

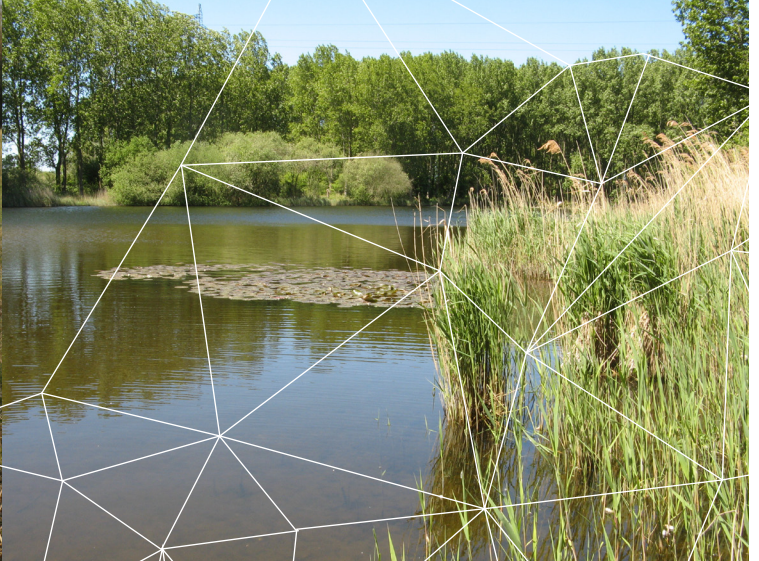
MASTERPLAN VLAAMSE WESTKUST – DUNES DE FLANDRE

LIFE+12 NAT/BE/000631 FLANDRE

WVI-CPIE-INBO

ERIC COSYNS - BART BOLLENGIER - SAM PROVOOST

FR



BARON RUZETTELAAN 35
8310 BRUGGE
T +32 50 36 71 71
www.wvi.be



Colophon

Projet : LIFE+12 NAT BE 000631 "FLANDRE": Action A.1 & A.2:
Masterplan et base juridique pour la coopération et la protection comme parc naturel transnational des dunes entre Dunkerque (France) et Westende (Belgique)
Partim Masterplan

Auteurs:

WVI: Eric Cosyns
INBO: Sam Provoost
CPIE: Bart Bollengier

Cartes & SIG: WVI – Saskia David & INBO – Sam Provoost
Photo: Eric Cosyns

Coordination:

WVI
Cel Milieu & Natuur
Baron Ruzettelaan 35
8310 Brugge (Assebroek)
Belgium
www.wvi.be

Mode de citation:

Cosyns E., Bollengier B. & Provoost S. 2019. Masterplan et base juridique pour la coopération et la protection comme parc naturel transnational des dunes entre Dunkerque (France) et Westende (Belgique). Partim Masterplan. LIFE+12 NAT BE 000631 "FLANDRE": Action A.1 & A.2. Maitre d'ouvrage ANB, Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres, Département du Nord.

Conseils:

Agentschap voor Natuur en Bos: Jean-Louis Herrier & Marc Leten
Conservatoire du littoral : Etienne Dubaille & Melenec Gwenaele
Département du Nord: Virginie Hélin & Bénédicte Lemaire

Sommaire

Introduction générale	9
Le masterplan	10
La base juridique.....	10
1. Contexte et description du site de projet	13
1.1. Evolution du paysage	13
1.2. Climat.....	20
1.2.1. Généralités	20
1.2.2. Température et humidité de l'air	20
1.2.3. Précipitations.....	21
1.2.4. Vent	22
1.2.5. Évapotranspiration et bilan hydrologique	23
1.2.6. Microclimat	24
1.2.7. Changement climatique	25
1.3. Géomorphologie	28
1.3.1. Généralités	28
1.3.2. Processus marins	28
1.3.3. Vasières intertidales et prés-salés.....	30
1.3.4. La plage : charnière entre la mer et la dune.....	30
1.3.5. Dynamique éolienne dans les dunes	33
1.3.6. Carte géomorphologique	34
Plage.....	34
Dunes anciennes	34
Dunes d'âge moyen.....	36
Dunes jeunes.....	36
Terres de transition.....	36
1.4. Hydrologie.....	38
1.5. Sol	43
1.6. Développement de la végétation	45
1.6.1. Formation des dunes embryonnaires.....	45
1.6.2. Développement de pelouses dunaires sèches	46
1.6.3. Succession dans les pannes humides	49
1.6.4. Développement des fourrés et bois	49
1.7. Dynamique des populations	50
1.8. Gestion de la nature	53
2. Biodiversité propre à la côte	54
2.1. Habitats et espèces.....	54
2.1.1. Les communautés benthiques	54

Habitat 1110: Bancs de sable à faible couverture permanente d'eau marine. Cet habitat se présente sous les aspects suivant, que reflète bien la granulométrie du sédiment :	55
2.1.2. Vasières et prés-salés	55
2.1.3. Plages, vasières, schorres et avant-dunes	56
2.1.3. Plage	57
Sables des hauts de plage	58
2.1.4. Dune embryonnaire	60
2.1.5. Végétation des dunes blanches.....	61
2.6.1. Dunes grises et pelouses dunaires pionnières	63
2.1.7. Pelouse dunaire	64
2.1.8. Pannes humides	66
2.1.9. Fourrés de saules rampants	68
2.1.10 Fourrés de dunes	69
2.1.11. Dunes boisées.....	71
2.1.12. Eau libre.....	72
2.1.13. Prairies de culture	73
2.1.14. Habitats anthropiques.....	73
2.2. Espèces	75
2.2.1. Indigénité.....	75
2.2.2. Spécificité et richesse des espèces	75
2.2.3. Espèces d'importance internationale.....	77
2.2.4. Espèces d'attention régionale	80
3. Cadre juridico-planologique, visions récentes, gestion des ressources naturelles exécutée et monitoring	82
3.1. Cadre juridico-planologique	82
3.1.1. Zones protégées internationales et européennes.....	82
RAMSAR	82
Natura 2000	82
3.1.2. Législation nationale/ régionale	87
3.1.2.1. La Flandre.....	87
3.1.2.2. La France	93
A. Les inventaires en faveur du patrimoine naturel.....	93
B. Protection des espaces naturels	93
B.1. la protection réglementaire	93
B.2. La maîtrise foncière	96
C. Autres.....	96
D Les outils de planification: Le SCOT & Le PLU	97
3.1.3. Réglementations communales	99
3.1.3.1. Chiens et montures sur la plage et dans les dunes	99
3.2. Visions récentes	101
3.2.1. En Flandre.....	101

3.2.1.1. Projet d'aménagement du territoire du Westhoek	101
3.2.1.2. Aménagement des zones de transition dunes-polders dans le cadre d'une réserve côtière intégrale au Westhoek.....	101
3.2.1.3. Plan Orchis pour Groenendijk-Lenspolder-Labeurhoek.....	102
3.2.1.4. « Plan Phoque » pour l'embouchure de l'Yzer	103
3.2.1.5. Plan d'acquisition pour les dunes côtières flamandes et zones adjacentes	103
3.2.1.6. Perspective d'écosystème pour la côte flamande (Belgique)	103
3.2.1.7. Baies flamandes - Projet Complexe "Perspective littorale"	103
3.2.1.8. Plan intégré d'approvisionnement en eau et de développement des milieux naturels (GWEN) pour la côte occidentale.	104
3.2.1.9. Développement récréatif dans l'Overdekt Waddenlandschap (paysage de « vasières » recouvertes) Adinkerke/La Panne.....	104
3.2.1.10. « Plan de gestion pour la réserve naturelle flamande du bois de Hannecart intégré dans une perspective de site pour le complexe des dunes Ter Yde à Oostduinkerke ».....	105
3.2.1.11. « Paysage côtier métropolitain 2100 »	105
3.2.1.12. Le plan spatial marin	105
3.2.2. En France	107
3.2.2.1. La stratégie d'intervention 2015-2050 du CDL	107
3.2.2.2. Politique du département du Nord concernant les Espaces Naturels Sensibles	107
3.2.2.3. Le Schéma Régional de Cohérence Écologique.....	110
3.3. Protection et gestion : Antécédents	111
3.3.1. En France	111
3.3.1.1. Les premiers achats et protections des dunes.....	111
3.3.1.2. Les prémices de la gestion	111
3.3.1.3. Une action foncière volontariste	112
3.3.1.4. Une simplification des acteurs et des procédures	113
3.3.2. En Flandre.....	115
3.3.2.1. Les premières acquisitions de terrains , les décrets concernant la protection des Dunes et une perspective d'écosystème.....	115
3.3.2.2. Politique d'acquisitions, organisation de la gestion de la nature et situation actuelle.....	116
3.4. La gestion des dunes.....	119
3.4.1. En France	119
3.4.1.1. De l'éco-jardinage aux perturbations mécaniques à coups de bulldozers	119
3.4.1.2. La préservation des laisses de mer et des dunes embryonnaires.....	121
3.4.2. En Flandre.....	122
3.4.2.1. De l'immobilisme à la première gestion des ressources naturelles et les conséquences de l'augmentation de la pression touristique	122
3.4.2.2. Expérimentations et études scientifiques comme base d'une gestion future de la nature	123
3.4.2.3. Un nouveau cadre décrétoal, des réformes administratives et une cellule de gestion de la zone côtière enthousiaste et zélée	124
3.4.2.4. Excavatrices et abatteuses à l'œuvre grâce à LIFE	125
3.4.3. Un quart de siècle de gestion des dunes dans le territoire concerné par l'étude résumé	128

3.4.3.1. Planning de gestion	130
3.4.3.2. Exécution ou implementation de la gestion	131
3.5. Monitoring	137
3.5.1. En France	137
3.5.1.1. Historique du monitoring.....	137
3.5.1.2. Initiatives de monitoring récentes	138
3.5.2. En Flandre.....	139
3.5.2.1. Historique du monitoring.....	139
3.5.3. Comparaison France-Flandre	141
3.5.4. Vers un monitoring transfrontalier?.....	146
3.5.5. Vision du futur sur le monitoring	147
4. Aspects socio-économiques	150
4.1. Protection contre les inondations	150
4.2. Stabilisation niveaux des eaux-infiltration	150
4.3. Approvisionnement en eau	151
4.4. Stockage du carbone au sol	151
4.5. Loisirs et tourisme	151
4.6. Cadre de vie	152
4.7. Effets sur la santé	152
5. Élaboration de la perspective.....	153
5.1. Synthèse : la côte en un mot	153
5.1.1. Typique de la côte	153
5.1.2. Statuts et protection	153
5.1.3. La gestion des dunes : parallèles et différences.....	154
5.1.4. Services d'écosystème.....	154
5.1.5. Changement climatique & gestion (côte /nature)	154
5.2. Mission et objectifs stratégiques	157
5.2.1. Mission	157
5.2.2. Objectifs stratégiques.....	158
5.3. La côte comme point chaud de biodiversité.....	159
5.3.1. Optimisation de la structure de la nature au profit de la biodiversité.....	159
5.3.2. Sites potentiels	159
5.3.3. Aspects prioritaires généraux et lignes d'action	160
5.3.4. Possibilités de développement et priorités spécifiques (SWOT) par complexe de dunes distinctif	161
5.3.5. Restauration et conservation des habitats cibles.....	171
5.3.5.1. Possibilités de formation de dune embryonnaire : Laisse de mer de marée haute - dunes embryonnaires (2110).....	171
5.3.5.2. Mobilité éolienne du sable durable: dunes blanches - dunes à oyats (2120) et formation des entrées de mer.....	173

5.3.5.3. Développement de végétations basses dépressions humides intradunales riches en espèces (2190).....	175
5.3.5.4. Développement des marais d'arrière-dunes et des prairies de fauche (biotopes d'importance régionale)	175
5.3.5.5. Le développement de certains types de dunes grises- pelouses dunaires (2130).....	179
5.3.5.6. Fourrés dunaires (2160).....	179
5.3.5.7. Conservation, expansion des forêts (2180).....	180
5.3.5.8. Fourré de saules rampants (2170)	180
5.3.5.9. Bruyère dunaire (2150).....	181
5.3.5.10. Transitions eau douce-salée, vasière-pré-salé.....	181
5.3.5.11. Plage et mer	181
5.3.6. Restauration, conservation et développement de populations d'espèces cibles.....	183
5.4. Services d'écosystème	185
5.4.1. La côte comme pôle d'attraction touristique-récréatif	185
5.4.1.1. Zonage et réseau de sentiers récréatifs.....	185
5.4.1.2. Règles d'accès dans les dunes.....	186
5.4.2. La côte comme patrimoine (paysage) historique et culturel	187
5.4.3. La côte comme fournisseur de services d'écosystème	187
6 - Plan d'action.....	188
Introduction.....	188
6.1. Stratégies d'adaptation pour le changement climatique	189
6.1.1. Connecter, agrandir et renforcer les espaces naturels	190
6.1.2. Gestion de la nature et des forêts des habitats côtiers dans des conditions climatiques changeantes	192
6.1.2.1. Replats boueux ou sableux exondés, dunes embryonnaires et dunes blanches à oyats.....	192
6.1.2.2. Dunes sèches avec végétation pionnière, de type prairial et de saule rampant	193
6.1.2.3. Végétations dunaires basses et humides.....	197
6.1.2.4. Buissons et forêts dunaires	199
6.1.2.5. Eaux libres	201
6.1.2.6. Biotope d'importance régionale : prairies semi-naturelles, fraîches à humides	202
6.1.2.7. Estuaires, vasières et prés-salés.....	203
6.1.3. Inclure les adaptations climatiques dans l'élaboration des mesures de protection des espèces	205
6.1.4. Imbriquer la nature dans d'autres fonctions.....	206
6.1.5. Étudier et surveiller l'influence des changements climatiques	206
6.2. Programme d'action	207
6.2.1. Rédaction d'un cadre de planification approprié.....	208
6.2.2. Extension vers la mer et connexion des zones dunaires entre Dunkerque et Westende	208
6.2.3. Tendre vers une gestion harmonisée transfrontalière	213
6.2.2.1. Zonage des activités de plage	213
6.2.2.2. Prévention des déchets plastiques et autres déchets inorganiques sur la plage	213

