînant une surfréquentation occasionnelle de l'île.



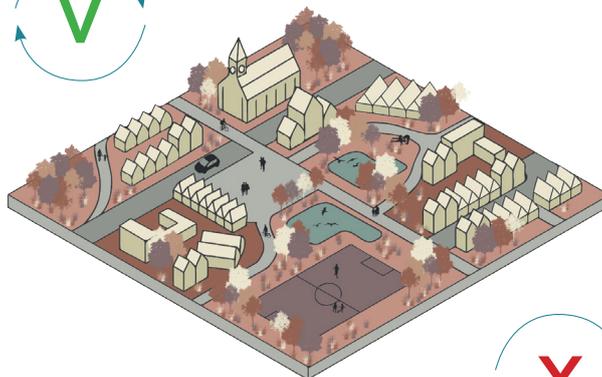
SCÉNARIO AVEC MISE EN PLACE D'UNE POLITIQUE DE GESTION DURABLE

Les zones urbaines continuent de s'intégrer avec harmonie dans le paysage alentour.

* L'intégration paysagère des nouveaux quartiers est prise en compte dans la réflexion.

* L'imperméabilisation des sols est limitée au maximum

* Maintien au maximum des structures faisant partie de la culture et de l'identité de l'île (façades et murs de jardins en périphérie).



(C)

Le paysage urbain se densifie et s'étend par endroit engendrant une augmentation de la population.

* La taille et l'image des villes changent. Les petits bourgs caractéristiques de l'île s'agrandissent.

* Augmentation du nombre de touristes venant séjourner entraînant une diminution partielle de l'esprit calme et paisible de l'île.



Figure III.15 A, B & C - Blocs diagrammes des ambiances paysagères pour les territoires urbanisés selon l'état de référence (A), le scénario d'inaction (B) et le scénario durable (C).

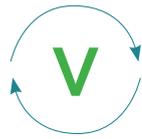
Source : Tiffany Delavault

ÉTAT DE RÉFÉRENCE

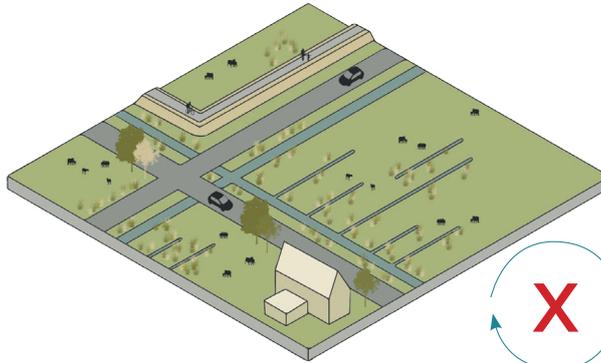
Les prairies sont pour la plupart des zones de pâturage créées grâce à la mise en œuvre de polders.

* Les premières digues ont été construites avant 1300 et font parties du patrimoine culturel.

* Ces zones sont pâturées par des moutons de race Texel mais conservent un caractère écologique grâce aux infrastructures vertes comme les canaux, les haies structurant ainsi le paysage.

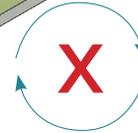


(A)



Les zones prairiales sont pour la plupart des zones planes bordées de canaux d'irrigation et de clôtures.

* Les canaux et les haies sont peu nombreuses au sein du paysage limitant les connexions écologiques entre les îlots de biodiversité présents sur l'île.

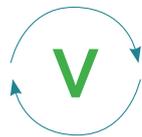


SCÉNARIO D'INACTIION

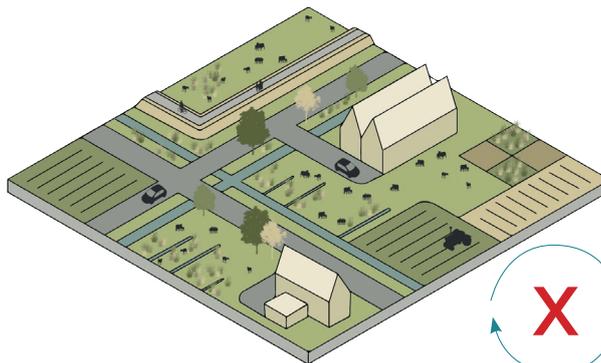
Les polders et les digues structurent le paysage perpétuant ainsi l'identité visuelle de l'île.

* Les étendues agricoles sont maintenues de manière à conserver les axes et perspectives visuelles s'étendant à l'infini.

* Les digues sont réhaussées pour faire face aux événements de montée des eaux.

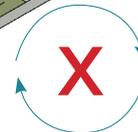


(B)



La superficie des zones prairiales a caractère naturel diminue au profit d'une intensification de l'exploitation.

* Le mouton de Texel est reconnu et valorisé pour sa qualité engendrant une exploitation intensifiée. La valeur biologique de ces espaces diminue par la même occasion.



SCÉNARIO AVEC MISE EN PLACE D'UNE POLITIQUE DE GESTION DURABLE

Le paysage prairial évolue avec les conditions climatiques et subit les aléas des inondations et des sécheresses.

* Les digues offrent des perspectives visuelles sur les nouvelles variations du paysage mêlant une diversité d'habitat : zone humide et prairies.

* Les infrastructures vertes (canaux, haies) sont favorisées pour le développement du réseau écologique à travers l'île.



(C)



Le paysage prairial se diversifie et se morcelle tout en préservant les digues structurant le paysage.

* L'élevage du mouton continue mais de manière plus extensive, on ne mise plus sur le profit économique important mais sur une alliance entre rentabilité et diversité d'usages : ludique / pédagogique / ressources animalières (textile, nourriture).



Figure III.16 A, B & C - Blocs diagrammes des ambiances paysagères pour les prairies selon l'état de référence (A), le scénario d'inaction (B) et le scénario durable (C).

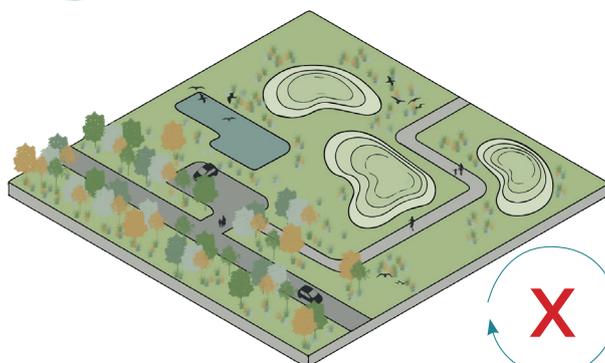
Source : Tiffany Delavault

ÉTAT DE RÉFÉRENCE

Ces paysages (semi) naturels sont, pour la plupart, composés de dunes, plages et de surfaces en eau plus ou moins permanentes.

* Sentiers piétons aménagés pour découvrir la diversité des paysages présents.

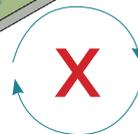
* Le patrimoine culturel est maintenu comme les bunkers de défenses présents entre les dunes ou le fort à Oudeshild.



(A)

Un contraste important est présent entre les zones (semi) naturelles et les zones généralement agricoles à proximité de ces dernières.

* Le paysage est marqué par une succession de dunes et de milieux naturels avec la présence d'une rupture une fois sorties des zones sous statut de protection. Les digues agissent généralement comme barrière visuelle (au nord-est principalement).

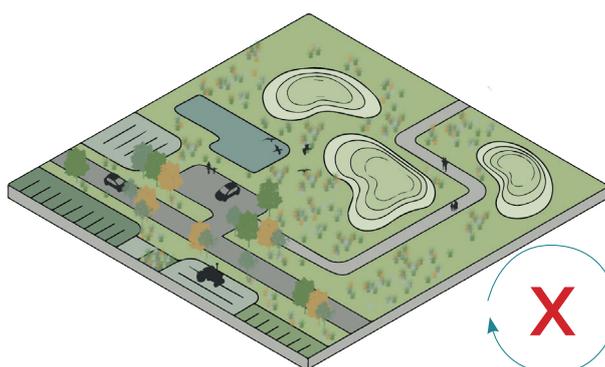


SCÉNARIO D'INACTION

Un paysage naturel maintenu dans les zones protégées.

* Le patrimoine naturel est maintenu grâce aux différents statuts de protection naturelle (Natura 2000, Ramsar et Parc Naturel).

* L'attrait pour ces espaces de déconnexion est toujours fort pour les touristes et contraste avec l'intérieur des terres.

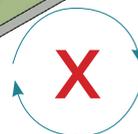


(B)

Les zones (semi) naturelles disparaissent dans les zones non soumises à une réglementation spécifique.

* La biodiversité diminue avec la disparition de certains écosystèmes au profit de zones agricoles par exemple.

* Une faible diminution du patrimoine naturel est à noter, la plupart des zones naturelles bénéficiant d'un statut de protection.



SCÉNARIO AVEC MISE EN PLACE D'UNE POLITIQUE DE GESTION DURABLE

Le paysage naturel et semi naturel s'étend au delà des limites du parc naturel.

* Le réseau écologique est augmenté grâce à la connexion de certaines zones anciennement enclavées.

* Des zones d'observation de la faune et la flore sont développées ayant pour vocation la sensibilisation au paysage et à l'environnement.

* Augmentation des surfaces destinées à la nidification et à la reproduction de la faune.



(C)

Une extension des zones naturelles associées à une augmentation de la gestion.

* Cette augmentation s'associe à une sensibilisation à la préservation et à la prise de conscience des citoyens de l'environnement.

* Cela implique une transmission des connaissances et une formation de futurs gestionnaires de site plus conséquente.

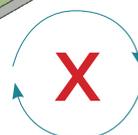


Figure III.17 A, B & C - Blocs diagrammes des ambiances paysagères pour les milieux (semi) naturels selon l'état de référence (A), le scénario d'inaction (B) et le scénario durable (C).