6.2.2.3. Nettoyage écologique des plages	214
6.2.4. Réaliser un espace naturel transfrontalier continu entre La Panne-Adinkerke, Bray-Dunes et Ghyvelde - partie dune du Perroquet - Westhoek	215
6.2.5. Réaliser un espace naturel transfrontalier continu entre La Panne-Adinkerke, Bray-Dunes, Zuydcoote et Ghyvelde - partie paysage de vasières couvert / Zone de pseudo-polders	217
6.2.6. Réaliser un espace naturel transfrontalier continu entre La Panne-Adinkerke, Bray-Dunes et Ghyvelde – partie Dunes internes de Ghyvelde-Adinkerke	222
6.2.7. Optimiser les valeurs naturelles dans les espaces naturels actuels	224
6.2.8. Lutte contre les espèces invasives non endémiques.....	228
6.2.9. Développer la nature et le paysage dans les zones de transition entre dunes et polders.....	229
6.2.10. Défragmenter le paysage dunaire fragmenté, créer et optimiser les connexions écologiques paysagères.....	236
6.2.11. Créer une nature dunaire dans l'environnement bâti.....	240
6.2.12. Optimiser la fonction de connexion écologique paysagère de certaines infrastructures linéaires	243
6.2.12.1. Aménagement paysager de l'autoroute A16-E40	243
6.2.12.2. Le canal Veurne-Dunkerque comme corridor écologique	245
6.2.12.3. La voie ferrée, fenêtre ouverte sur les dunes (plan Lérot)	247
6.2.13. Élaboration d'un cadre pour les loisirs axés sur la nature et l'éducation à la nature.....	249
6.2.14. Coopérer par-delà la frontière en matière de surveillance des espèces cibles	249
6.2.15. Structure d'organisation et de gestion transfrontalière.....	251
Références.....	253

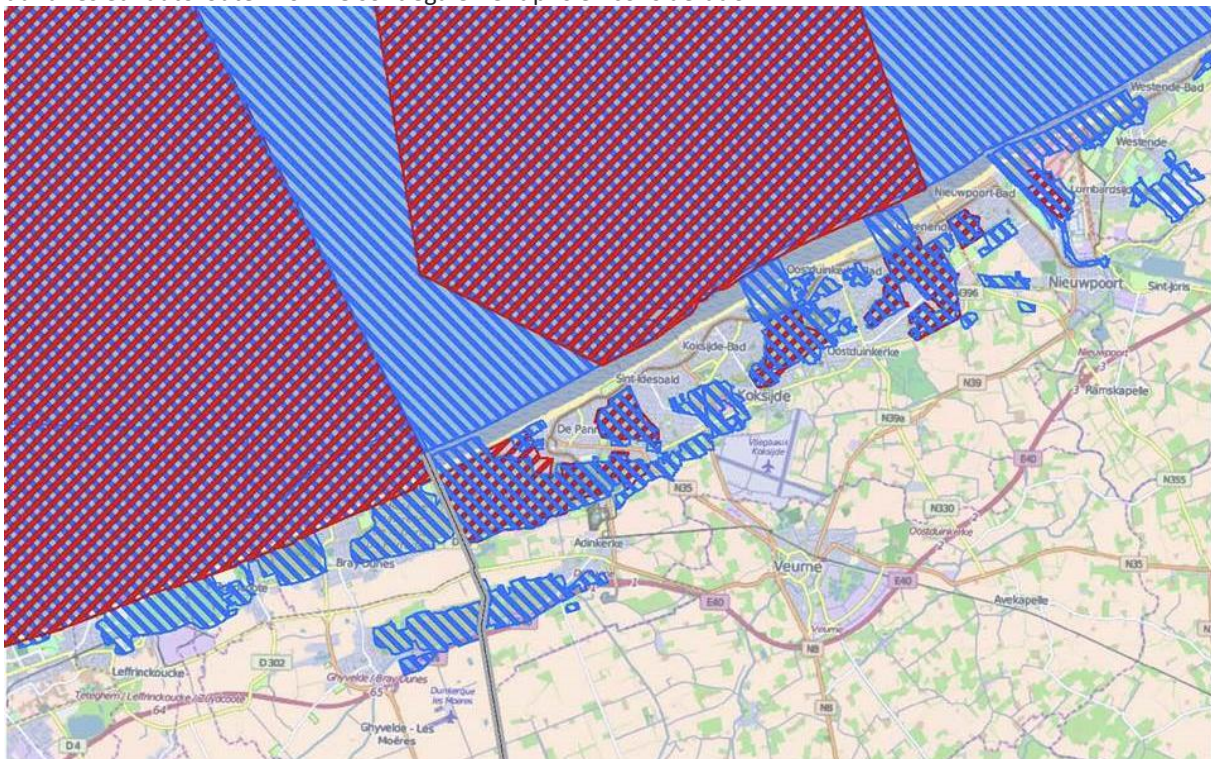
Introduction générale

Cette étude a été commandée par l'Agence Nature et Forêts (ANB).

LIFE+ NATUUR projet 'FLANDRE': Flemish And North French Dunes Restoration, est un projet conjoint de l'Agence Nature et Forêts du Gouvernement Flamand, du Conservatoire de l'Espace littoral et des Rivages lacustres et du Département du Nord cofinancé par l'Union européenne, de restauration de la nature dans les dunes littorales entre Dunkerque (France) et Westende (Belgique).

Cette prestation s'applique au périmètre opérationnel « Dunes de Flandre » / « Duinen van de Westkust » du projet LIFE12 NAT/BE/000631 « Flemish And North French Dunes Restoration », abrégé comme « FLANDRE », en particulier tous les sites de dunes compris dans le réseau Natura 2000 transfrontalier entre Dunkerque (France) et Westende (Belgique) et qui comprend les sites d'importance communautaire et la zone de protection spéciale désignés en exécution des directives européennes « Habitat » « FR3100474 Dunes de la Plaine Maritime Flamande », « FR3100475 Dunes flamandaises décalcifiées de Ghyvelde » et « BE2500001 Duingebieden inclusief IJzermonding en Zwin » et « Oiseaux » « BE2500121 Westkust », ainsi que leurs voisinages maritime, (sub-)urbains, agricoles et autres espaces ouverts, inclusivement les lacs et étangs des Moères, Mahieu, de Téteghem, Armbouts-Capelle et du Zwarten hoek. Ainsi, la partie terrestre de la zone du projet (c.-à-d. inclus l' estran jusqu' à la basse mer moyenne) couvre une superficie de 6358ha.

Fig. 1. Délimitation de la zone d'étude. Il s'agit des zones de dunes situées au sein du réseau Natura 2000 transfrontalier entre Dunkerque (France) et Westende (Belgique) et qui comprend les sites d'importance communautaire et la zone de protection spéciale désignés en exécution des directives européennes « Habitat » et « Oiseaux » (ZPS-H: zones bleues hachurées / ZPS-O: zones rouges hachurées). Dans le développement de la vision la zone de mer et ses bancs de sables jouxtant l'estran et les dunes et les étangs situés entre les cordons dunaires et l'autoroute E40-A18 sont également pris en considération.



Objectifs

- Préparer un masterplan (vision stratégique) transnational du point de vue de la conservation de la nature pour les cordons dunaires transfrontaliers entre Dunkerque et Westende, Ghyvelde et Adinkerke;
- Concevoir une base juridique pour une coopération étroite, permanente et continue entre tous les partis concernés par la protection et la gestion des cordons transfrontaliers de dunes et pour la constitution comme parc naturel transnational de ces cordons transfrontaliers de dunes.

Le masterplan

Le masterplan a pour but une vision stratégique transnationale du point de vue de la conservation de la nature pour les cordons dunaires transfrontaliers entre Dunkerque et Westende, Ghyvelde et Adinkerke.

Cette **vision stratégique** de gestion comprend:

1. Une description de l'importance patrimoniale naturelle à l'échelle européenne de l'écosystème littoral comprenant les dunes et leurs franges naturelles, et les bancs de sable marins entre Dunkerque et Westende
2. Une analyse des potentialités et des possibilités à une échéance relativement longue de 15 ans pour la restauration, le renforcement et le maintien dans un état favorable de conservation de certains types d'habitats naturels, des populations d'espèces, des processus naturels et de la connectivité écologique;
3. L'élaboration d'un scénario cible basé sur les potentiels et les possibilités;
4. la description des obstacles à la réalisation du scénario cible;
5. Les implications du scénario cible pour l'aménagement du territoire et les ressources financières à prévoir pour solutionner les obstacles et réaliser les potentiels et possibilités.

La base juridique

Concevoir une base juridique pour une coopération étroite, permanente et continue entre toutes les parties concernées par la protection et la gestion des cordons transfrontaliers de dunes et pour la constitution comme parc naturel transnational de ces cordons transfrontaliers de dunes. La démarche intégrera les propositions juridiques et techniques nécessaires pour concilier accueil du public et conservation biologique. Rappel : partout l'accès au public doit être en équilibre avec la capacité de charge du milieu, ici les dunes, dont l'écosystème est particulièrement fragile.

Partie 1

Le Masterplan

1. Contexte et description du site de projet

1.1. Evolution du paysage

Situées entre le Port de Dunkerque et l'embouchure de l'Yser à Nieuport, les Dunes Flamandes s'étendent sur 25 kilomètres et se prolongent au-delà sur encore 3 km jusqu'à la station balnéaire belge de Westende. Le paysage y est la résultante de la combinaison d'éléments fondamentaux (géomorphologie et climat du territoire) et de modifications engendrées par les activités humaines qui s'y sont développées au cours des trois derniers millénaires, en Flandre Maritime (cfr. les trouvailles archéologiques datant de l'Age du Fer dans les dunes du "Westhoek" à La Panne)

Du point de vue géologique les Dunes Flamandes sont encore très jeunes. Il y a 18000 années BP (before present), les glaciers atteignirent leur extension maximale. A partir de ce moment-là un important réchauffement climatique a provoqué la fonte des glaciers. Par conséquent, s'est produite la remontée mondiale du niveau marin (Mathys, 2009). Le littoral a été formé à cette époque.

Au début de l'Holocène, il y a environ 11.000 ansBP, la mer avait atteint le littoral actuel. Le paysage de la côte était semblable à celui de la mer des Wadden aux Pays-Bas (amples estrans vaseux et îles). Le niveau marin était inférieur au niveau actuel c.-à-d. encore près de 20 m plus bas et a depuis augmenté assez rapidement à environ 7 mm par an. La mer, tandis que son niveau remontait, a repoussé devant elle un paquet épais d'environ 10 m des sédiments sableux qui s'étaient déposés sur la plate-forme continentale émergée pendant la période froide, ce sont des sédiments appelés 'Assise de Calais'. Ces dépôts constituent une partie importante des aquifères bruts sous les dunes actuelles. L'estuaire à cette époque était entouré d'un marais dans lequel s'accumulait la tourbe, dite 'tourbe de base' (Baeteman, 2007 & 2011).

Entre 7500 et 5500 années BP le niveau marin a remonté moins fortement c.-à-d. avec une moyenne de seulement 2,5 mm par an. A ce moment la position du littoral était plus ou moins stable et la sédimentation et l'élévation du niveau marin étaient en équilibre. La barrière littorale atteint à ce moment sa position la plus intérieure. Le cordon dunaire de Ghyvelde-Adinkerke (ou dune fossile de Ghyvelde) avec ses reliefs adoucis en est encore le témoin. C'est un élément géologique très important dans la zone d'étude.

Selon Baeteman (2001) les dunes fossiles de Ghyvelde-Adinkerke sont formés il y a environ 5000 ans, au bord sud d'une grande plage. Anthony et coll. (2010) font le parallèle avec la formation actuelle des dunes sur la vaste zone de plage à l'est de Calais et expliquent la forte accumulation de sable comme un résultat de fusions des bancs de sable avec la côte. La zone située derrière les dunes fossiles, les Moères actuels, est resté tout au long de l'Holocène une zone intertidale. Seulement sur ses bords pourrait développer une tourbière. Cette tourbe a été mal comprise comme le reste d'un tassement de tourbe étendu qui, au moyen-âge, a été totalement exploité. La récente synthèse de recherches approfondies montre que ceci n'est pas vrai (Baeteman 2001).

A partir de 5000 ans BP, le rythme de remontée du niveau marin a baissé à environ 0,7 mm par an (Baeteman 2007). Dès que le niveau marin est plus stable et l'apport sédimentaire suffisant, il peut y avoir une déposition continue de sédiments dans la zone côtière et le trait de côte se déplace alors en direction de la mer. Il y a environ 2000 BP (avant le présent), la partie nord-ouest de la zone côtière était une zone plate et venteuse avec, le long de la côte, de grandes plages. Ces larges plages étaient bien alimentées en sable que le vent remettait en mouvement avant de l'accumuler sous la forme des dunes. Les dunes datant de cette époque sont classées comme anciennes. Ces anciennes dunes se composaient de monticules semblables aux dunes fossiles de Ghyvelde.

Les restes de ces anciennes dunes se trouvent actuellement p.ex. sous les dunes du Perroquet et Westhoek, le Duinzoom Oosthoek et Zwarte Hoek. Ils étaient potentiellement appropriés pour des occupations humaines. Mais jusqu'à maintenant aucune trace d'occupation humaine permanente néolithique n'y a été trouvée. Il semble en revanche que les terrains servirent de refuge aux habitants quand les vasières et marais salants environnants étaient envahis deux fois par jour par la mer (fig.1.1). Les découvertes de silex attestent de l'occupation temporaire néolithique. Les premières traces de l'occupation humaine remontent au 5-3^{ème} siècle avant J.C. (Civilisation Fer supérieur) et se retrouvent entre La Panne et Zuylcoote. Il s'agit de céramiques des Celtes, utilisés pour la production de sel (De Ceunynck & Thoen 1981, Termote 1992). L'occupation se poursuit à l'époque Gallo-Romaine. L'élevage de bétail et la pêche étaient les principales occupations de ces anciennes tribus celtiques (les Morins). Des poteries d'époque Gallo-Romaines ont été ramassées à quelques places p.ex. sur l'estran de Leffrinckoucke et dans la réserve naturelle du Westhoek.

Pendant la période Gallo-Romaine (250 après J.C.) le vent et la houle commencèrent à éroder la première génération de dunes. Dans le même temps, l'augmentation des précipitations a favorisé le creusement et densification des chenaux de marée. Cela a permis sur le littoral de pénétrer plus facilement à l'intérieur de la plaine maritime. Lors de cette intrusion marine la barrière littorale a cédé en plusieurs endroits. Dans la plaine maritime des sédiments argileux se sont alors déposés au-dessus du dépôt de tourbe. Vers le 8^{ème} siècle après J.C. la plaine maritime était principalement un pré salé de type « schorre » (fig. 1.2). Les grands chenaux ont été remplis et l'influence marine s'est réduite. A partir du 5^{ème} siècle, mais plus certainement à partir du 7^{ème} siècle, il est certain qu'il y avait des habitations de Frisons, Saxons et Francs dans la plaine maritime. Depuis l'époque Carolingienne (9^{ème} -10^{ème} siècle) la plaine maritime est systématiquement utilisée par les habitants des dunes et de la Flandre Intérieure comme prés-salés pour l'élevage des moutons. Pendant ce temps, on a également commencé à endiguer des parties de la plaine maritime. Par conséquent, les processus géomorphologiques ne se sont plus déroulés plus d'une manière naturelle. Les premiers polders sont apparus.

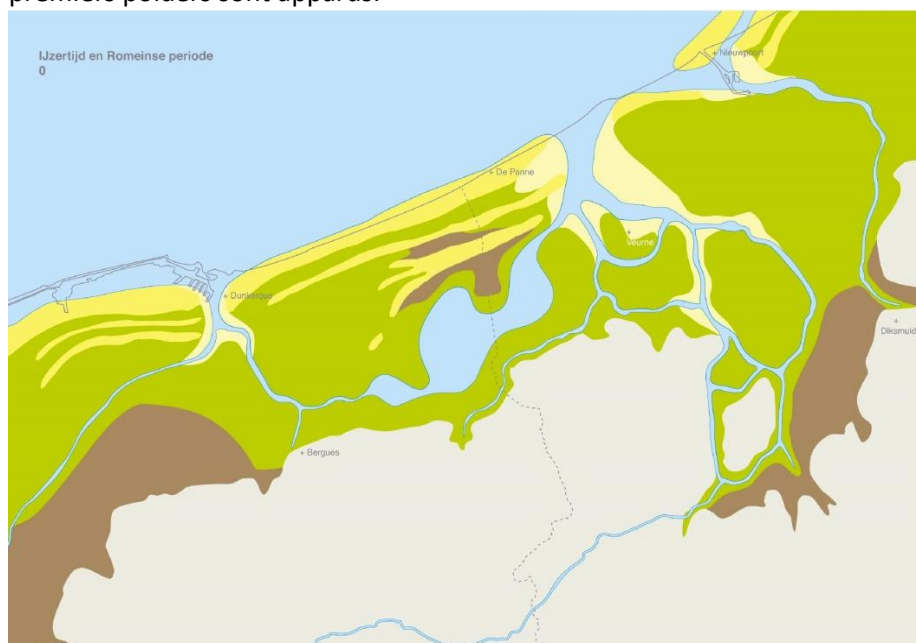


Fig. 1.1. Paleo-carte. Le paysage du territoire concerné par l'étude durant la Civilisation Fer supérieur et la période romaine (500BC-500AC) (jaune: dune, vert: zone intertidale & supralittorale (slik & schorre: pré salé), brun: marais tourbeux côtiers, bleu: Mer du Nord et chenaux de marée).

Vraisemblablement, les dunes intérieures actuelles de Westende (le Schuddebeurze) se sont formées pendant cette phase de stabilisation du haut Moyen-Age. Leur géomorphologie suggère un système

'poulier-musoir' fossile dans l'ancien estuaire de l'Yser (Declercq & De Moor 1996). Cette « dune fossile », ainsi que les anciennes dunes d'Adinkerke (Cabour-Garzebekeveld) & Ghyvelde sont des paysages particuliers avec une écologie plutôt différente de celle des autres dunes flamandes.

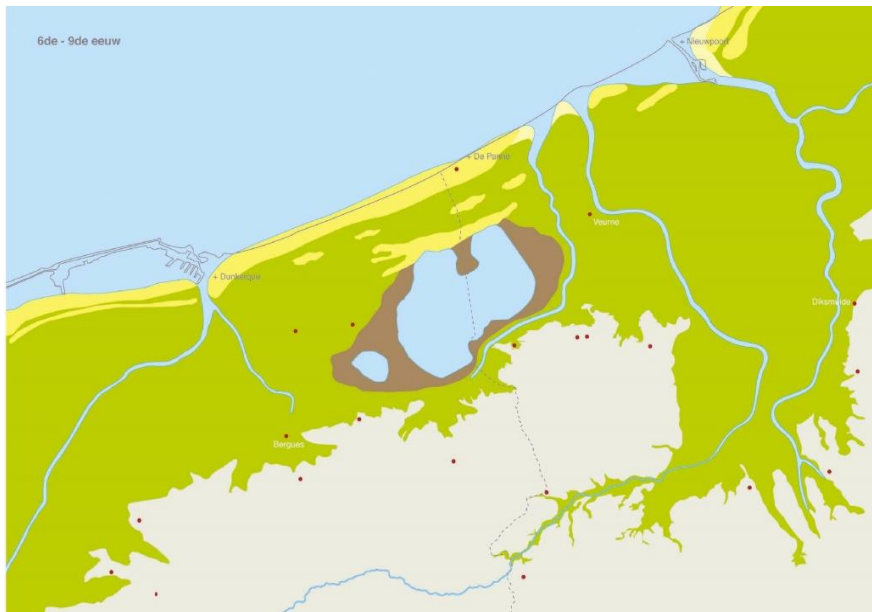


Fig. 1.2. Le paysage du territoire concerné par l'étude durant la 6^{ème}-9^{ème} siècle. (jaune: dune, vert: zone intertidale & supralittorale (slik & schorre:pré salé), brun: marais tourbeux côtière, bleu: Mer du Nord, chenaux de marée).

La plupart des dunes actuellement situées en front de mer, sont des dunes récentes. Leur formation débuta à partir du 10^{ème} siècle, suite à une ontogenèse secondaire où de grands volumes de sable ont été pulvérisés vers l'intérieur des terres. Ce processus nécessite d'abord du sable, mais aussi des conditions climatiques, géomorphologiques et écologiques qui provoquent et maintiennent la mobilité des masses de sable. La disponibilité de sédiments peut probablement être en partie expliquée par l'érosion des dunes dites « anciennes ». Ces dunes 'jeunes' se caractérisent par la présence de grandes structures paraboliques qui résultent de la dynamique spécifique due à l'action des vents dominants du nord-ouest et de l'ouest qui ont contribué de manière significative à l'émergence de ces 'dunes flamandes' typiques (qui sont orientées parallèlement à la côte). Ces grandes dunes paraboliques entourent des dépressions plates creusées par le vent (les « pannes »), dans lesquelles affleure temporairement la nappe phréatique. Ces « pannes » sont colonisées progressivement par des espèces de plantes caractéristiques de ces milieux plus humides et plus froids : Laïche glauque, Parnassie des marais, Epipactis des marais...

Des dunes mobiles nues ont joué un rôle éminent dans la formation des dunes « Jeunes ». Ces dunes se déplacèrent sous l'effet du vent avec une vitesse de 5 à 10 mètres par an à partir de la direction des vents dominants. Le long de notre côte, le déplacement de sable qui en résulte se produit donc en direction de l'est et du sud-est (Depuydt 1972, De Ceunynck 1992). Dans les sillages des grandes dunes mobiles se développent des structures mégaparaboliques suite à l'apparition d' Oyats. Les dunes en parabole se forment quand, aux extrémités d'une formation sableuse, commence à apparaître de la végétation, plus particulièrement l'oyat, qui en arrête la progression, tandis que la partie centrale continue à avancer. Elles se forment quand le vent ne souffle que dans une seule direction dominante. Ce sont des structures importantes du cordon dunaire actuel entre Dunkerque et Nieupoort. Six grandes dunes en parabole peuvent être discernées entre la frontière franco-belge et Coxyde datant du 16^{ème} au début du 18^{ème} siècle (voire carte géomorphologique). Ces dunes ont recouverts vers la fin du 16^{ième} siècle p.ex. l'ancienne abbaye des dunes et la chapelle Saint-Simon de l'ancien village de Coxyde (Termote 1992). En l'absence de l'oyat, les dunes mobile nues donnent

naissance à un paysage bas et légèrement ondulé. Cetypepe paysages dunaire est encore présent entre Oostduinkerke et Nieuport. Ce sont les “Oostvoorduinien”. Durant les périodes d'instabilité politique, la pression humaine sur les dunes diminue et la nature peut alors reconquérir le paysage dunaire. Ils existent des témoignages du 15^{ème} au 17^{ème} siècle de ravages causés par de loups dans les dunes, en temps de guerre (Van Acker 2012, Tack et al. 1993).

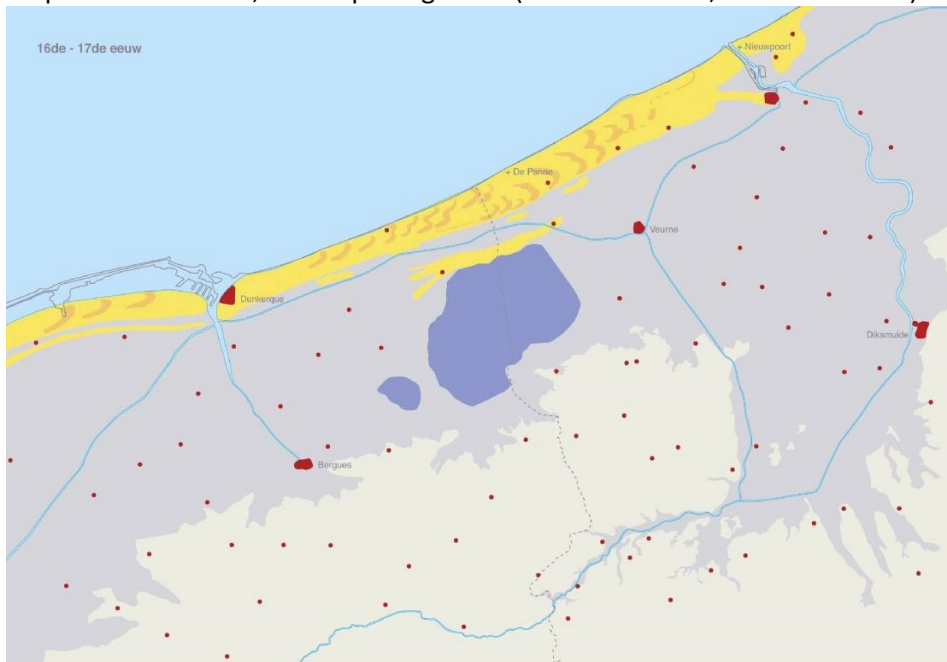


Fig. 1.3. Paysage au cours du 16-17^{ème} siècle. Entre Dunkerque et Nieuport se trouvent des vastes dunes (jaune). Les Moëres sont encore un grand lac intérieur (bleu foncé). Partout dans les polders (gris) on trouve des petits villages (rouge) et quelques villes (Dunkerque, Bergues, Furnes, Nieuport). Les canaux et l'Yser (bleu) sont utilisés pour réguler le niveau d'eau et comme voie navigable.

Aux 17^{ème} et 18^{ème} siècles, les conditions climatiques sont caractérisées par une multiplication des épisodes tempétueux et des températures plus basses, qui contribuent à des changements dans le paysage dunaire (Clemmensen et al. 2001). Durant la même période, les dunes flamandes ont été modifiées par des actions humaines, tant dans leur couvert végétal que dans leur modelé. Tout au long de l'ancien régime les dunes sont utilisées pour le pâturage (Augustyn 1992). Le pâturage des pelouses dunaires a introduit des changements dans leur composition floristique. L'oyat a été récolté par les pauvres pour divers buts, par exemple pour emballer des poissons (Vallot 2012) ou pour la fabrication de coupes tissées, après nettoyage de la racine. L'argousier est utilisé comme combustible mais aussi pour fixer le sable. Surtout, on s'est efforcé un peu partout de fixer les dunes mobiles. Sans doute leur déplacement pouvait-il menacer d'ensevelir des habitations, des champs, des voies de communication. Au 17^{ème} siècle, les propriétaires et leurs intendants recommandaient de planter de l'Oyat pour freiner l'avancée des sables sur les rivages de la plaine maritime. Au milieu du 18^{ème} siècle, ces grands déplacements de sable semblent sous contrôle. Le 18^{ème} siècle a connu de nombreux essais de maîtrise de ces sables mobiles, sur la base de techniques en amélioration. C'est pourquoi la bordure des dunes sur la carte de Ferraris (1771-1778) correspond relativement bien avec la situation actuelle (fig.1.3.). Mais c'est principalement au 19^{ème} siècle qu'ont eu lieu de grands travaux de fixation. A cette époque, les étendues de sable mobile ont été perçues comme le symbole de la misère des populations pauvres du littoral, et cette misère devait être combattue. D'où les travaux de fixation de grande ampleur qui suivirent en France la signature du décret impérial du 14 décembre 1810.

Au milieu du 19^{ème} siècle, l'esprit du moment en Belgique était qu'il n'existerait aucune parcelle de sol improductive et qu'il faudra que toute la Belgique ne soit qu'un jardin. Une décision importante amena les autorités à déterminer la quantité et la répartition des terres non cultivées en Belgique et

à fournir l'encouragement législatif, financier et pratique pour leur mise en valeur rationnelle à des fins agricoles ou forestières. Ce programme s'inscrit dans un ensemble plus vaste de mutations agricoles entre 1750 et 1900, ce qu'attestent la recherche de terres et la récupération de terres sauvages, incultes dans de nombreuses régions européennes. La hausse du prix des céréales s'est ajoutée aux programmes d'aménagement de plusieurs gouvernements pour stimuler le développement agricole. Comme c'était le cas dans beaucoup d'autres parties de l'Europe, les propriétaires individuels se sont généralement enthousiasmés pour récupérer les friches et en tirer le profit maximum, mais les communautés villageoises étaient souvent hostiles à une telle idée car elles voulaient maintenir l'exactitude de leurs anciens droits communaux.

Un droit communal important dans les dunes était le pâturage. Dans un compte rendu de l'ingénieur-chef d'état des Pays-Bas (Waterstaat van Nederland) (1828) il y avait 853 têtes de bétail (240 vaches, 51 chevaux, 112 ânes de 450 moutons) dans les dunes entre Nieuport et La Panne (De Smedt 1961). Cela signifie une densité d'environ 1 tête de bétail par 2 à 3 ha. Mais, dans les dunes bordières mobiles à oyat, le pâturage était interdit. Le pêcheur-agriculteur moyen avait seulement 1 ou 2 vaches (Bortier 1848, Coornaert 1974). Dans les pannes il essayait à faire du foin suivi par une période de pâturage. Le pâturage ovin permettait aussi le fumage en utilisant la méthode des parcs périodiquement déplacés. C'était p.ex. le cas à Nieuport où ces parcs sont placés sur les champs des polders.

A la fin du 19^{ème} siècle la pression agricole sur le paysage dunaire est donc très élevée et détermine fortement le développement de la végétation. Les photos de paysages célèbres du professeur Jean Massart dès le début du 20^{ème} siècle (1908 Massart a & b) montrent principalement des paysages de dunes sans arbuste ou arbre. Par contre on y voit surtout des dunes grises à mousses et lichens et des pelouses.

De nombreux habitants locaux trouvent des moyens de subsistance dans une association des activités de pêche et d'agriculture. Dans les alentours de leur maison, ils aplanissaient les dunes pour la culture du seigle et pommes de terre (Termote, 1992). Avant la guerre de 1914 certaines parties dunaires ont été boisées p.ex. en 1903 le Calmeynbos à De Panne (Berquin 2012). A Ghyvelde une plantation de 3 600 pins a ainsi été réalisée. Cet espace est encore appelé par les habitants "la Dune aux Pins". Durant le second conflit mondial, ils furent abattus par les Allemands pour en faire des pieux "Rommel" qui faisaient partie du Mur de l'Atlantique.