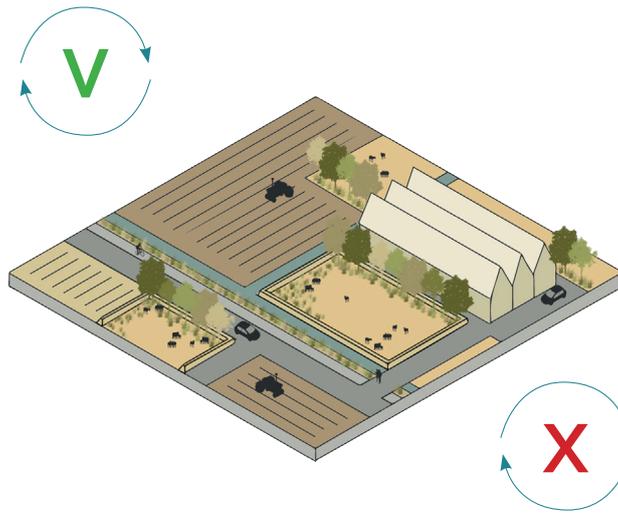
Source : Tiffany Delavault

4. Culture permanente - Ambiance paysagère au Polder de Eendracht

ÉTAT DE RÉFÉRENCE

Le paysage agricole de l'île est composé de nombreuses parcelles aux caractéristiques distinctes.

- * Patrimoine culturel de l'île : les murs de jardin composés de dalles d'herbe ou de landes empilées d'un mètre de haut datant du 17^{ème} siècle.
- * Un programme de restauration du paysage a été mis en place afin de restaurer des Tuunwallen : "murs de jardin".



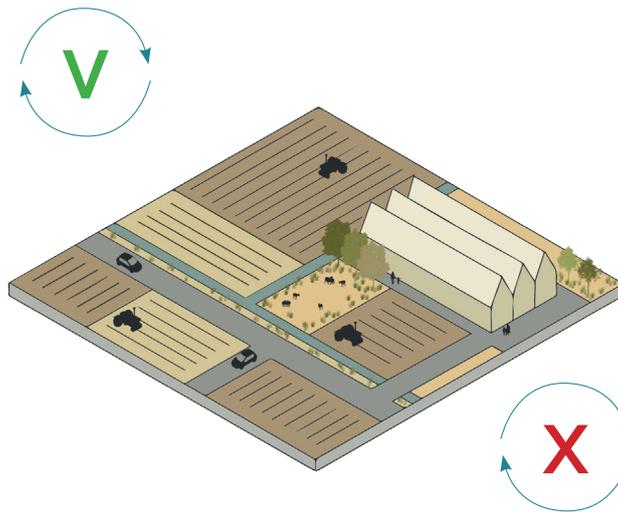
(A) Le paysage agricole domine largement le paysage de l'île jouxtant souvent les zones humides et zones urbaines.

- * Les cultures sont une entité forte de l'île marquant le paysage au fil des saisons du fait des cultures variées. Ceci à un double impact, à la fois la proximité de l'Homme avec la floraison des tulipes et le contraste direct avec les zones de marais intérieur séparés par un canal.

SCÉNARIO D'INACTION

Nouveau paysage agricole générant un paysage productif intensif subvenant aux besoins des habitants.

- * La culture de la tulipe est maintenue, ses exigences de culture convenant aux caractéristiques géographiques et climatiques.



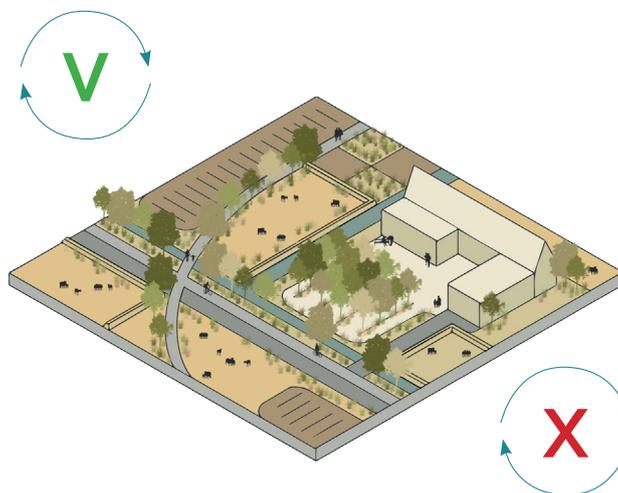
(B) Nouveau paysage agricole générant une uniformisation des espaces et des cultures associé à une perte de la biodiversité.

- * Diminution de la surface destinée à certains usagers (cyclistes, piétons,...).
- * Diminution du réseau écologique existant avec la disparition des haies, des murs de jardins et autres infrastructures jouant le rôle de liaisons écologiques entre deux habitats.

SCÉNARIO AVEC MISE EN PLACE D'UNE POLITIQUE DE GESTION DURABLE

Nouveau paysage agricole générant de nouvelles connaissances, diversifiant les sources de nourriture et les usages sociaux.

- * Augmentation du nombre de haies entre les parcelles entraînant un réseau écologique plus important.
- * Diversification des cultures et des usages (fermes pédagogiques par exemple).
- * Valorisation directe des produits récoltés : circuit court et consommation locale.



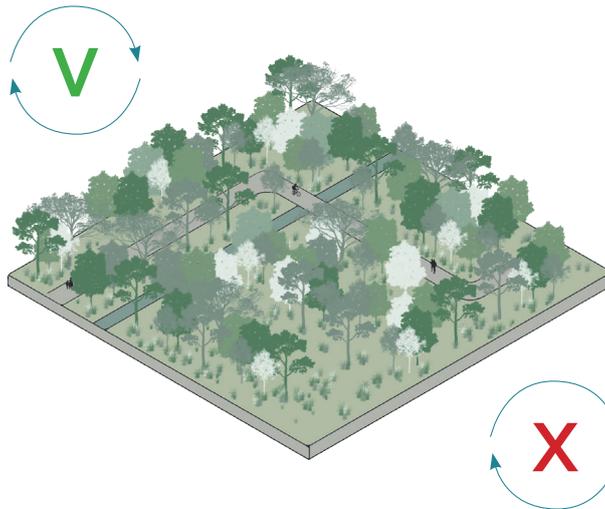
(C) L'ancien paysage agricole géométrique et uniforme disparaît engendrant des changements dans la perception du paysage.

- * Les axes de vues et les perspectives sur les grandes étendues de terres agricoles sont modifiés avec des obstacles par endroit.
- * Les nouvelles pratiques et usages sont à adapter et à intégrer de manière harmonieuse pour conserver l'identité de l'île.

ÉTAT DE RÉFÉRENCE

Les zones forestières sont, pour la plupart, situées dans le Parc Naturel des Dunes et sont donc soumises à réglementation.

- * Voies cyclables, pédestres et équestres structurent les zones forestières.
- * Des canaux sont présents par endroit liant les différentes entités, passant de prairies à forêts par exemple.



(A)

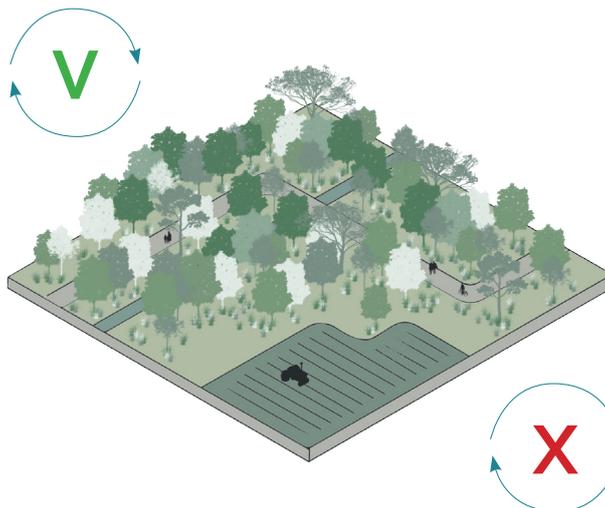
Les zones forestières hors du parc naturel sont pour la plupart enclavées dans des zones agricoles et peu mises en valeur d'un point de vue paysager.

- * Présence d'une rupture franche entre la forêt et l'environnement adjacent.
- * Peu de lisières forestières, présence d'un contact direct avec les zones urbaines et/ou agricoles.

SCÉNARIO D'INACTION

Les zones forestières étant pour la plupart en zone protégée et en zone humide peu de modification sont à noter.

- * Continuité dans la gestion des sites forestiers.
- * Les voies cyclables et pédestres sont maintenues pour une sensibilisation aux zones et aux espèces protégées.
- * Conservation de l'histoire de la forêt participant au patrimoine culturel de l'île.



(B)

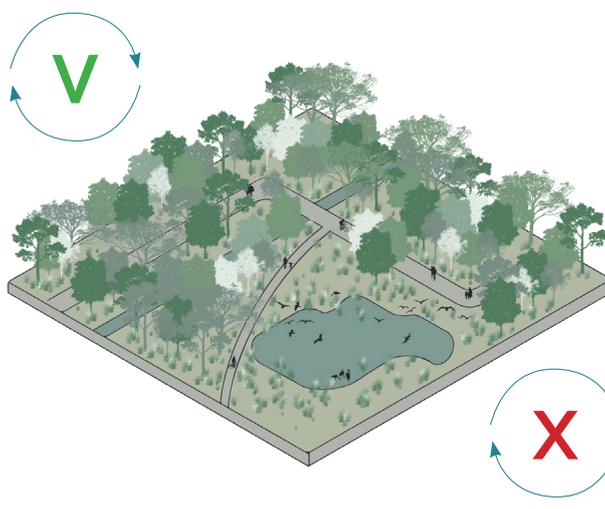
Diminution des surfaces forestières au profit de zones artificialisées (urbain/culture).

- * Les zones forestières hors des zones protégées voient leur surface diminuer souvent au profit de l'agriculture.