La première guerre mondiale limite le pâturage dans les dunes. Les traces de celle-ci sont encore bien visibles dans plusieurs sites dunaires, entre autres des puits d'eau potable en briques, mais elles ne sont nulle part aussi claires que dans les dunes « anciennes » de Cabour à Adinkerke, ou p.ex. les polypodes vulgaires y marquent les tranchées, les bosquets de saules y poussent massivement sur le champ de tir. Par contre les dunes grises à mousses et lichens et des pelouses rases marquent les sols non perturbés, décalcifiées et lessivés (Zwaenepoel et al. 2008).

La construction du mur de l'Atlantique dans la seconde guerre mondiale a laissé aujourd'hui également des traces toujours visibles. De nombreuses casemates sont encore en place tout le long du tracé du mur qui est surtout représenté par des batteries d'artillerie autour desquelles se développent des défenses plus légères. Certaines ont été restaurées ou abritent des panneaux d'informations ou sont devenues des points de vue. Au début de cette guerre le rivage entre Dunkerque et Bray-dunes fut le théâtre de l'opération Dynamo qui permit de ramener en Grande-Bretagne environs 340.000 combattants (dont 123.000 Français) encerclés dans la poche de Dunkerque.

Augmentation de la pression humaine sur l'écosystème, l'essor du tourisme

Avec le développement des transports ferroviaires puis automobiles, la mode des bains de mer se développe ensuite à la fin du 19^{ème} siècle (fig.1.4). P.ex. dès 1900, un groupe de la région lilloise (Roubaisiens) a été attiré par le charme des dunes de Zuydcoote. Avec divers propriétaires du Nord de la France, ils ont conçu le projet d'y créer une plage modeste et familiale. Les nouvelles stations balnéaires vont rencontrer un beau succès, et la tendance va s'accélérer avec les congés payés.

La découverte des bienfaits de l'air iodé sur les tuberculeux, maladie mortelle à l'époque, a encouragé Mr Vancauwenberghe, homme d'affaire industriel dans la filature, à construire un nouveau sanatorium à Zuydcoote. Au printemps 1902 commença les premiers travaux. Le bâtiment, inauguré en 1910, est d'une architecture imposante et remarquable. En même temps est inaugurée également la Ferme Nord, ferme ultra moderne à l'époque qui devait fournir la plupart des besoins alimentaires du Sanatorium. En 1914, Zuydcoote se trouvait à l'arrière du front de l'Yser. L'hôpital est mis à la disposition du service de santé de l'armée alliée. Par trains entiers, le front y envoya les blessés du champ de bataille. Les mêmes scénarios se déroulent aussi à Ghyvelde, Cabour, La Panne.

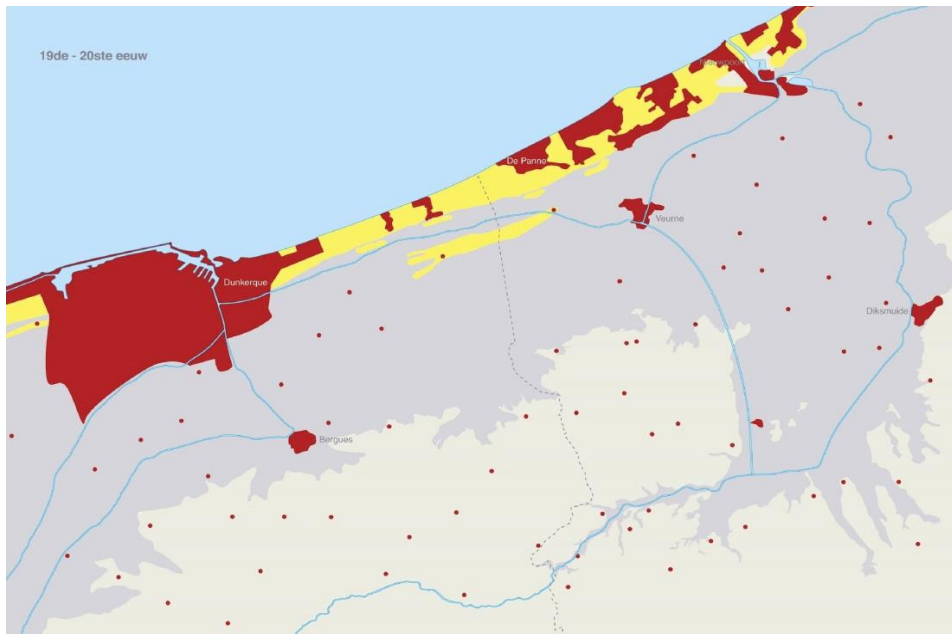


Fig. 1.4. Paysage au cours du 19-20^{ème} siècle. Après la seconde guerre mondiale l'urbanisation (rouge) caractérisait le développement touristique de la côte. Suite à l'urbanisation le vaste massif dunaire est physiquement fragmenté.

Apparus en France le 20 juin 1936 et en Belgique dès le 8 juillet suivant, les congés payés sont une innovation sociale majeure. Destinés à améliorer les conditions de vie des salariés et à faciliter l'accès des masses populaires au tourisme, aux sports et de manière générale aux loisirs, les congés payés ont permis le développement soudain de tout un secteur économique, le tourisme de masse. L'existence des congés payés a également encouragé progressivement la création des stations balnéaires. L'architecture balnéaire née au 19^{ème} siècle est l'occasion d'introduire de nouveaux styles architecturaux par des architectes qui peuvent y libérer leur créativité et manifester le goût de leurs commanditaires pour la fantaisie et la diversité du courant éclectique et pittoresque avec notamment un usage intensif des styles dits « néo ». C'était p.ex. le cas à La Panne, Sint-Idesbald (Coxyde), Nieuport, Bray-Dunes, Zuydcoote, Leffrinckoucke.

Après la seconde guerre mondiale l'urbanisation se caractérisa par l'évolution des activités touristiques c.-à-d. d'un tourisme résidentiel élitiste vers un tourisme de masse basé sur la construction d'immeubles à appartements le long de la côte et la création de vastes terrains de campings plus à l'intérieur des terres (Constandt 1986). Des effets associés avec le tourisme de masse étaient la nécessaire croissance des besoins d'assainissement d'eau potable et d'infrastructures, notamment de transport, répondant aux besoins de déplacement de la population résidente et saisonnière. L'augmentation de la production d'eau potable causa un abaissement du niveau de la nappe phréatique sous les dunes avec des effets néfastes pour la biodiversité des milieux humides dans les dunes.

La pression touristique menace aussi les dunes embryonnaires: directement par les touristes même qui piétinent ces petites dunes et par l'impérative propreté des plages pour le tourisme balnéaire qui conduit à la destruction systématique des laisses de mer.

Enfin la fréquentation touristique perturbe parfois la fonctionnalité écologique de certains milieux p.ex. les oiseaux nicheurs comme la sterne naine, et le gravelot à collier interrompu ont disparu à cause des dérangements liés à la fréquentation des sites de reproduction comme l'estran et des zones de sables nus par des touristes (Lippens 1954, De Putter & Orbie 1990).

Caractérisé par une très forte pression touristique et notamment son développement sur la frange littorale, l'espace littoral a vu nombre de ses milieux naturels disparaître notamment avec l'extension de l'agglomération dunkerquoise et son vaste complexe industrialo-portuaire mais aussi dans les stations balnéaires. Les vastes massifs dunaires se sont fragmentés et se trouvent encerclés de zones urbanisées (fig 1.4). Les dunes restantes subsistent comme reliques d'un paysage semi-naturel avec une biodiversité remarquable, des espèces souvent menacées ou en voie de disparition. La fragmentation écologique peut induire l'insularisation, dont les effets peuvent être encore exacerbés par les effets du dérèglement climatique.

La végétation change significativement pendant le 20^{ème} siècle et contribue à modifier en profondeur le paysage dunaire. D'un paysage caractérisé par une végétation basse au début du 20^{ème} siècle, on passe à un paysage vert et boisé à la fin du 20^{ème} siècle.

Au début de la seconde moitié du 20^{ème} siècle, des espèces introduites (dites parfois exotiques) dans les jardins et les espaces verts publics, conduisent également à la fermeture progressive du paysage. Aussi ce processus contribue à la disparition partielle de la biodiversité caractéristique des dunes.

1.2. Climat

1.2.1. Généralités

Le climat détermine la zone d'extension des espèces et les perturbations naturelles (feux, ensablement, érosion, etc.). La zone côtière affiche un gradient macroclimatologique d'est en ouest et de la mer vers les polders.

La grande diversité de paysages contribue à son tour à une grande variété de conditions mésoclimatiques et microclimatologiques. Le mésoclimat comprend des valeurs moyennes de température, d'humidité de l'air et de précipitations par exemple, qui déterminent la présence d'organismes vivants dans une région du point de vue de leurs tolérances physiologiques et phénologiques. Le microclimat influence les caractéristiques de l'habitat et, par conséquent, est d'une importance cruciale pour la diffusion locale des organismes sur base de leurs exigences d'habitat. Ce ne sont pas tant les moyennes mais surtout les extrêmes, les fréquences et la durée (Barkman & Soutjesdijk 1987) qui comptent. L'embroussaillage, le boisement et l'assèchement réduisent les extrêmes et diminuent donc la variation microclimatologique.

Le territoire concerné par l'étude connaît un climat océanique tempéré avec des hivers et des étés relativement doux et des précipitations pendant toute l'année. Le climat côtier se distingue de celui de l'intérieur des terres par des hivers plus doux, une plus grande humidité atmosphérique et un vent plus fort.

Comparativement à l'intérieur des terres, la température moyenne de l'air à la côte est supérieure pendant les mois d'octobre-février et inférieure de mai à juillet. L'influence de la mer du Nord se fait sentir jusqu'à 30 à 40 km à l'intérieur des terres (Alexandre et al. 1992) et limite également l'amplitude des variations de température quotidiennes.

1.2.2. Température et humidité de l'air

La température moyenne de l'air à la station de surveillance de Coxyde entre 2005 et 2015 s'élevait à 10,6 °C ; elle était de 11,7 °C (tableau 1.1) à Dunkerque (2003-2012).

C'est surtout la période de gel qui joue un rôle pour la survie des organismes. Sur le littoral Belge, on n'enregistre que 45 jours de gel en moyenne tandis qu'à l'intérieur des terres, on atteint facilement le double ou le triple (Ampe 1996). Diverses espèces avec un modèle de diffusion atlantico-méditerranéen affichent de ce fait un caractère côtier manifeste au nord de la zone. Nous pouvons citer par exemple l'escargot, le caragouille des dunes (*Ceriuella spec.*) et les trachéophytes tels que l'euphorbe maritime, la criste marine, le pavot jaune des sables et le lepture droit.

L'humidité de l'air est supérieure et affiche une plus faible amplitude sur le littoral qu'à l'intérieur du pays. Les variations sont étroitement liées à la température de l'air. Des minimas d'humidité de l'air relative apparaissent pendant les mois d'avril et mai, donc avant d'atteindre les températures maximales. Cela peut s'expliquer par le retard du réchauffement de l'eau de mer par rapport au réchauffement de la terre, ce qui entraîne une plus faible évaporation au-dessus de la mer et une plus faible quantité d'humidité apportée par les courants d'air marins (Sneyers & Vandiepenbeeck 1995).

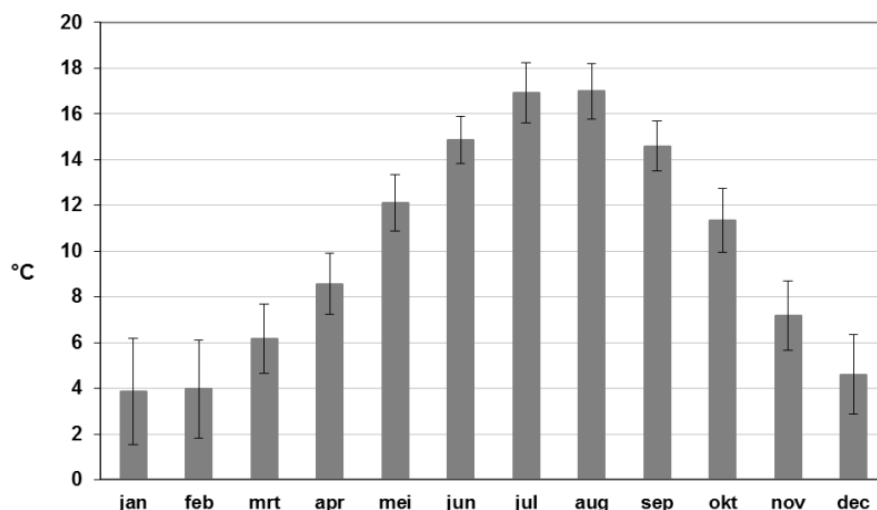


Fig. 1.5. Température mensuelle moyenne pour la station de surveillance de Coxyde (période 2005-2010).

Moyenne	Coxyde	Uccle (B)	Dunkerque	Lille (F)
Précipitations (mm)	748	782	655,6	742,5
Temp. (C°)	10,6	11,0	11,7	10,8

Tableau 1.1. Comparaison de quelques données macroclimatologiques pour la zone de projet et de 2 stations à l'intérieur des terres sur base de la période 2005-2015 (Belgique), 2003-2013 (France).

1.2.3. Précipitations

La quantité de précipitations contribue à déterminer l'humidité du sol, l'un des facteurs géographiques cruciaux pour la repartition des plantes. Les biotopes en sont influencés indirectement par le biais du régime phréatique.

La quantité de précipitations à la côte est inférieure à celle à l'intérieur du pays.

Les quantités de précipitations mensuelles moyennes varient entre 42 et 80 mm dans la zone du projet. Avril est le mois le plus sec et novembre le plus humide.

Globalement, la durée des précipitations sur le littoral est plus courte et les éclaircies apparaissent plus rapidement qu'à l'intérieur des terres. Comparativement aux stations de surveillance à l'intérieur du pays (Bruxelles et Lille), Coxyde et Dunkerque affichent les plus petits totaux mensuels, sauf en septembre et octobre. Pendant ces mois apparaissent des perturbations automnales qui peuvent entraîner énormément de précipitations. La température de l'eau de mer est alors encore relativement élevée si bien qu'il se forme plus facilement des averses sur la mer et à la côte qu'à l'intérieur du pays (Landuyt & Schietecat 1992).