SCÉNARIO AVEC MISE EN PLACE D'UNE POLITIQUE DE GESTION DURABLE

Nouveau paysage forestier générant de nouveaux habitats et autres bénéfices environnementaux.

- * Diversification des habitats présents à proximité et au sein des zones forestières.
- * Lisières des forêts moins franches avec les espaces environnants.
- * Augmentation des services écosystémiques produits par les zones forestières (d'approvisionnement).



(C)

Le paysage forestier évolue vers une plus grande diversité des espaces naturels entraînant une gestion accrue du milieu.

- * Évolution de la forêt passant d'une forêt de conifères (XX^{ème} s) à une forêt mixte (début XXI^{ème} s) vers une mixité dans les habitats dû au caractère humide du lieu et des événements climatiques (milieu XXI^{ème} s).

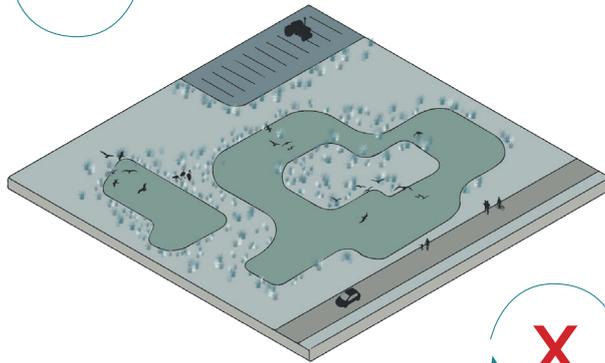
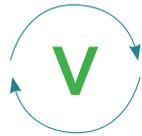
Figure III.19 A, B & C - Blocs diagrammes des ambiances paysagères pour les milieux forestiers selon l'état de référence (A), le scénario d'inaction (B) et le scénario durable (C).

Source : Tiffany Delavault

ÉTAT DE RÉFÉRENCE

Les zones humides actuelles sont pour la plupart des marais intérieurs ou extérieurs offrant une diversité faunistique importante.

- * Milieux fréquentés par les touristes adeptes d'observation animale.
- * Elles participent à la protection contre les inondations et la régulation du climat grâce à la séquestration et la filtration par les écosystèmes présents.



(A)

Les zones humides sont aujourd'hui soumises aux variations climatiques et notamment à la montée des eaux.

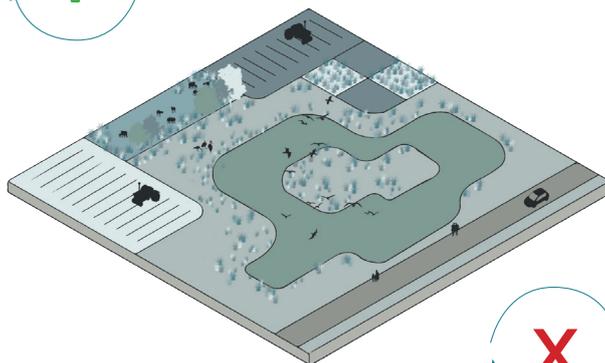
- * Ces zones subissent les conséquences des variations climatiques et des processus anthropiques. L'érosion du littoral, le dragage ou encore la construction d'éoliennes offshore entraînent des perturbations de ces écosystèmes parfois importants.



SCÉNARIO D'INACTION

Les zones humides sont pour la plupart des marais présent en zone protégées et donc sont conservés dans un état proche de l'actuel.

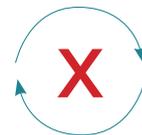
- * Des actions et stratégies sont en places pour préserver des milieux et les conserver au maximum ainsi que leur biodiversité.



(B)

Diminution des surfaces classées en zone humide hors zone protégée et donc de l'important potentiel de captation des eaux pluviales.

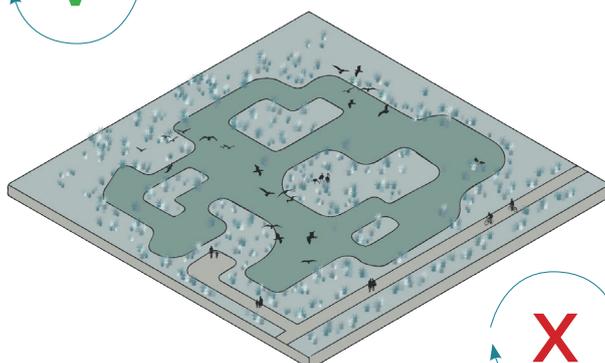
- * Diminution des surfaces d'habitats destinés à la reproduction et nidification de certaines espèces animales.
- * Aucune action n'est mise en place pour restaurer ces milieux jouant un rôle important dans la régulation du climat.



SCÉNARIO AVEC MISE EN PLACE D'UNE POLITIQUE DE GESTION DURABLE

Nouveau paysage de zones humides retenant les eaux pluviales et participant à la purification de l'eau / l'air.

- * Extension des zones humides pour faire face à des événements extrêmes supplémentaires. Capacité plus importante dans la rétention des eaux pluviales.
- * Développement du tourisme vert par l'augmentation du nombre de zones dédiées à l'observation de la faune et de la flore.



(C)

Ce paysage de zone humide composé de marais entraînent des besoins de gestion plus important.

- * L'ensemble de ces nouvelles zones humides et milieux semi naturels nécessitent la mise en place de plan de gestion particulier. Ceci n'est pas un point négatif à proprement parler mais un effort de gestion supplémentaire.



Figure III.20 A, B & C - Blocs diagrammes des ambiances paysagères pour les zones humides selon l'état de référence (A), le scénario d'inaction (B) et le scénario durable (C).

Source : Tiffany Delavault

III.3. Une autre représentation du paysage

Afin de compléter les deux résultats issus des méthodologies précédentes, une autre représentation du paysage actuel peut être réalisée grâce à différents procédés mettant en avant les caractéristiques topographiques et sensibles de Texel. Une cartographie reprenant les ambiances principales de l'île (*Figure III. 21*) nous permet de visualiser les paysages présents et de nous imprégner de son atmosphère générale de calme et d'horizontalité. Celle-ci est complétée par la réalisation de coupes topographiques (*Figure III. 22*) démontrant notamment les contrastes topographiques de l'île avec la présence de dunes et de digues. On observe donc un relief marqué à l'ouest par une succession de dunes et la présence d'une digue dans la coupe A-A' et d'un relief relativement plat au centre et à l'est de l'île avec la seule présence d'une digue rompant l'horizontalité du paysage.

*Figure III. 21 - Cartographie de l'île de Texel avec ses ambiances paysagères principales et actuelles.
Source : Tiffany Delavault*



Figure III.22 - Coupes topographiques avec une exagération du relief permettant de visualiser les ondulations du paysage et ses occupations du sol. Les coupes ont été réalisées en trois endroits distincts illustrant la diversité et l'organisation du paysage de Texel ainsi que ses contrastes topographiques Est-Ouest et Nord-Sud.

Source : Illustrations de Tiffany Delavault d'après Copernicus, Corine LandCover & Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN)



PARTIE IV : DISCUSSION

L'état de l'art a permis de mettre en avant les conséquences des changements climatiques sur les territoires insulaires tout en démontrant que de nombreuses actions et gestions sont mises en place pour y faire face. Aujourd'hui la politique de gestion durable est ancrée dans les mentalités, dans les usages et émerge sur de nombreux territoires notamment ceux en bord de littoral.

L'île de Texel a ainsi pu mettre en évidence les avantages et contraintes d'une telle gestion sur son territoire en comparant son avenir possible si cette dernière n'était pas mise en place.

Cette partie va donc discuter des résultats observés quant à l'évolution de Texel selon deux scénarios d'avenir, critiquer la méthodologie utilisée et présenter les difficultés rencontrées lors de la réalisation de ce travail.

IV.1. Discussion des résultats

L'analyse de l'évolution possible de l'occupation du sol selon les deux scénarios identifiés nous montre que l'application d'une gestion durable sur un site tel que l'île de Texel possède des avantages à de nombreux points de vue. Bien que ces scénarios soient extrêmes et à ne pas appliquer stricto sensu, nous pouvons imaginer que l'avenir du territoire peut tendre vers une diminution des surfaces agricoles permanentes au profit d'autres habitats. Ici la mise en place de stratégies d'actions concrètes et d'autres événements politiques, économiques, sociaux ou environnementaux engendre la création de deux paysages radicalement différents. Les résultats cartographiques et ceux réalisés sous forme de bloc diagramme nous montre que, si le scénario d'inaction est appliqué, le paysage serait sensiblement identique mis à part une augmentation des surfaces agricoles. Ce scénario vise à maintenir le paysage tel qu'il est aujourd'hui, dans une vision axée sur du court terme. Concrètement les atouts et faiblesses visibles de cette gestion sur le territoire et le paysage seraient les suivants :

- Conservation de l'identité de l'île et de ses usages. Le mouton de Texel reste l'emblème de l'île du fait de la qualité de sa viande et de sa laine.
- Les zones protégées actuelles conservent leur superficie et sont maintenues dans un état optimal de conservation des habitats.
- Mais les zones naturelles hors des zones protégées voient leur surface diminuer. L'augmentation des surfaces agricoles entraînent des ruptures dans les trames vertes présentes sur l'île provoquant des enclaves des habitats. Les surfaces destinées à l'élevage de moutons sont importantes tout comme celles destinées à la culture de fruits, de légumes et de bulbes floraux.