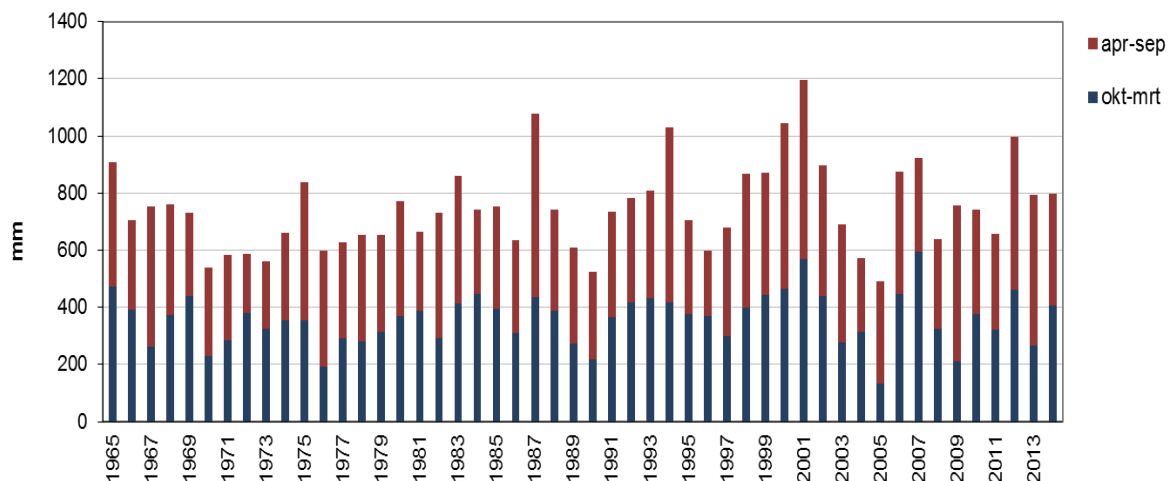


Fig 1.6. Précipitations annuelles moyennes avec distribution des précipitations sur le mois d’avril à septembre et octobre-mars. Depuis les années 1980 des extrêmes deviennent plus fréquents (station de surveillance de Coxyde).

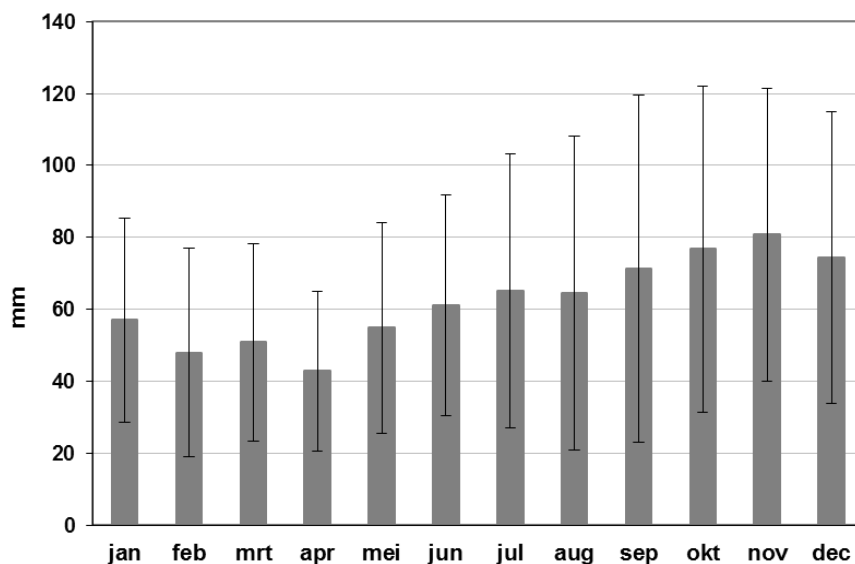


Fig. 1.7. Précipitations mensuelles moyennes (1965-2014, station de surveillance de Coxyde).

1.2.4. Vent

Les vitesses maximales moyennes du vent sont mesurées à proximité de la mer. Plus on pénètre à l’intérieur du pays, plus ces vitesses diminuent. Les données de mesure pour Coxyde montrent clairement un gradient saisonnier de la vitesse moyenne du vent (Figure 1.8). Pendant les mois d’été, une vitesse de vent moyenne de 13,2 m/s est mesuré tandis que ceci s’élève à 17,7 m/s pour les mois d’hiver.

Le vent de sud-ouest dominant apporte des minéraux (surtout des chlorures) de la mer (embruns). La fréquence et la force variables des tempêtes peuvent influencer directement le transport éolien et la dynamique géomorphologique.

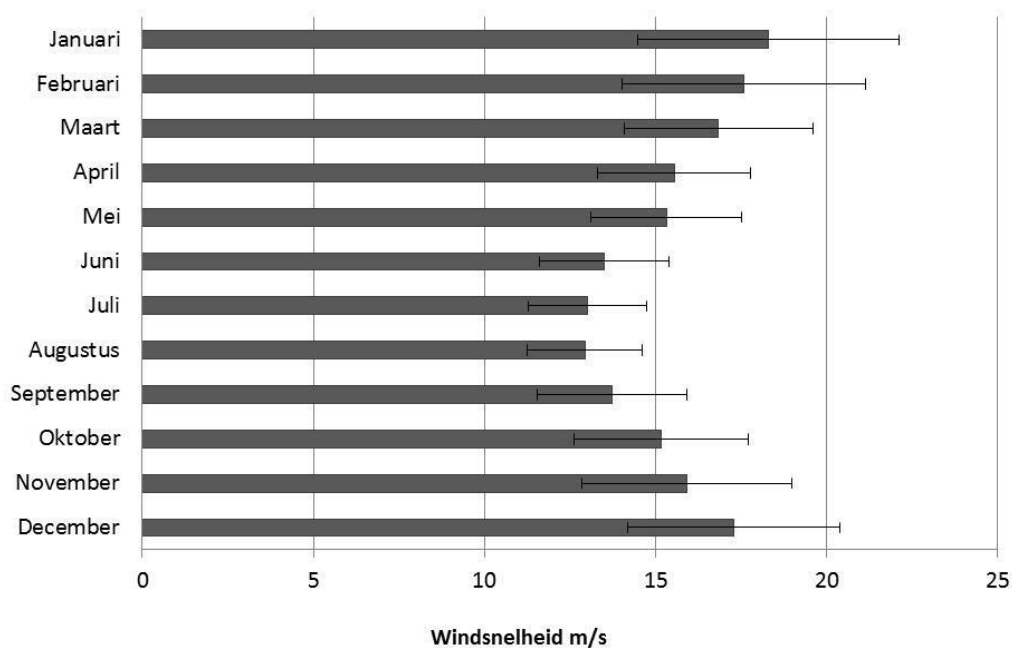


Fig. 1.8. Les vitesses moyennes du vent (windsnelheid m/s) pour les mois indiqués entre 1983-2014 (station de surveillance de Coxyde).

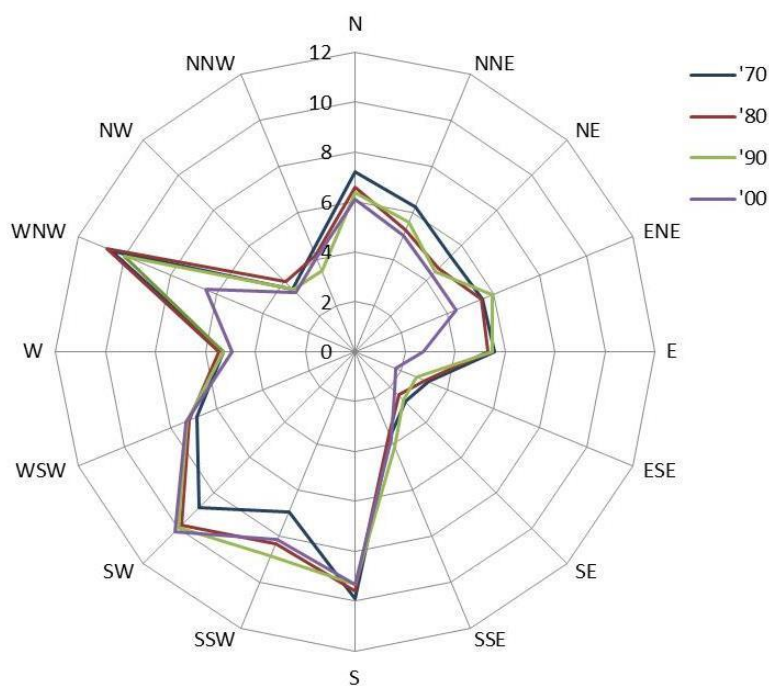


Fig. 1.9. Rose des vents pour la station de surveillance de Coxyde, indiquant les fréquences de force du vent (0-12 Beaufort) pour chaque direction de vent et pendant la période d'observation indiquée (1970-2010). Les valeurs inférieures pour les pics dans la dernière décennie ('00) est purement en raison de la proportion plus élevée de jours sans mesure dans cette période.

1.2.5. Évapotranspiration et bilan hydrologique

L'évapotranspiration constitue un élément essentiel du bilan hydrologique d'un espace naturel (voir hydrologie). C'est la somme de l'évaporation du sol, de l'eau libre ou de la couverture végétale (évaporation) et de l'émission de vapeur d'eau par la respiration des plantes surtout (transpiration).

L'évapotranspiration est influencée notamment par les conditions du terrain en combinaison avec les facteurs météorologiques la température, l'humidité de l'air et la vitesse du vent. Il y a lieu de distinguer l'évapotranspiration réelle qui affiche une grande variation dans le temps et dans l'espace et 'l'évapotranspiration potentielle' à partir d'une surface dans des conditions météorologiques actuelles, mais pour une alimentation en eau illimitée à partir du sol. Les calculs de cette évapotranspiration potentielle à l'IRM (Uccle) se font selon une méthode Penman-Monteith modifiée qui tient compte de différentes variables météorologiques (température, pression de l'air, nuages, humidité de l'air), du rayonnement solaire et des caractéristiques de la végétation (Bultot et al. 1983). Le ETP s'exprime donc toujours par rapport à un type de végétation déterminé; à l'IRM, c'est 'l'herbe'. Le ETP moyen à Coxyde s'élevait à 612mm dans la période 1967-1986 (Ampe 1996). A base d'une longue suivi lysimétrique (1941-1997) à Castricum, dans les dunes de Hollande-Septentrionale, Van der Hoeven (2011), donne les chiffres suivants :

- Sable nu : 200 mm (infiltration de 75 %)
- Fourrés et forêt décidue: 500-600 mm (infiltration de 30 à 40 %)
- Forêt de conifères : 700 mm (infiltration de 15-20 %).

1.2.6. Microclimat

Les facteurs microclimatologiques importants écologiquement sont la température de l'air et du sol ainsi que l'humidité de l'air. Elles affichent un fort gradient de la mer vers la terre et dépendent fortement du relief. La combinaison d'une température très tempérée et d'une humidité de l'air élevée confère surtout à la dune bordière un caractère très particulier du point de vue écologique (voir dunes à oyats).

Ces dunes au relief riche voient apparaître de fortes différences dans le développement de la végétation entre les pentes exposées au nord et au sud. Sur les pentes sud, le rayonnement solaire est perpendiculaire, ce qui permet d'atteindre des températures élevées (jusqu'à 50 °C, Provoost 2004) et d'assécher fortement le sol. Le développement de la végétation démarre donc très lentement.

La présence de sable aride est un facteur écologique spécifique des sites dunaires. Il assure la sécheresse extrême caractéristique et l'alternance entre des températures élevées en journée et basses la nuit (figure 1.10). Les températures élevées sont importantes pour la thermorégulation des organismes et notamment pour le développement de nombreux insectes (Van Oosten et al. 2008).

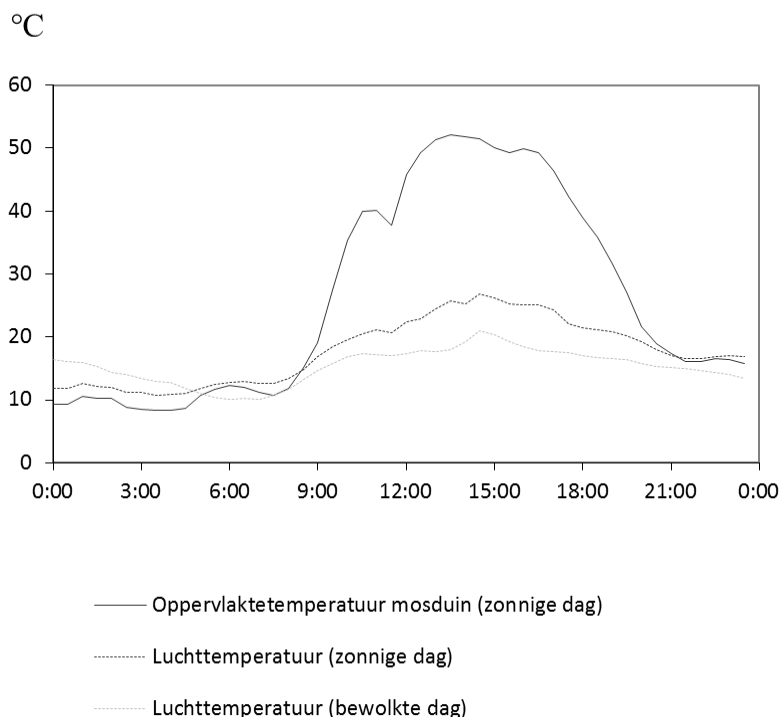


Fig. 1.10. Différences de température locales à hauteur d'une dune grise (oppervlakttemperatuur mosduin : température au niveau de la dune grise, luchttemperatuur (zonnige dag): température d'air par une journée ensoleillée resp. bewolkte dag : une journée nuageuse) (Provoost 2004).

1.2.7. Changement climatique

La température moyenne à la surface de la terre en Europe a augmenté de 1,3 °C pendant les années 2002-2011 par rapport à l'ère préindustrielle, ce qui en fait la décennie la plus chaude jamais mesurée. Les 16 années les plus chaudes depuis le début des mesures météorologiques viennent après 1989 (Coninx et al. 2012). Au station de surveillance de Coxyde il est 1,5 °C plus chaud sur une période de 50 ans (Figure 1.11).

Au cours de la décennie passée, on a également noté des pluies les plus intenses, surtout en hiver (Ntegeka & Willems 2008). Pendant les étés en revanche, on constate moins de précipitations avec un nombre plus élevé de journées de chaleur.

Les mesures à Coxyde montrent que la quantité de précipitations annuelle dans la région d'étude au cours des 50 dernières années a augmenté. Il s'agit clairement d'un affichage de la moyenne sur plusieurs années (Figure 1.12). Cette augmentation est plus importante pour l'hiver que pour l'été, ce qui indique une amplitude accrue des fluctuations de précipitations. Sur la base de données pour Coxyde, cependant, cette augmentation n'est pas significative (pour l'instant ?).