À l'inverse, si les politiques et actions mises en œuvre se poursuivent dans la direction actuelle et sont décuplées alors l'ensemble du paysage présent serait bouleversé; les usages notamment agricoles se verraient modifiés impliquant de nouveaux tracés de parcelles, de nouvelles cultures et une exploitation des terres diversifiées. Ici la vision à long terme est réfléchi de manière à conserver l'identité de l'île tout en ayant une activité économique permettant de faire vivre la population et l'île en général. Concrètement les atouts et faiblesses visibles de cette gestion sur le territoire et le paysage seraient les suivants :

- La conversion de surface agricole de type culture permanente vers des zones de pâturage de type prairies humides permet un maintien de la race d'ovins en place et favorise l'expansion de certains habitats.
- Ces prairies nouvellement mises en place permettent une continuité dans les trames vertes et diminuent la fragmentation des habitats.
- De nouveaux usages prennent place axés sur le tourisme vert, la préservation de la biodiversité, la sensibilisation environnementale et une gestion des

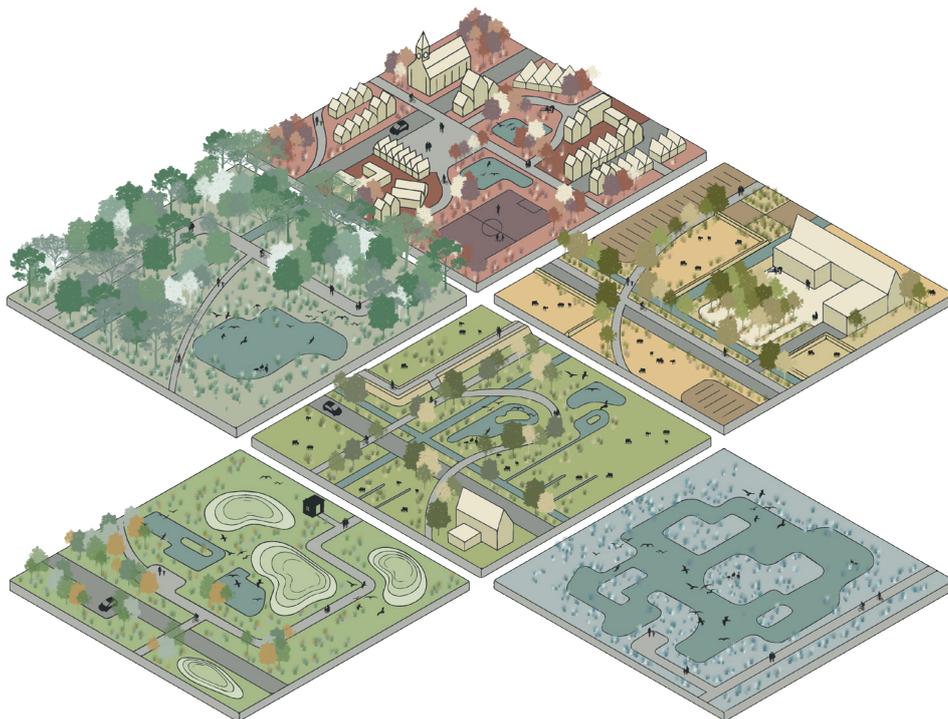
ressources naturelles plus respectueuse de son environnement.

- Aujourd'hui les actions et la gestion offrent déjà de nombreux points positifs comme une préservation des habitats, une volonté de restaurer certains écosystèmes avec les programmes LIFE,... ainsi la continuité de gestion dans cette optique ne peut être que bénéfique.

Ainsi, au vu de la comparaison entre ces deux scénarios nous pouvons voir les nombreux bienfaits de l'application d'une gestion durable. Effectivement cette dernière a pour volonté de faire des espaces et du territoire des lieux diversifiés, où s'allient le paysage, l'environnement, l'homme et l'économie. Cette gestion permet donc de créer des espaces harmonieux, où se côtoient une diversité d'usages et d'utilisateurs au profit de l'Homme et de la nature (Figure IV.1).

Figure IV.1 - Diversité des usages et paysages au sein d'un territoire soumis à une gestion durable. Ici sont représentés les paysages types, présents sur des occupations de sol: urbain, prairie, milieux (semi) naturels, cultures permanentes, forêts et zones humides.

Source : Tiffany Delavault



En comparant avec la gestion actuelle de l'île nous pouvons observer que, avec le scénario durable, on note un nouveau paysage moins séquencé et moins géométrique. Ici les habitats se croisent et s'entremêlent pour la plupart d'entre eux créant des lieux connectés de par leur usage et leur gestion. L'île de Texel est déjà sur la voie de la protection du paysage et mène de nombreuses actions et politiques pour vivre au sein d'espaces harmonieux, agréables et vivables sous de multiples points de vue (économique et social par exemple). Effectivement le paysage prend de plus en plus de place dans les esprits des néerlandais et fait partie du patrimoine culturel des Pays-Bas. La difficulté ici est de conserver l'identité de l'île de Texel, son histoire et son patrimoine tout en pensant le paysage dans un avenir en lien avec les préoccupations actuelles. Jusqu'à aujourd'hui certains éléments caractéristiques des paysages néerlandais ont pu être conservés comme les murs des jardins séparant les différentes parcelles érigées au 17-18^{ème} siècle. Mais l'évolution du paysage telle que présentée ici entraîne inévitablement des modifications dans les occupations du sol et des bouleversements dans l'organisation du territoire. Ces derniers sont explicités dans la partie III.2. *Par observation du paysage*. Les deux scénarios présentés entraînent effectivement des modifications radicales du territoire qui doivent ainsi être jaugées et adaptées sur place en essayant de conserver certains éléments du patrimoine naturel et culturel de l'île.

L'un des intérêts de cette étude est que les observations menées sur Texel peuvent également être constatées sur le continent et plus spécialement au sein des Pays-

Bas. Effectivement l'île de Texel est représentative de la diversité des paysages présents dans ce pays et donc nous pouvons émettre l'hypothèse d'une évolution du paysage néerlandais similaire à celui de l'île. Ce travail serait donc considéré comme un test, l'île étant considérée comme un laboratoire d'expérience et de mise en pratique, à l'échelle d'un territoire, de stratégies radicalement différentes. L'observation des résultats réalisée ici permet donc de mettre en lumière les atouts et contraintes d'une gestion du territoire axée sur l'alliance de l'économie, du social et de l'environnemental pour développer des paysages en accord avec les changements climatiques. Effectivement ces derniers sont aujourd'hui incertains. Comme nous avons pu le voir au sein de l'état de l'art les changements climatiques ont des impacts variables sur les paysages futurs mais dépendants des préoccupations humaines actuelles. La montée des eaux est l'une des principales problématiques notamment au sein des Pays-Bas. Des actions et stratégies sont entreprises afin de faire face à ces problématiques comme le réhaussement de digues, mais qu'engendrent ces actions sur le paysage alentour ? Est-ce une solution viable ?

Ici l'île de Texel a bénéficié d'un réhaussement de digues lui permettant la création de nombreuses promenades et point de vue sur les habitats présents comme les zones humides et la mer des Wadden destinées à des usagers piétons et à vélo. La mise en place d'une gestion durable et la continuité dans les actions et stratégies environnementales actuelles permettent de rendre le territoire résilient aux événements climatiques. La question de l'aménagement du territoire est une problématique d'actualité, on essaye aujourd'hui de penser les espaces en alliant un développement urbain équilibré, un accès aux infrastructures et au savoir pour tout le monde ainsi qu'un développement durable où la préservation de la nature et du patrimoine culturel est favorisé. Ainsi l'aménagement du territoire tend aujourd'hui vers une gestion durable comme représentée dans le scénario 2 durable, permettant ainsi de protéger, conserver et créer des paysages avec leurs infrastructures vertes et leurs réseaux écologiques. La convention européenne du paysage du Conseil de l'Europe a d'ailleurs été créée dans le but principal de promouvoir la protection, la gestion et l'aménagement des paysages et d'organiser la coopération internationale dans ce domaine.

Cette étude permet, grâce à la méthodologie utilisée, de mettre en avant des sites clefs et intéressants à aménager pour faire face aux changements climatiques. Ainsi selon la gestion du territoire appliquée nous pouvons identifier des sites à haut potentiel biologique, économique ou social permettant d'axer des actions majeures sur le territoire. Au cours du temps l'île de Texel a subi des évolutions paysagères conséquentes avec notamment un remembrement des terres entraînant une redistribution des parcelles et une géométrisation des terres. Les routes ont ainsi été redressées et de nouvelles fermes ont été construites tout en essayant de préserver au maximum les structures paysagères caractéristiques de l'île. Mais l'image de l'île va à nouveau changer du fait de l'essor du tourisme dans un premier temps mais également des énergies renouvelables et des changements climatiques. Effectivement le gouvernement national des Pays-Bas a pour volonté de développer l'énergie éolienne offshore dans de nombreux endroits impactant indirectement les habitats et les paysages de la mer des Wadden et de l'île de Texel. De plus l'essor récent des campings et des parcs de bungalows frappe le paysage, tout comme la forte densité de pistes cyclables et de sentiers pédestres. Le paysage est en proie à changer considérablement si aucune gestion et concertation ne sont mises en place entre les différents acteurs. Tous ces changements entraînent inévitablement des conséquences sur les émotions et les sentiments de personnes

vivant depuis toujours dans ces lieux. La solastalgie est un terme récent décrivant un mal du pays, une réaction émotionnelle face aux changements des paysages que nous apprécions, dûe notamment aux conséquences des processus anthropiques et aux changements climatiques. De plus en plus de personnes souffrent de ce mal face à la perspective de perdre leur terre et leur appartenance à ce territoire principalement dans les zones soumises à l'élévation du niveau de la mer. Intervient donc la question de la place du paysage et de l'architecte paysagiste dans les politiques de gestion menées sur le territoire et face aux enjeux climatiques. Car aujourd'hui l'architecte paysagiste est un acteur important dans l'aménagement du territoire et se trouve très investi dans la mise en place de la gestion durable de ce dernier. Effectivement il possède une large gamme de connaissances pour la compréhension et la mise en œuvre d'un paysage alliant l'économie, le social et l'environnement et offrant ainsi de multiples services écosystémiques bénéfiques pour l'Homme et la nature. Il possède la capacité de traverser les échelles et d'étudier le micro et macro paysage lui permettant d'apporter son regard aux stratégies et actions mises en place par des acteurs divers allant du gouvernement aux acteurs locaux. Ainsi, comme le montre ce travail, l'architecte paysagiste peut réfléchir à l'évolution des paysages dûe par exemple aux changements climatiques et à la montée des eaux, et imaginer des aménagements et solutions pour vivre en harmonie et cohésion avec ce nouveau paysage et territoire.

Enfin une question générale peut être posée : la gestion durable est-elle et/ou peut-elle être un atout pour le paysage ? En réponse à cette interrogation et au vu des résultats, il est à noter que cette méthode de gestion du territoire possède des atouts et des faiblesses. Effectivement cette dernière fait intervenir des concepts variés tels que des réseaux écologiques permettant une augmentation de la biodiversité tout en favorisant le maintien de l'identité culturelle et une économie nécessaire à la vie sur l'île. Les résultats déjà visibles sur l'île montrent que les stratégies mises en place permettent à Texel d'être résilient face aux événements climatiques à venir comme la montée des eaux et qu'elle vise plus de durabilité dans ses projets et son aménagement du territoire. Ainsi cette gestion façonne un paysage varié aux usages multiples alliant tourisme, agriculture et nature pour le bien-être de tous.

IV.2. Critiques de la méthodologie et difficultés rencontrées

Ce travail a consisté en l'élaboration de deux scénarios avec une proposition de gestion du territoire différente. Ces deux scénarios ont été modélisés sur la base de critères identifiés comme ayant un impact important sur le paysage. Cependant plusieurs questions peuvent se poser : émettre d'autres scénarios en complément de ceux présentés aurait-il été pertinent ? La méthodologie appliquée est-elle pertinente et adaptée à l'étude ? D'autres moyens auraient-ils pu être envisagés pour réaliser cette étude ? Aurait-il été intéressant d'étudier le paysage à d'autres échelles ?

Ce travail s'est donc basé sur deux scénarios considérés possible dans un horizon futur mais poussés à l'extrême dans les changements éventuels d'occupation du sol. Réaliser d'autres scénarios en complément de ceux présentés est une possibilité comme, par exemple, la réalisation d'une gestion du territoire axée plutôt sur un des trois piliers du développement durable (social, économie, environnement). De plus le choix de vision à l'horizon 2050 a été déterminé grâce aux données présentes mais cette étude aurait pu être étendue à différentes échelles de temps (2030; 2050; 2100) afin de voir l'évolution du sol au cours des années. Il est à noter que sont présentées ici des suppositions d'évolution de l'occupation du sol, ces dernières pouvant être

fortement influencées par des paramètres comme: l'implication des citoyens et organismes dans la gestion des espaces naturels, les organismes politiques décidant des mesures à suivre (directives européennes, stratégies locales,...), la perception des individus sur le paysage et leurs usages (tourisme vert), l'apparition de nouveaux concepts et méthodes d'actions face aux changements climatiques,...

Pour réaliser les cartes présentées dans les résultats, j'ai choisi d'utiliser le logiciel QGIS et d'émettre des règles de changements d'occupation du sol grâce à "*la calculatrice de champs*". Il existe plusieurs moyens pour arriver à ces résultats: passer par des shapefiles en vecteur ou raster. J'ai préféré utiliser la création de shapefiles en vecteur du fait de mes connaissances et capacité à utiliser ces outils. Il est toutefois à noter que d'autres logiciels et extensions de logiciel permettent d'arriver également à ces résultats comme (I) Idrisi selva (Land Change Modeler) et (II) l'extension MOLUSCE. Ces deux outils permettent de modéliser et simuler des scénarios futurs de changement des terres. Mais la complexité du logiciel, son aspect très théorique et la possible émission de résultats peu probant m'ont confortée dans le choix d'utiliser mes connaissances actuelles pour aboutir à la méthodologie décrite et utiliser QGIS.

Comme dit précédemment la modélisation de ces cartes s'est réalisée selon trois critères mais il aurait été également intéressant de voir si les résultats des cartes étaient les mêmes selon d'autres critères comme par exemple le type d'agriculture actuel et futur ou le caractère touristique d'un lieu. Le choix de ces critères s'est fait selon les données disponibles mais il aurait été possible d'en ajouter d'autres pour avoir des résultats encore plus précis.

De plus l'étude a été menée grâce aux données Corine Land Cover couvrant l'ensemble de l'Europe, cependant des faiblesses ont été mises en avant. Effectivement cette dernière manque de précision et ici nous nous basons sur la couverture de sol et non l'usage exact qui est fait à cet endroit. De nombreux projets sont mis en place afin d'avoir une cohérence cartographique et géographique et limiter la confusion entre couverture et usage du sol. Par exemple le groupe de travail EAGLE (Eionet Action Group on Land monitoring in Europe) réfléchit à une nouvelle nomenclature séparant la couverture du sol et l'usage du sol à laquelle a été ajoutée une troisième dimension plus axée sur le paysage « Landscape characteristics ». Ainsi l'une des limites de ce travail de fin d'étude est le caractère très théorique de l'occupation des sols qui nécessite donc d'ajouter une dimension plus sensible. La réalisation de bloc diagramme représentant les ambiances paysagères de chacune de ces occupations du sol permet ainsi d'offrir une immersion dans le paysage et apporte davantage de détails pour une meilleure description du territoire.

Enfin il est à noter que ce travail a visé l'étude de l'évolution des paysages de l'île de Texel engendrant des observations générales. Effectivement ce dernier s'est concentré sur deux échelles d'étude à savoir celle de l'île de manière globale et celle des entités paysagères composant l'île. Ici les cartographies donnent la tendance générale d'évolution de l'île et les blocs diagrammes représentent une ambiance globale sur la base d'un site caractéristique pour chaque occupation de sol. Une étude plus ciblée sur certaines zones de Texel comme la zone humide De Slufter ou l'évolution concrète d'un polder aurait permis d'ajouter des détails et de préciser les informations récoltées en testant les résultats obtenus. Cela aurait ainsi permis d'avoir trois échelles de travail distinctes et de mieux connaître l'adaptation de ce territoire face aux changements climatiques.

PARTIE V : CONCLUSION

Pour conclure, ce travail avait pour objectifs principaux de comparer les différentes gestions du territoire pour un espace insulaire et d'évaluer les effets de la mise en place d'une gestion durable. Ceci avait donc pour finalité de comprendre les dynamiques des espaces insulaires et de voir leur adaptation face aux changements climatiques et notamment à la montée des eaux.

Aujourd'hui les espaces insulaires sont au premier plan face aux événements climatiques à venir et nécessitent donc d'adopter des gestions variées leur permettant d'être résilient et de conserver leurs terres. Ainsi ces méthodes font intervenir différentes stratégies et actions comme le réhaussement de digues, la mise en place de programme LIFE ou autre leur permettant de conserver leurs diversités d'espaces et d'habitats.

L'île de Texel est très active dans la protection, conservation et restauration de ses espaces naturels avec une réelle volonté de durabilité sur son territoire. De nombreuses actions sont mises en oeuvre pour faire face aux changements climatiques et la montée des eaux en appliquant des principes issus de stratégies nationale ou européenne. Le paysage naissant et se développant au cours des années est ainsi varié et destiné à des usages multiples.

De plus les événements actuels (covid-19 ; "crise climatique") démontrent une prise de conscience collective à l'égard de la nature. Effectivement les usages et la vision citoyenne changent face au maintien de la biodiversité et l'importance des écosystèmes dans la vie quotidienne et la régulation du climat. Ainsi ce travail essaye de s'insérer au mieux dans les changements de mentalité et ouvre une voie pour décrire et illustrer des éventuels changements de paysage au sein de territoires chargés en identité. La réalisation de scénarios associée à une lecture du paysage plus précise en bloc diagramme permet d'ouvrir sur des perspectives variées et de comprendre les tendances générales d'évolution de ces espaces selon les usages actuels et futurs.

Ainsi ce travail permet de se questionner sur les conséquences des actions et stratégies en place au sein d'espaces insulaires comme Texel, de voir les atouts et les faiblesses d'une gestion axée sur le durable et de simuler les évolutions possibles d'un tel paysage face aux changements climatiques.

En conclusion la mise en place d'une gestion durable au sein des espaces insulaires démontre de nombreux bénéfices tant sur l'environnement, le social ou sur l'économie. Les usages changent au fil des années en accord avec la nature, les paysages et les écosystèmes évoluent avec ces mêmes usages dans un système circulaire où il n'y a ni gagnant ni perdant. Face aux changements climatiques et aux événements tels que la montée des eaux cette stratégie d'action semble la plus adéquate permettant de conserver, restaurer et créer des habitats pour l'homme et la nature.