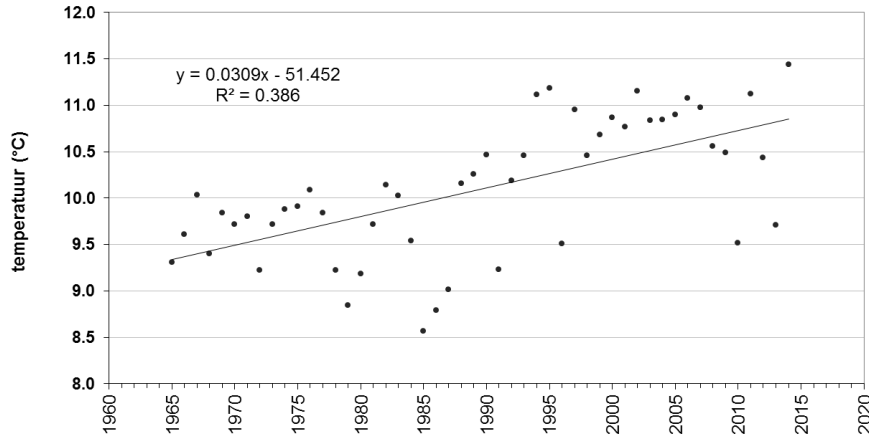


Fig. 1.11. Sur une période de 50 ans, la température a augmenté de 1,5 °C (station de surveillance de Coxyde).

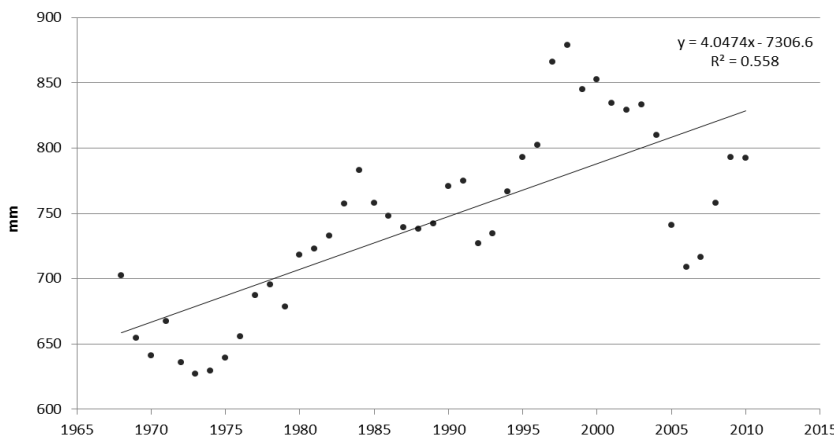


Fig. 1.12. Moyenne sur 8 ans. Il pleut plus et la variation augmente (station de surveillance de Coxyde).

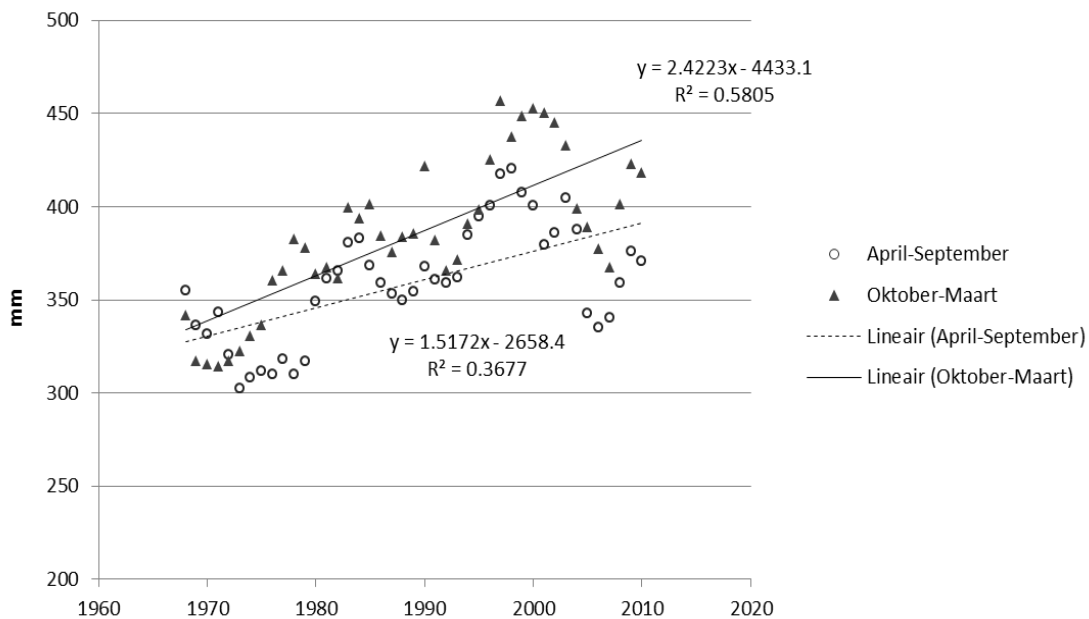


Fig. 1.13. Précipitations moyennes pour les mois avril-septembre et octobre-mars (station de surveillance de Coxyde). Au cours des dernières décennies la précipitation a augmenté alors que l'on constate de plus en plus de pluie dans les mois d'octobre -mars que dans les mois d'avril-septembre. La différence entre ces périodes semble être en augmentation.

Les changements climatiques influenceront les espèces et écosystèmes au travers de différentes chaînes de processus (Van der Aa et al. 2015). Pour les espèces, on s'attend à des changements / effets dans :

- les modèles de diffusion : par ex. des espèces méditerranéennes (guêpier, libellule écarlate, etc.) sont plus fréquemment observés ; en mer, le cabillaud et d'autres espèces de poisson migrent vers le nord ;
- la phénologie ;
- la prolifération d'espèces invasives.

Le changement climatique peut avoir également des conséquences indirectes pour la biodiversité. Une modification des précipitations conduira à un nouvel équilibre hydrologique, dans lequel les niveaux réelles des pannes dunaires peuvent être trop élevés ou trop bas provoquant des changements drastiques dans la végétation.

Le changement de force et la fréquence des tempêtes peut avoir un impact majeur sur les dynamiques géomorphologiques côtières. Il est très probable que la forte fixation de la dune centrale (dit « Sahara ») au Westhoek est en raison des précipitations extrêmement élevée dans les années 2000-2001 (Provoost et al. 2011 b).

Une augmentation des précipitations, en particulier des extrêmes au cours des dernières décennies, comme nous le constatons, peut stimuler la fixation des dunes. En revanche, l'augmentation de la fréquence de la tempête peut stimuler la dynamique des dunes (la mobilisation du sable). C'est pourquoi certains scientifiques posent des question vis-à-vis les plans pour la re-mobilisation des sables dunaires (voir, par exemple, Clarke & Rendell 2009).

1.3. Géomorphologie

1.3.1. Généralités

La géomorphologie de la zone côtière a été observée sur une large période dans le chapitre consacré à 'l'évolution du paysage'. Aujourd'hui, de grandes parties des espaces concernés par l'étude sont 'fossilisées' géomorphologiquement, surtout par l'action de l'homme. La morphodynamique s'accomplit à présent dans un système sédimentaire d'un seul tenant qui s'étend de l'estran jusqu'aux dunes les plus avancées. La disponibilité de sédiments peu denses forme la base de ce système. Côté mer, l'érosion et la sédimentation sont surtout déterminées par les vagues et courants marins tandis que la conjonction du vent et de la végétation régit la morphodynamique dans les dunes. La plage constitue une charnière entre les deux composantes. La plage et les dunes avec des sédiments sableux caractérisent des bandes côtières exposées soumises à de fortes houles. Aux endroits protégés de la côte, des sédiments fins peuvent également se déposer et former des vasières intertidales et des prés salés intertidaux. Dans la zone étudiée, cela se produit surtout dans l'estuaire de l'Yser (IJzermonding). Dans une moindre mesure, on a également constaté respectivement depuis la seconde moitié des années 1990 et au début du siècle présent un dépôt de matériau limoneux dans les entrées de mer de la Dune du Perroquet et du Westhoek.

Les mesures publiées dans Houthuys (2012) par l'Agentschap voor Maritieme Dienstverlening en Kust montrent que la quantité totale de sédiments dans la zone côtière a augmenté de près de 5,7 millions de m³ à partir de -20 m DNG jusqu'à la limite des dunes bordières les plus avancées au cours des deux décennies précédentes. Environ trois quarts de ce volume proviennent des remblais de sables sur le haut de plage ou - dans une moindre mesure - sur l'estran. Ceci est en contraste avec la partie orientale de la côte Belge caractérisée par un processus érosif. Pour la côte Française seul des données pour l'estran et les dunes côtières sont disponibles (Crapoulet 2015). Ici, nous voyons pour la période 2008-2014, une augmentation globale de 326 000 m³. Cela revient à 7,9 m³ par mètre de côte par an. Pour le côté Belge, nous arrivons à des chiffres similaires pour l'estran et les dunes de 8,1 m³. m⁻¹. a⁻¹.

1.3.2. Processus marins

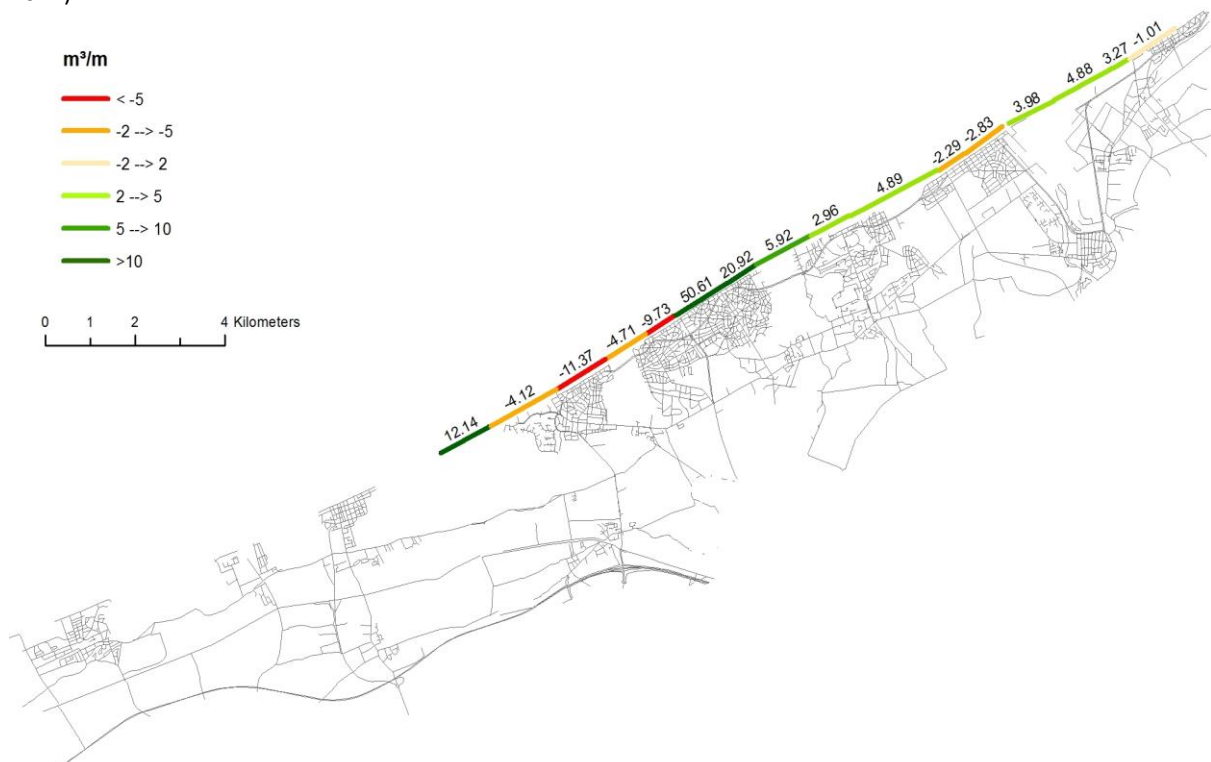
Le transport marin des sédiments est surtout provoqué par les courants marins. L'érosion et la sédimentation sont influencées par la force et la direction de ces forces hydrodynamiques, mais la morphologie du fond marin joue aussi un rôle à cet égard (Fettweis & Van den Eynde 2003). Les courants les plus importants sur notre côte sont déterminés par les marées. Elles sont responsables du transport des sédiments de et vers le littoral, mais aussi le long de notre côte. Leurs principales composantes sont un courant de marée orienté nord-est et un courant de jusant orienté sud-ouest. Du fait de l'asymétrie du mouvement des marées, il y a un transport longitudinal résiduel (parallèle au littoral) en direction du nord-est (De Moor 2006). Cela explique la forte accrétion de sable côté ouest des jetées et épis de notre côte. La dynamique des sédiments dans l'estuaire de l'Yser est fortement influencée par la courbe asymétrique des marées. Du fait de vitesses de flux plus élevées lors du flot de marée que lors du jusant, il entre plus de sédiments qu'il n'en sort. Ce phénomène est indiqué par le terme 'tidal pumping'.

Au cours des décennies précédentes, l'estran a adopté de plus en plus un caractère érosif sur pratiquement toute la ligne côtière. L'érosion se situe essentiellement au pied de l'estran, à savoir dans la zone où l'estran escarpé se continue par des petits fonds marins plus plats.. La zone érosive se situe encore sur l'estran et pas au niveau des petits fonds. Il est possible que cette tendance à l'érosion soit associée à la déclivité supérieure de la zone de l'estran. La zone à hauteur des longs

épis de plage à Coxyde (Ster Der Zee) où l'estran augmente fortement constitue une exception (Houthuys 2012 ; Janssens et al. 2013).



Fig. 1.13. Budget sédimentaire du fond marin (jusqu'à -20 m) pour la période 1994-2011 (selon Houthuys 2012).



Figur 1.14. Budget sédimentaire du rivage marin pour la période 1994-2011 (selon Houthuys 2012).

1.3.3 Vasières intertidales et prés-salés

Les vasières et les prés-salés sont régulièrement inondés par l'eau de mer, ce qui favorise l'érosion ou le dépôt de sédiments apportés par la mer. Le sable ne peut rester en suspension que lorsque la vitesse du courant est élevée et se dépose dans les parties plus dynamiques des zones intertidales telles que les chenaux, les criques ou les zones de plages. Dans ces zones, la fraction de vases reste en suspension. Il se dépose dans les parties les plus calmes, ce qui contribue progressivement au développement des vasières. Une certaine stabilité des sédiments est nécessaire pour que les plantes s'installent. Elles vont à leur tour stimuler la sédimentation conférant ainsi également à la géomorphodynamique une composante biotique. Les espèces principales concernées sont la spartine anglaise, la soude maritime, la puccinelle maritime et la salicorne. Il s'agit d'espèces qui apparaissent jusque sous la ligne d'eau basse moyenne et supportent donc l'inondation quotidienne par l'eau de mer. Si des limons supplémentaires s'accumulent encore, la fréquence des inondations diminue et d'autres espèces pourront s'installer.