TABLE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

FIGURES

- 5 **Figure I.1** - Zone côtière de l'île de Texel. Le littoral est fortement marqué par les dunes à l'ouest de l'île.
- 6 **Figure I.2** - Bancs de sable et zone intertidale au sein de la Mer des Wadden, Pays-Bas (bleu clair). Ces zones représentent des biotopes spécifiques où est présente une grande biodiversité.
- 7 **Figure I.3** - Diversité de l'espace insulaire. Selon la classification originelle d'Edgar Aubert de la Rüe il existe trois types d'espaces insulaires: les îles continentales, les îles océaniques et les îles particulières.
- 8 **Figure I.4** - Image satellite de la Mer des Wadden et ses trois sous-régions (Pays-Bas, Danemark, Allemagne)
- 9 **Figure I.5** - La Mer des Wadden, un hotspot de biodiversité. Les zones intertidales constituent l'un des milieux hébergeant une avifaune migratrice et sédentaire (Texel).
- 10 **Figure I.6** - Principaux habitats présents au sein de la Mer des Wadden. On retrouve notamment des zones dunaires, des zones de prairies, des marais et zones intertidales.
- 10 **Figure I.7** - Les landes à bruyères des îles frisonnes. Ces dernières se situent dans les dépressions intra-dunaires et sont pour la plupart pâturées par des vaches écossaises (Texel).
- 11 **Figure I.8** - La Mer des Wadden, entre ciel et terre (Texel). Ce paysage unique offre des variations perpétuelles de ce qui s'offre à notre vue.
- 12 **Figure I.9** - Cartes évolutives et simplifiées de la morphologie de l'île de Texel.
- 13 **Figure I.10** - Évolution de l'habitat au sein de la Mer des Wadden vers un 'Dorpsterp'.
- 13 **Figure I.11** - Création de canaux et poldérisation d'anciens marais associés à une surélévation des habitations sur des buttes de terre (Texel).
- 14 **Figure I.12** - Transport du sable par le vent. Chaque jour des m³ de sable sont transportés façonnant les systèmes dunaires des îles (Texel).
- 15 **Figure I.13 A & B** - Évolution de l'occupation du sol des îles des Wadden entre 1990 (A) et 2018 (B).
- 16 **Figure I.14** - Localisation des zones de pêche, d'extraction de sable et d'activité éolienne pour le Pays-Bas, l'Allemagne et le Danemark.
- 17 **Figure I.15** - Troupeau d'ovins, moutons de race Texel (Texel). L'élevage constitue une part importante de la superficie terrestre des îles et notamment de Texel.
- 17 **Figure I.16** - L'influence de l'Homme sur le paysage de la région d'IJsselmeer au Pays-Bas entre 850 et 1993 par la construction de digues, l'assèchement de lacs et l'abaissement des nappes phréatiques :
(a) donne le degré d'habitat « naturel », et (b) montre la composition des principaux types de paysages. Les pourcentages sont estimés grâce aux cartes paléographiques.
- 18 **Figure I.17** - Esquisse des effets potentiels et des interactions du changement climatique sur la Mer des Wadden. En orange les interventions humaines, en bleu les changements climatiques directs, en jaune la réaction de la nature non vivante, en vert la réaction de la nature vivante
- 19 **Figure I.18** - Lutte contre l'érosion du littoral (Texel). Mise en oeuvre de fixation dunaire par de l'oyat.
- 19 **Figure I.19** - Port d'Oudeschild, unique zone commerciale et industrielle de l'île de Texel.
- 20 **Figure I.20** - Érosion côtière de l'île de Sylt. Cette île fait face à une érosion du littoral des plus importantes au sein de la Mer des Wadden.
- 21 **Figure I.21** - Paysage créé par l'Homme suite à un échec de poldérisation (Texel). De Slufter est aujourd'hui un marais salant inondé plusieurs fois par an et offrent ainsi un lieu de prédilection pour l'avifaune.
- 22 **Figure I.22 A & B** - Projet Life Texel, avant (A) et après (B) les activités 2002-2008 (Texel). Opération de génie écologique par réactivation des dynamiques éoliennes en supprimant les horizons superficiels des sols. Ceci a favorisé la restauration de dépressions humides pionnières.
- 22 **Figure I.23** - Common Wadden Sea Secretariat. Son objectif est de soutenir, faciliter et coordonner la coopération trilatérale dans la Mer des Wadden.
- 24 **Figure I.24** - Travaux récents de rehaussement de digues. Plantation d'oyat et réalisation de fascine (arrière plan) pour le maintien de la dune côté sud-ouest de l'île de Texel.
- 24 **Figure I.25** - Travaux récents de rehaussement de digues. L'enherbement de la digue n'est pas encore réalisé, côté ouest de l'île de Texel.
- 26 **Figure II.1** - Synthèse des deux méthodologies utilisées dans ce travail.
- 26 **Figure II.2** - Simulation d'une élévation du niveau de la mer de 1m au niveau des Pays-Bas. Plus de 50% du territoire se retrouve sous les eaux.
- 27 **Figure II.3** - Perméabilisation de la digue à proximité du polder d'Eijerland en 1967 (Texel).
- 28 **Figure II.4** - Localisation des différents accès de l'île de Texel et de son contexte environnant.
- 28 **Figure II.5** - Rose des vents mesurant la vélocité du vent à la station de Texel-Hors (1980-2016). Les observations montrent un vent dominant venant du sud-ouest.
- 29 **Figure II.6** - Occupation du sol en 2018 de l'île de Texel selon la nomenclature de l'Agence Européenne Environnementale. Plus de 60% du territoire est occupé par des espaces destinés à l'agriculture.
- 29 **Figure II.7 A, B & C** - Occupation du sol de Texel : des zones forestières (A), des zones de pelouses et pâturages naturels (B) et des zones dunaires (C).
- 30 **Figure II.8 A, B & C** - Occupation du sol de Texel telle que des marais intérieurs: Waddenparel Utopia (A), des marais maritimes : De Schorren (B), des zones intertidales: Mokbaai (C).
- 31 **Figure II.9 A & B** - Occupation du sol de Texel : des territoires artificialisés (A) et des territoires agricoles (B).
- 31 **Figure II.10 A, B & C** - Secteurs soumis à des gestions spécifiques tel que le Parc National des Dunes de Texel (A), la Mer des Wadden (B) et la Mer du Nord (C).
- 32 **Figure II.11** - Schéma des interactions entre la mer du Nord et la mer des Wadden.
- 32 **Figure II.12** - Carte marine de Texel et ses environs. De nombreuses voies navigables sont présentes impliquant un trafic fluvial conséquent.
- 33 **Figure II.13** - (A) Modèles de sédimentation-érosion et changements de volume observés sur la période 1986-2015. (B) Le tableau présente les changements de volume pour certaines parties du delta. (C) Évolution du volume de ces éléments au cours du temps (1986-2015).

- 35 **Figure II.14** - Méthodologie générale pour l'application des différents scénarios.
- 39 **Figure II.15** - Cartographie des différents usages du sol, processus anthropiques et naturels sur l'île de Texel aujourd'hui.
- 40 **Figure II.16** - Représentation de la maille 100m x 100m de l'île de Texel nécessaire à l'étude.
- 41 **Figure II.17** - Synthèse de la méthodologie «Par proposition de scénarios».
- 42 **Figure II.18** - Organisation de la fiche décrivant les évolutions possibles du paysage pour chaque occupation du sol.
- 43 **Figure II.19** - Synthèse méthodologique de la démarche utilisée pour ce Travail de Fin d'Etude.
- 44 **Figure III.1** - Vue aérienne de la pointe nord de l'île de Texel et de son phare de Eierland.
- 44 **Figure III.2** - Cartographie de l'usage du sol actuel (2018) après synthétisation et simplification des catégories.
- 45 **Figure III.3** - Photomontage illustrant l'ambiance et les paysages présents sur l'île de Texel aujourd'hui.
- 46 **Figure III.4 A** - Cartographie du patrimoine naturel protégé (vert) et des lieux fortement appréciés par les touristes (point rouge).
- 46 **Figure III.4 B** - Cartographie des zones présentant un risque potentiel d'inondation important. En bleu foncé on retrouve les zones non protégées le long du réseau principal d'eau, en bleu clair les zones protégées. Les zones rouges indiquent les actifs économico dans les zones à risque pouvant être affectées par des inondations.
- 47 **Figure III.5** - Cartographie de l'intensité de fragmentation des habitats présents (version 2019).
- 48 **Figure III.6 A** - Cartographie des zones soumises à la montée des eaux selon l'EEA (en jaune les zones les plus sensibles).
- 48 **Figure III.6 B** - Cartographie du littoral et des infrastructures de défenses côtières: épis (bleu foncé), digues (rouge). Les polders (orange) et les canaux (bleu) participent au maintien des terres émergées.
- 52 **Figure III.7** - Cartographie de l'usage du sol avec mise en place d'une politique dite d'inaction.
- 53 **Figure III.8** - Photomontage illustrant l'ambiance et les paysages présents sur l'île de Texel en 2050 pour un scénario d'inaction.
- 57 **Figure III.9** - Cartographie de l'usage du sol avec mise en place d'une politique de gestion durable.
- 58 **Figure III.10** - Photomontage illustrant l'ambiance et les paysages présents sur l'île de Texel en 2050 pour un scénario avec la mise en place d'une politique de gestion durable.
- 59 **Figure III.11 A & B** - Cartographie du patrimoine naturel protégé pour le scénario d'inaction (A) et le scénario avec mise en place d'une politique de gestion durable (B). Le fond de plan représente l'état actuel de l'île.
- 60 **Figure III.12 A & B** - Cartographie de l'intensité de fragmentation des habitats présents pour le scénario d'inaction (A) et le scénario avec mise en place d'une politique de gestion durable (B).
- 62 **Figure III.13** - Localisation des sites majeurs par occupation de sol reflétant l'identité de Texel.
- 62 **Figure III.14** - Rappel des éléments composant la fiche décrivant les évolutions possibles du paysage pour chaque occupation du sol.
- 63 **Figure III.15 A, B & C** - Blocs diagrammes des ambiances paysagères pour les territoires urbanisés selon l'état de référence (A), le scénario d'inaction (B) et le scénario durable (C).
- 64 **Figure III.16 A, B & C** - Blocs diagrammes des ambiances paysagères pour les prairies selon l'état de référence (A), le scénario d'inaction (B) et le scénario durable (C).
- 65 **Figure III.17 A, B & C** - Blocs diagrammes des ambiances paysagères pour les milieux (semi) naturels selon l'état de référence (A), le scénario d'inaction (B) et le scénario durable (C).
- 66 **Figure III.18 A, B & C** - Blocs diagrammes des ambiances paysagères pour les cultures permanentes selon l'état de référence (A), le scénario d'inaction (B) et le scénario durable (C).
- 67 **Figure III.19 A, B & C** - Blocs diagrammes des ambiances paysagères pour les milieux forestiers selon l'état de référence (A), le scénario d'inaction (B) et le scénario durable (C).
- 68 **Figure III.20 A, B & C** - Blocs diagrammes des ambiances paysagères pour les zones humides selon l'état de référence (A), le scénario d'inaction (B) et le scénario durable (C).
- 69 **Figure III.21** - Cartographie de l'île de Texel avec ses ambiances paysagères principales et actuelles.
- 70 **Figure III.22** - Coupes topographiques avec une exagération du relief permettant de visualiser les ondulations du paysage et ses occupations du sol. Les coupes ont été réalisées en trois endroits distincts illustrant la diversité et l'organisation du paysage de Texel ainsi que ses contrastes topographiques Est-Ouest et Nord-Sud.
- 72 **Figure IV.1** - Diversité des usages et paysages au sein d'un territoire soumis à une gestion durable. Ici sont représentés les paysages types présents sur des occupations de sol : urbain, prairie, milieux (semi) naturels, cultures permanentes, forêts et zones humides.

TABLEAUX

- 9 **Tableau I.1** - Classification des îles de la Mer des Wadden. 44 îles habitées, bancs de sables et îles végétales composent les îles de la Frise (Occidentale, Orientale et Septentrionale).
- 34 **Tableau II.1** - Services écosystémiques présents au sein des différentes occupations du territoire de l'île de Texel. Classification basée sur la typologie CICES.
- 37 **Tableau II.2** - Classification des dynamiques environnementales, sociales et économiques et de leurs interactions avec les politiques actuelles en place.
- 38 **Tableau II.3** - Classification des différents indicateurs environnementaux et de leurs mesures selon les objectifs visés par l'ICZM.
- 40 **Tableau II.4** - Axes de diagnostic du territoire permettant d'identifier les dynamiques du paysage.
- 49 **Tableau III.1** - Dynamiques envisagées suite à la mise en place d'une politique d'inaction sur la base des problématiques spécifiques identifiées.
- 51 **Tableau III.2** - Règles d'implémentation dans le logiciel QGIS pour simuler l'occupation du sol en 2050 avec un scénario d'inaction.
- 54 **Tableau III.3** - Dynamiques envisagées suite à la mise en place d'une politique de gestion durable sur base des problématiques spécifiques identifiées.
- 56 **Tableau III.4** - Règles d'implémentation dans le logiciel QGIS pour simuler l'occupation du sol en 2050 avec un scénario de gestion durable.
- 61 **Tableau III.5** - Superficie de chaque catégorie d'occupation du sol pour les scénarios de référence, d'inaction et de gestion durable.

BIBLIOGRAPHIE

Auteur clefs

Les espaces insulaires

Aubert de La Rüe, E.
Baldacchino, G.
Bernardie, N.
Bertrand, F.
Carré, F.
Dehoorne, O.
Egberts, L.
Garmestani, A.
Germanaz, C.
Goeldner-gianella, L.
Hundstad, D.
International Journal of
Heritage Studies
Knottnerus, O. S.
Lebecq, S.
Maillard, J.-C.
Planistat Europe
Renes, H.
Richard, E.
Taglioni, F.
Verger, F.

La Mer des Wadden

Baer, J.
Bazelmans, J.
Crosato, A.
CWSS
de Jong, H.
De Koning, J.
de Langen, G.

Thématique abordée

Les espaces insulaires

Généralités

Baldacchino, G. and Dehoorne, O. (2014) 'Mondes insulaires: espaces, temporalités, ressources', *Études caribéennes*, p. 11.
Bernardie, N. and Taglioni, F. (2005) *Les dynamiques contemporaines des petits espaces insulaires*. Edited by Karthala.
Bernardie, N. and Taglioni, F. (2007) *Les dynamiques contemporaines des petits espaces insulaires. De l'île-relais aux réseaux insulaires*, Cahier de Géographie du Québec.
Collectif et al. (2019) *Les carnets du paysage n° 35 - Îles en projets*. Actes Sud.
Germanaz, C. (2005) 'De l'escale au réseau: suites typologiques et fonctions de l'île', in *Les dynamiques contemporaines des petits espaces insulaires*, p. 448.
Renes, H. (2014) 'Islandscapes: Isolation and pressure', *Landscapes (United Kingdom)*, 15(1), pp. 44–58.
Taglioni, F. (2003) *Les petits espaces insulaires et leurs organisations régionales*. Université Paris-Sorbonne - Paris IV.
Taglioni, F. (2006) 'Les petits espaces insulaires face à la variabilité de leur insularité et de leur statut politique', *Annales de Géographie*, 115(652), pp. 664–687.

Relation Homme et mer

Aubert de La Rüe, E. (1935) *L'Homme et les îles*.
Egberts, L. and Hundstad, D. (2019) 'Coastal heritage in touristic regional identity narratives: a comparison between the Norwegian region Sørlandet and the Dutch Wadden Sea area', *International Journal of Heritage Studies*. Routledge, 25(10), pp. 1073–1087.
Garmestani, A. et al. (2019) 'The Role of Social-Ecological Resilience in Coastal Zone Management: A Comparative Law Approach to Three Coastal Nations', *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7(October), pp. 1–14.
Goeldner-gianella, L. et al. (2008) 'Dépoldériser en Europe occidentale', *Annales de Géographie*, (655), pp. 339–360.
Knottnerus, O. S. (2004) 'History of human settlement, cultural change and interference with the marine environment', *Helgoland Marine Research*, 59(1), pp. 2–8.
Lebecq, S. (1980) 'De la protohistoire au Haut Moyen Âge: le paysage des "terpen" le long des côtes de la mer du Nord, spécialement dans l'ancienne Frise', *Actes de la Société des historiens médiévistes de l'enseignement supérieur public*, 10(1), pp. 125–151.
Lebecq, S. (1997) 'Entre terre et mer: la mise en valeur des contrées littorales de l'ancienne Frise', *Histoire, économie et société*, 16(3), pp. 361–376.
Verger, F. (1956) 'Les conquêtes sur la mer, de la Zélande au Jutland', *Annales de Géographie*, 65(350), pp. 270–287.

Les îles à travers le monde

Bertrand, F. and Richard, E. (2011) 'Adaptation des territoires insulaires: éléments de réflexion à partir de deux îles françaises (Ré et la Réunion)', *VertigO*, (Volume 10 Numéro 3), pp. 1–23.
Carré, F. (1976) 'Les îles orientales et septentrionales de la Frise', *Noroi*, 90(1), pp. 253–262.
Maillard, J.-C. (2006) 'Économie Maritime Et Insularité: Le Cas Des Îles Tropicales', *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 59(234), pp. 167–198.
Planistat Europe (2003) 'Analyse des régions insulaires et des régions ultrapériphériques de l'Union européenne', p. 127.

La Mer des Wadden

Histoire

Bazelmans, J., Groenendijk, H. and de Langen, G. (2005) 'De Late Prehistorie En Protohistorie Van Holoceen Noord-Nederland', *Nationale Onderzoeksagenda Archeologie*, pp. 1–64.
Goeldner, L. (1995) 'L'appel de détresse de la mer des Wadden', *Annales de Géographie*, pp. 205–207.
de Jong, H. (2013) *The Frisian identity invented through folktales*.
Lotze, H. K. et al. (2005) 'Human transformations of the Wadden Sea ecosystem through time: A synthesis', *Helgoland Marine Research*, 59(1), pp. 84–95.

Dutch Central Government

Ecopotential

Frikke, J.

Goeldner, L.

Groenendijk, H.

Kabat, P.

Kohlus, J.

Krauss, W.

Laursen, K.

Lotze, H. K.

Nehls, G.

Oost, A. P.

Polman-Dekker, D.

Provinciale Staten van

Groningen Friesland en

Noord-Holland

Reise, K.

Ridderinkhof, H.

Schneider, J.

Schultz van Haegen,

M.H.

Schultze, M.

Stive, M. J. F.

Trilateral Monitoring

and Assessment Group

Van Eerden, R.

Vermeersen, B. L. A.

Vos, P.

Wang, Z. B.

Wood, F. A.

Lotze, H. K. and Reise, K. (2005) 'Ecological history of the Wadden Sea', *Helgoland Marine Research*, 59(1), p. 1.

Polman-Dekker, D. (2019) *The origins of the Wadden Islands*. Available at: <https://www.texel.net/en/about-texel/history/the-creation-of-the-wadden-islands> (Accessed: 21 January 2020).

Schneider, J. (2011) 'L'ethnogenèse des frisons', *Revue du Nord*, 3(391), pp. 749–759.

Vos, P., De Koning, J. and Van Eerden, R. (2015) 'Landscape history of the Oer-IJ tidal system, Noord-Holland (the Netherlands)', *Geologie en Mijnbouw/Netherlands Journal of Geosciences*, 94(4), pp. 295–332.

Wood, F. A. (2015) *An Old Frisian Poem, Modern Philology*. Available at: https://www.jonathanposthuma.com/store/p83/An_Old_Frisian_Poem.html (Accessed: 8 March 2020).

Caractéristiques

Baer, J. et al. (2017) *Fisheries, Wadden Sea Quality Status*.

Baer, J. and Nehls, G. (2017) *Energy, Wadden Sea Quality Status*.

Crosato, A. and Stive, M. J. F. (2000) 'Morphology and morphodynamics of the Wadden Sea', Delft Cluster, (November).

Kabat, P. et al. (2012) 'The Wadden Sea Region: Towards a science for sustainable development', *Ocean and Coastal Management*. Elsevier Ltd, pp. 4–17.

Kohlus, J. (2008) 'Les parcs nationaux de la mer des Wadden et de Poméranie occidentale en mer Baltique (Allemagne) : des exemples remarquables de protection d ' espaces littoraux', *Géologues*, 158, pp. 58–60.

Krauss, W. (2005) 'The natural and cultural landscape heritage of Northern Friesland', *International Journal of Heritage Studies*, 11(1), pp. 39–52.

Laursen, K. and Frikke, J. (2016) 'The Wadden Sea : Denmark, The Netherlands, and Germany', in *The Wetland Book*, pp. 1–14.