Les vasières et les prés-salés de l'IJzermonding se sont fortement étendus avec l'exécution du programme de restauration naturelle de ce secteur dès 2001-2003. La géomorphodynamique de la zone est déterminée en grande partie par ce projet. Au cours des premières années après les travaux, de grands changements sont apparus jusqu'à ce qu'une sorte d'équilibre soit atteinte. Cependant, des parties de ce secteur sont sans végétation bien qu'elles aient une altitude favorisant le développement de la végétation. La dynamique des sédiments, provoquée par les courants selon la modélisation, est connue pour être trop élevée.

1.3.4. La plage : charnière entre la mer et la dune

La plage forme la zone de transition entre la mer et les dunes et se caractérise par sa propre dynamique. Les vagues constituent un élément important à cet égard.

Grâce à la combinaison de l'action des vagues et des courants de la marée, un transport des sédiments marins longitudinal puissant apparaît également le long de la plage. Les courants de la marée déplacent ces sédiments tant vers la France (flot) que vers les Pays-Bas (jusant). Le jusant est plus fort que le flot et finalement, plus de sédiments est déplacés vers le nord-est. Par ailleurs, le transport de sable sur la plage possède également une composante éolienne importante. Dans le cas d'une haute-plage suffisamment rehaussée, le sable peut sécher et il peut alors être transporté de façon éolienne (De Moor 2006).

L'apport de sédiments vers la plage et les différentes composantes de transport entraînent un profil de plage spécifique. Un budget sédimentaire positif donne lieu à une large plage avec une pente douce tandis qu'une plage érosive affiche un profil abrupt.

Globalement le budget sédimentaire de l'estran et des dunes côtières dans la zone d'étude est positif. L'estran moyen à la hauteur de la station balnéaire de la Panne est caractérisée par une forte érosion (figure 1.15) qui se produit également au niveau du rivage marin (figure 1.14). Cette zone coïncide avec la fin du chenal "Het Potje" (Janssens et coll. 2013). La forte accumulation de sédiments sur la plage à la hauteur de Coxyde-Bad et à Lombardsijde est expliquée par une intervention humaine, d'une part, la construction de 2 brise-lames à Coxyde en 1986-1988, et d'autre part, Le rechargement de la plage avant l'embouchure de l'Yzer.

La tendance au niveau du haut de plage et des dunes côtières est forte en parallèle. Nous voyons une accumulation remarquablement forte au niveau des zones où la formation des dunes (embryonnaires) a lieu: à la hauteur du Perroquet – Westhoek, les « Zeebermduinen », Nieuwpoort-Bad et Westende. La plage et les dunes à la hauteur de la « Schipgat » sont soumises à une érosion forte.

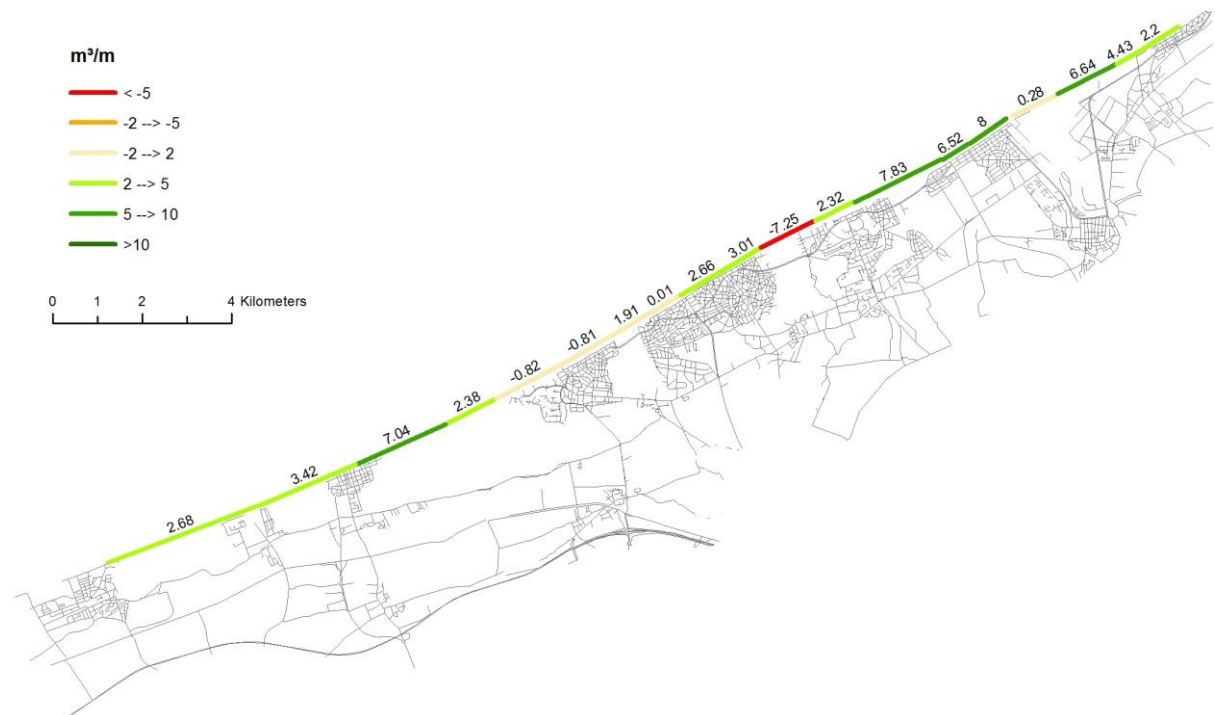
La plage sèche induit souvent une forte tendance sédimentaire au pied de la digue ou de la dune. Cela se passe aussi bien dans des zones où se produisent régulièrement des rechargements de plage que dans les régions où il n'y a aucune influence humaine. Les plages dotées de haies de ganivelles sont soumises à une forte sédimentation. Sur la plage humide, on note très peu de sédimentation. La tendance à la sédimentation de la dune et de la plage se fait généralement dans le même sens, sauf s'il y a eu un apport à grande échelle, comme entre Bredene et Wenduine (Houthuys 2012).



Fig. 1.15. Budget sédimentaire de l'estran moyen pour la période 2008-2014 (la France) 1994-2011 (la Belgique) selon Crapoulet (2015) et Houthuys (2012).



Fig. 1.16. Budget sédimentaire du haut de plage moyen pour la période 2008-2014 (la France) 1994-2011 (la Belgique) selon Crapoulet (2015) et Houthuys (2012).



Figuur 1.17. Budget sédimentaire des dunes côtières pour la période 2008-2014 (la France) 1994-2011 (la Belgique) selon Crapoulet (2015) et Houthuys (2012).

1.3.5. Dynamique éolienne dans les dunes

Le transport de sable éolien se fait selon trois mécanismes selon lesquels la vitesse critique du vent se situe autour de 4,5 m.s⁻¹ pour la saltation (transport de sédiment). Pour la reptation et la suspension, les vitesses critiques sont inférieures (Bagnold 1941). Klijn (1981) considère la saltation comme le mécanisme de transport éolien le plus important. Bagnold (1954) a constaté expérimentalement que le mouvement du sable n'était possible qu'à une vitesse du vent supérieure à 4 m/s et que ce transport était proportionnel à la vitesse portée à la puissance trois.

La formation de nouvelles dunes est actuellement limitée aux dunes côtières. Dans le cas d'un budget sédimentaire positif des dunes embryonnaires peuvent se développer sur le haut de plage et devenir des dunes mobiles (voir le développement de la végétation). A cause d'une forte accumulation de sable, la dune cotière peut s'étendre vers la mer. L'accumulation provoque d'abord un large estran, presque plat. Sur cette plage se développe parallèlement à la côte des dunes embryonnaires qui peuvent devenir des nouvelles dunes côtières. La plage située entre ce nouvelle et l'ancienne bande de dunes est coupée de la mer et se développe vers une zone marécageuse alimentée en eau douce provenant de la nappe phréatique. Ce processus est une formation dite primaire, dans le sens où ces dunes échangent des sédiments avec la plage (De Ceunynck, 1992). Dans le développement du paysage côtier les dunes constituant le système des dunes primaires en particulier ont joué un rôle dans la formation des « dunes anciennes ». Actuellement ce processus ne se passe plus dans la zone d'étude. Le mécanisme est encore à voir à la hauteur de la plage d'Oye (Anthony et al., 2010) ou dans la baie de Heist.

On appelle dunes secondaires des formations issues du remaniement éolien de dunes primaires. Ces remaniements ont souvent pour origine une dégradation du couvert végétal, naturelle ou anthropique, qui relance la dynamique éolienne.

Ainsi, de grandes masses de sable peut commencer à progresser vers l'intérieur des dunes. Cet apport de sable vif provoque la mortalité d'une partie de la végétation, qui ne supporte pas l'ensablement. On dénombre ces dunes « marchantes » ou « pourrières ». L'émergence de ces dunes marchantes est généralement liée aux périodes de forte érosion dans lesquelles du sable devient disponibles pour des mouvements intérieurs. Ainsi, le développement des Jeunes dunes est expliqué par une érosion de formations dunaires antérieures (Klijn, 1990).

Une autre explication de l'origine des dunes est les activités humaines telles que l'abattage des buissons, la récolte d'oya et le surpâturage. Il n'est pas clair comment les systèmes les plus récents des dunes marchantes à la côte ouest (La Panne et Oostduinkerke) se sont développés exactement. Sur les cartes des dunes de 1877 sont sans doute des dunes mobiles à voir qui se trouvent relativement proche de la mer. Cela peut soutenir l'hypothèse selon laquelle il y a eu lieu un déplacement continu du sable de la plage vers l'intérieur des dunes.

1.3.6. Carte géomorphologique

La partie marine de la zone d'étude comprend principalement les bancs côtiers occidentaux, les plus proches de la côte étant Hills Bank, Trapegeer, Broersbank et Den Oever. Les systèmes de chenaux correspondants sont le Potje et le Westdiep. La profondeur de l'eau dans la zone des bancs côtiers varie de -15 m dans les chenaux à 0 m (moyenne marée basse - marée de vive-eau) sur les bancs les moins profonds. En raison de sa faible profondeur, le fond marin est fortement soumis aux forces hydrodynamiques, et des structures dunaires sableuses de différentes dimensions se créent en plus de la morphologie à grande échelle.

Les sédiments superficiels sont dominés par du sable (modérément) fin avec une granularité plus grossière se marquant clairement dans les zones peu profondes. Les bancs de sable sont les plus grossiers et sont souvent caractérisés par la présence de morceaux de coquilles. Les sédiments des chenaux présentent un pourcentage de boues plus élevé. La diversité et la complexité des fonds marins sont responsables de la grande diversité biologique et de la richesse de la région.

Plage

La plage sous-marine est l'unité géomorphologique (semi-)terrestre la moins dégradée de la zone d'étude. Mesurée à partir de la laisse de basse mer moyenne jusqu'à la laisse de pleine mer moyenne (4,4 m TAW), elle couvre une superficie de 910 ha. La morphologie de la plage se compose d'une succession de pouliers et de creux ou « zwinnen », avec une teneur plus élevée en boues. L'arrière-plage est, en particulier près des stations balnéaires, beaucoup plus sévèrement affectée par le reprofilage ou l'utilisation récréative intensive. Sur les 165 ha d'arrière-plage indiqués sur la carte, des parties importantes de la zone pourraient naturellement se transformer en dunes embryonnaires ou en avant-dunes à part entière.

Dunes anciennes

Les dunes fossiles de Ghyvelde-Adinkerke constituent la portion la plus particulière du patrimoine géologique de la région. Cette ceinture de dunes s'est probablement formée il y a environ 5 000 ans et a eu un impact majeur sur le développement du paysage environnant. Comme les dunes abritaient de la mer la partie de la plaine côtière située derrière elles, la sédimentation y était plus lente et un étang d'eau salée, l'actuel Moeren, s'est formé en contrebas.

La limite orientale des dunes anciennes se trouve sous le noyau rural d'Adinkerke et ne peut être clairement déterminée. À l'ouest, on distingue trois « doigts » qui créent une transition progressive de la dune en polder. Briquet (1930) y voit trois anciens « pouliers », des crêtes de sable formées dans des systèmes intertidaux dynamiques, la crête sud ayant dévié quelque peu vers le sud sous l'influence du courant orienté vers le SO.

Les dunes de Ghyvelde-Adinkerke couvrent une superficie de 560 ha, complétée par environ 80 ha de terres de transition (10 % de la superficie totale de dunes de la zone d'étude). Environ 130 ha ont été bâtis et 150 ha ont été aplanis ou excavés. Il reste donc encore 280 ha de dunes riches en relief.

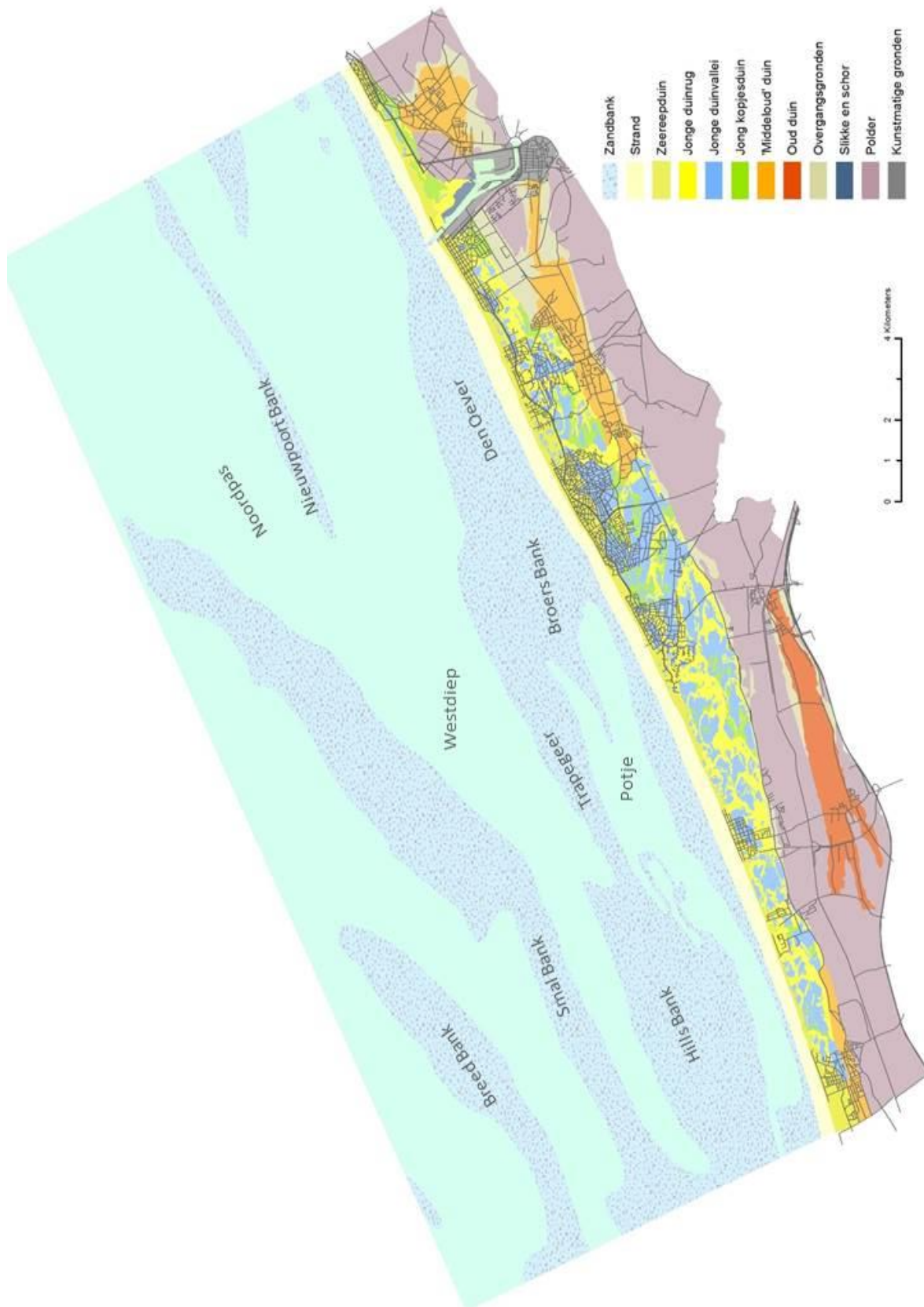


Fig. 1.18. Carte géomorphologique simplifiée de la zone d'étude.