Ridderinkhof, H. (1959) *Residual Currents and Mixing in the Wadden Sea*.

Schultze, M. and Nehls, G. (2017) 'Extraction and dredging', *Wadden Sea Quality Status*, 9(February).

Vermeersen, B. L. A. et al. (2018) 'Sea-level change in the Dutch Wadden Sea', *Netherlands Journal of Geosciences*, 97(3), pp. 79–127.

Wang, Z. B. et al. (2018) 'Sediment budget and morphological development of the Dutch Wadden Sea: Impact of accelerated sea-level rise and subsidence until 2100', *Geologie en Mijnbouw/Netherlands Journal of Geosciences*, 97(3), pp. 183–214.

Provinciale Staten van Groningen Friesland en Noord-Holland (2016) *Investeringskader Waddengebied 2016-2026*.

Documents de protection et réglementation

CWSS (2015) *The Wadden sea - World Heritage Datasheet*. Available at: <http://world-heritage-datasheets.unep-wcmc.org/datasheet/output/site/the-wadden-sea/> (Accessed: 29 March 2020).

CWSS (2016) *Report on the State of Conservation of the World Heritage property 'The Wadden Sea (N1314)'*.

CWSS and Trilateral Cooperation (2014) *TMAP strategy*.

CWSS and Trilateral Monitoring and Assessment Group (1997) *Implementation of the Trilateral Monitoring and Assessment Program (TMAP)*, Final Report.

Dutch Central Government (2009) 'Policy Document on the North Sea 2009-2015', pp. 1–64.

Dutch Central Government (2015) 'Policy Document on the North Sea 2016-2021', pp. 1–120.

Ecopotential (2020) *Wadden Sea and Dutch Delta*. Available at: <https://ecopotential-project.eu/site-studies/protected-areas/25-the-wadden-sea-dutch-delta-area.html> (Accessed: 9 March 2020).

Oost, A. P. et al. (2019) *Wadden Sea Quality Status Report*.

Schultz van Haegen, M.H., M. de l'infrastructure et de l'environnement (2017) *Kustpact*.

Texel

Elias, E. P. L.

Hollands

Noorderkwartier

Texel

Elias, E. P. L. and Van Der Spek, A. J. F. (2017) 'Dynamic preservation of Texel Inlet, the Netherlands: Understanding the interaction of an ebb-tidal delta with its adjacent coast', *Geologie en Mijnbouw/Netherlands Journal of Geosciences*, 96(4), pp. 293–317.

Nationaal Park Duinen van Texel

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Staatsbosbeheer
Van Der Spek, A. J. F.

Les changements climatiques

Bouchard, C.

Danto, A.

Commission

Européenne

Conservatoire du

littoral

GIEC

Gueben-Venière, S.

Laila, K.

Ministère de la

Transition écologique et
solidaire

McLean, R.

Tassin, J.

Hollands Noorderkwartier (2019) *Hoogheemraadschap*. Available at: <https://www.hhnk.nl/english> (Accessed: 29 June 2020).

Nationaal Park Duinen van Texel (2019) *Nationaal Park Duinen van Texel*. Available at: <https://www.npduinenvantexel.nl/> (Accessed: 10 March 2020).

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (2017) *Kop van Noord- Holland en Texel*.

Staatsbosbeheer (2015) *Passion and pragmatism - Corporate plan*.

Staatsbosbeheer (2016) *Green Heritage Dutch design*.

Les changements climatiques

Rapports

GIEC (2007) *Changements Climatiques 2007 Rapport de synthèse*.

Laila, K. et al. (2013) *Climate Change Impacts on Infrastructure in the Baltic Sea Region*.

Ministère de la Transition écologique et solidaire (2019) *Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique – ONERC*. Available at: <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/observatoire-national-sur-effets-du-rechauffement-climatique-onerc> (Accessed: 7 February 2020).

Conséquences

Bouchard, C. et al. (2010) 'Les petits États et territoires insulaires face aux changements climatiques : vulnérabilité, adaptation et développement', *VertigO*, 10(3). Colcombet, Y. et al. (2012) 'Le littoral face au changement climatique', *Les ateliers du conservatoire du littoral*, pp. 1–46.

Commission Européenne (2004) 'Vivre avec l'érosion côtière en Europe : espaces et sédiments pour un développement durable', *EuroSION*, p. 57.

Conservatoire du littoral (2005) 'Chaud et Froid sur le littoral - Impact du changement climatique sur le patrimoine du Conservatoire du littoral', p. 52.

Danto, A. (2019) 'Sources et savoirs : pour une approche complémentaire du risque « submersion marine » en Frise Orientale (Mer des Wadden)', *Physio-Géo*, 14, pp. 15–41.

European Commission (2004) *Living with coastal erosion in Europe - Results from the EuroSION Study*.

Gueben-Venière, S. (2015) *De l'équipement à la gestion du littoral, ou comment vivre avec les aléas météo-marins aux Pays-Bas ? — Géoconfluences*, *Géoconfluences*. Available at: <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/dossiers-thematiques/risques-et-societes/articles-scientifiques/littoral-pays-bas> (Accessed: 28 March 2020).

McLean, R. et al. (2007) 'Small islands. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change', pp. 687–716.

Tassin, J. (2010) 'Le réchauffement climatique va-t-il conduire les petites îles à être englouties sous les invasions biologiques ?', *VertigO*, 10(3), pp. 1–14.

Ecologie et paysage

Baudry, J.

Burel, F.

Cabral, J. S.

Commission

européenne

Delgado, J. D.

Government of

Netherlands

IUCN

Jongman, R. H.

Kreft, H.

Kristiansen, I.

Maes, J.

SEOS

Wiegand, K.

Ecologie et paysage

Burel, F. and Baudry, J. (1999) *Écologie du paysage – Concepts, méthodes et applications*. Éditions Tec et Doc, Lavoisier, pp. 360.

Cabral, J. S., Wiegand, K. and Kreft, H. (2019) *Interactions between ecological, evolutionary and environmental processes unveil complex dynamics of insular plant diversity*, *Journal of Biogeography*.

Commission européenne (2018) *Programme LIFE*. Available at: https://ec.europa.eu/commission/news/life-programme-2018-oct-25_fr (Accessed: 7 February 2020).

Delgado, J. D. et al. (2017) 'A reappraisal of the role of humans in the biotic disturbance of islands', *Environmental Conservation*, 44(4), pp. 371–380.

Government of Netherlands (2018) *Natura 2000 | Nature and biodiversity*. Available at: <https://www.government.nl/topics/nature-and-biodiversity/natura-2000> (Accessed: 10 March 2020).

Government of Netherlands (2019) *Wetlands of International Importance (Ramsar Sites) | Ramsar*. Available at: <https://www.ramsar.org/about/wetlands-of-international-importance-ramsar-sites> (Accessed: 10 March 2020).

IUCN (2020) *Red List of Threatened Species*. Available at: <https://www.iucnredlist.org/resources/spatial-data-download> (Accessed: 16 May 2020).

Jongman, R. H. and Kristiansen, I. (2001) *Approches nationales et régionales pour les réseaux écologiques en Europe*. Available at: <https://books.google.fr/books?id=Réseau+écologique+national+néerlandais> (Accessed: 29 June 2020).

Maes, J. et al. (2015) *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*.

SEOS (2010) *Pollution marine*. Available at: <https://seos-project.eu/marinepollution/marinepollution-co4-p10.fr.html> (Accessed: 10 March 2020).

Les différentes gestions du territoire

Dinel, N.

Dodane, C.

Doekes, K.

Joliveau, T.

Lavalle, C.

Lenôtre, N.

Rivière-Honegger, A.

Slomp, R.

Strootman, L.

Les différentes gestions du territoire

Dinel, N. (2007) *Évolution du modèle de station balnéaire sous l'effet de la Gestion Intégrée des Zones Côtières*.

Dodane, C., Joliveau, T. and Rivière-Honegger, A. (2014) 'Simuler les évolutions de l'utilisation du sol pour anticiper le futur d'un territoire', *CyberGeo : European Journal of Geography*, 2014, pp. 0–30.

Doekes, K. (2008) 'La protection contre la mer aux Pays-Bas : le Plan Delta', *Géologues*, 158, pp. 53–57.

Lavalle, C. et al. (2011) 'Coastal Zones: Policy alternatives impacts on European Coastal Zones 2000 – 2050', *JRC Technical Notes*, (March), p. 104.

Lenôtre, N. (2009) 'Pour une gestion dynamique du littoral', *Responsabilité & Environnement*, 56, pp. 80–89.

Slomp, R. (2016) 'Le Plan Delta pour les Grands Fleuves et la gestion du risque d'inondation aux Pays-Bas', *Géologues*, 184.

Strootman, L. (2016) *Inventarisatie waarden en beleid Nederlandse kust*.

Données

Ben ten Bricks

DEDUCE Consortium

European

Environment Agency

European Severe

Storms Laboratory

ESA

Données

DEDUCE Consortium (2007) *Indicators Guidelines*.

ESA (2010) *Earth from Space: Changing faces of the Dutch Wadden Sea*. Available at: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Earth_from_Space/Changing_faces_of_the_Dutch_Wadden_Sea (Accessed: 18 January 2020).

European Environment Agency (2019) *Trends in annual mean total phosphorus concentration in European Seas*. Available at: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/trend-in-annual-mean-total#tab-chart_1 (Accessed: 16 May 2020).

European Environment Agency (2012) *CORINE Land Cover France*. Available at: http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Donnees_en_ligne/Environnement/CLC_guide_d-utilisation.pdf.

European Severe Storms Laboratory (2020) *European Severe Weather Database*. Available at: <https://eswd.eu/cgi-bin/eswd.cgi> (Accessed: 16 May 2020).

Ben ten Bricks (2006) 'Indicators as communication tools: an evolution towards composite indicators', *Alter Net*, (December).