Dunes d'âge moyen

Diverses zones présentant un caractère dunaire clair, mais dont l'origine n'est pas encore claire, sont appelées ici « dunes d'âge moyen ». Une première zone comprend les dunes présentes dans l'ancien estuaire de l'Yser, datant probablement du début du Moyen-âge et qualifiées comme « subrécentes » par Declercq & de Moor (1996). Sur la rive est, elles ont probablement été constituées par un système de musoir fossile, le « Schuddebeurze », alors qu'on trouve sur la rive ouest le cordon littoral fossile ou poulie « Sandeshoved ».

Les noyaux ruraux de Koksijde et d'Oostduinkerke et la zone intermédiaire forment une zone dunaire plate que De Ceunynck (1992) considère comme le vestige de dunes médiévales qui ont pris la place d'anciennes vasières en plusieurs phases. Il est possible qu'il soit ici également question d'un fort apport de sable sur un bas-fond large, à partir duquel la transformation a commencé. À l'est, cette région rejoint les avant-dunes orientales, qui datent probablement aussi du début du Moyen-âge, s'alignant sur le Sandeshoved (De Ceunynck 1992). Du côté français également, entre Zuydcoote et Leffrinckoucke, se trouve une zone de dunes plates qui peut probablement être cataloguée dans cette catégorie de « dunes d'âge moyen ». En tout cas, Briquet (1930) a établi un lien entre ces dunes.

La catégorie des « dunes d'âge moyen » couvre une superficie totale de 915 ha, complétée par environ 135 ha de terres de transition (15 % de la superficie totale des dunes). De ces dunes, 670 ha, soit les trois quarts de la surface, sont bâtis. De plus, 160 ha ont été nivelés, ne laissant que 85 ha avec un relief dunaire plus ou moins intact.

Dunes jeunes

La plus grande partie de la zone dunaire est occupée par des dunes jeunes, d'origine plus récente. Elle couvre une superficie de 3 720 ha de dunes, complétée par 680 ha de terres de transition. Les dunes jeunes représentent environ les trois quarts de la surface totale des dunes. Vers l'intérieur des terres, nous trouvons une bande d'environ 500 m à 2 km de large, constituée de grandes paraboles qui se sont probablement formées entre le 16^e et le début du 18^e siècle. Bien que les sols de La Panne soient fixés localement depuis 3 à 5 siècles, les crêtes étaient encore largement mobiles ou presque chauves il y a environ 50 ans. Cette zone se compose d'un complexe de dunes séculaires à très récentes, avec des crêtes élevées, des vallées plates et des dunes bossues avec un microrelief prononcé.

Vers la mer, une deuxième ceinture parabolique de dunes est d'origine plus récente. Cette ceinture dunaire se distingue nettement entre Bray-Dunes et La Panne et comprend la dune dérivante du Westhoek, active jusqu'il y a très peu. Cette ceinture dunaire se distingue aussi aisément entre Koksijde-Bad et Nieuwpoort-Bad. Elle se compose également de grandes paraboles, de vallées dunaire aplanées par le vent et de dunes bossues localement. Les cartes topographiques de 1877 montrent des grandes dunes à La Panne et à Koksijde, relativement proches de l'avant-dune et qui formaient les dunes originales qui ont composé ce paysage.

L'avant-dune constitue la troisième unité géomorphologique clairement identifiable parmi les dunes les plus jeunes. Souvent, l'avant-dune ne peut pas être délimitée avec précision en raison de l'urbanisation ou de la présence de formes dunaire complexes qui forment une transition vers la ceinture dunaire parabolique. Ce paysage est aussi appelé la « dune de front chaotique » (De Ceunynck 1992).

Terres de transition

Les terres de transition entre les dunes et le polder forment un dernier groupe majeur. Il s'agit de zones plates, caractérisées par des transitions brusques ou très graduelles entre les sédiments sableux et argileux. Cependant, elles peuvent varier considérablement selon leur origine.

Dans un premier cas, nous retrouvons les terres de transition le long du bord des dunes où elles forment la transition géographique avec le polder. Elles ont été créées pour une part par un dépôt excessif de terres de polders ou de schorres, et reposent très peu profondément sur de l'argile. Pour une autre part, elles peuvent aussi être des vestiges de vasières sablonneuses et ne sont donc pas à proprement parler des dunes. Les fonds sablonneux se caractérisent ici par une forte teneur en boues.

L'ancienne étendue de plage de Hannecart-Groenendijk est une zone très particulière à ce point de vue. Cette zone a été séparée de la mer par la construction de la « Groenendijk » vers 1300, et se compose de sédiments de plage et de petites dunes basses. Dans le bassin le plus bas (Doolaeghe) s'est développée une tourbière.

Les terres de transition couvrent une superficie de 900 ha, dont 340 ha (38 %) sont bâtis.

Tableau 1.2. fournit une vue d'ensemble des surfaces de différentes catégories géomorphologiques distinguées dans les dunes jeunes. La surface totale est 3720 hectares, dont 40 % (1475 ha) est construite. Le degré de développement est significativement plus élevé pour les Dunes mobiles du cordon littoral (près de 60 %). Les dunes légèrement ondulée sont la plus rare unité géomorphologique, ils couvrent seulement 11 % de la superficie totale des dunes jeunes. En plus, environ un tiers est occupé par des bâtiments laissant seulement 255 ha avec des un relief plus ou moins intact.

Les dépressions humides intradunales et les crête de dunes sont presque uniformément répartie et couvrent entre 30 et 40 % de la surface. Les dépressions sont plus fortement occupées par des bâtiments et environ 14 % de la surface est planée. Cela laisse seulement 660 ha des « pannes dunaires » (47%) avec un relief plus ou moins intact. En revanche il reste environ 785 ha des crête de dunes.

Tableau 1.2. Surface (ha) des différents types de dunes jeunes.

	Relief	%	Plané	%	Construit	%	Total	%
Dunes mobiles du cordon littoral	315	42			430	58	745	20
Crête de dune	785	66	35	3	360	31	1180	32
Dépressions humides intradunales	660	47	195	14	540	39	1395	38
Dune légèrement ondulée	255	64			145	36	400	11
Total	2015	54	230	6	1475	40	3720	

1.4. Hydrologie

En dépit de la proximité de la mer, l'eau souterraine de nos dunes est douce. Elle est alimentée par l'excédent de précipitations qui s'infiltre facilement dans le sol sableux des dunes.

La masse d'eau souterraine est limitée à sa base, à une profondeur d'environ 20 m sous le niveau de la mer, par une couche d'argile tertiaire de plus de cent mètres d'épaisseur.

Du fait de la situation relativement élevée des dunes par rapport sur le littoralet de la lenteur du flux hydraulique souterrain, l'eau souterraine affiche une face supérieure bombée avec une ligne de crête de séparation des eaux quelque part au milieu du massif de dune. A partir de cette ligne, en direction de la mer, l'eau des dunes s'écoule vers la plage où elle se mélange selon un schéma spécifique avec l'eau salée. En direction de l'intérieur des terres à partir de la ligne de séparation des eaux, l'eau s'écoule en direction des polders où elle percole à hauteur de la transition entre dunes et polders. Dans des conditions naturelles, le bord de dune intérieure forme une zone de percolation allongée qui, combinée au gradient du sol, allant du sable des dunes à l'argile des polders, garantit un potentiel élevé pour le développement de milieux naturels.

La figure 1.19 représente l'évolution du niveau d'eau souterraine dans un piézomètre mesuré depuis 1990. Il s'agit d'un tube situé dans les pannes nord du Westhoek (code WATINA WESP028) avec un 'comportement' relativement moyen. Nous constatons une très forte variabilité, tant dans les niveaux absolus que dans les fluctuations annuelles. Sur une période d'environ 20 ans (1994-2016), le niveau annuel moyen le plus élevé était 70 cm plus haut que le plus bas. Pour les moyennes saisonnières, cette différence s'élève à quelque 80 cm (figure 1.20).

En moyenne, le niveau d'eau souterraine fluctue de 65 cm sur base annuelle. Cette amplitude varie de 30 cm à 1,05 m sur la période 1994-2016. La différence entre le niveau d'eau le plus haut et le plus bas pendant cette période s'élève à 1,27 m.

La relation entre la végétation et la dynamique d'eau souterraine doit donc être étudiée sur plusieurs années. C'est pourquoi nous sélectionnons dans cette période de temps une année moyenne sur la base de moyennes saisonnières des différentes années hydrologiques (à partir d'avril de l'année x jusqu'en mars de l'année x+1). L'écart des valeurs annuelles par rapport à la moyenne globale par saison est représenté dans la figure 1.13. Il s'avère donc que l'année hydrologique 2015 (=avril 2015 jusqu'à mars 2016) s'écarte le moins de la moyenne. La représentation des données hydrologiques pour la zone de l'étude repose donc autant que possible sur cette période.

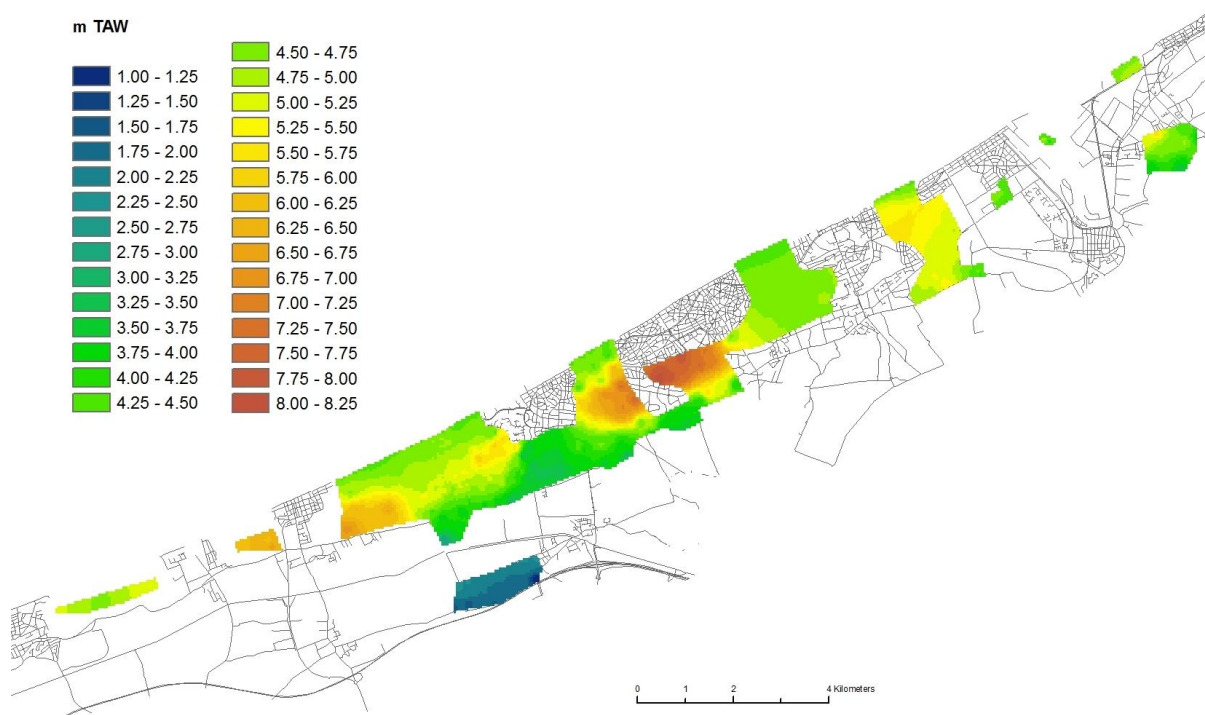


Fig. 1.19. Hauteur moyenne (m TAW- Alt. Belge) du niveau de nappe phréatique à base des données des années moyennes 2006 et 2015

Aujourd'hui, cet ensemble de zones humides et de lacs, appelé zone arrière-littorale, est drainé par des canaux formant une « gouttière » et ayant fortement abaissé le niveau de la nappe phréatique dans les dunes.



Fig. 1.20. Les cours d'eau dans la zone d'étude.

Dans le territoire concerné par l'étude, les dépressions humides intradunales ou « pannes » sont souvent formées par pulvérisation éolienne du sable jusqu'au niveau d'eau souterraine, la cohésion entre les grains de sable étant trop élevée pour poursuivre le déplacement du sable (vallées de dune secondaires). De ce fait, le niveau du sol des pannes est lié aux conditions hydrologiques et donc aussi climatologiques au moment de la formation.

Ces vallées de dunes ne sont sous eau que périodiquement vu qu'elles ne sont creusées par le vent pas plus bas que la zone capillaire. Actuellement, on ne trouve à la côte aucune eau permanente naturelle. Il n'y a qu'avec la formation de dune primaire que pourraient en principe naître des marais de dunes vu que la nappe phréatique monte quand les dunes s'étendent vers la mer. C'est le cas du Doolaage, la dépression dans l'ancienne zone de plage entre Oostduinkerke et Nieuport, vraisemblablement jadis un marais de dunes peu profond où s'est développée une couche de tourbe.

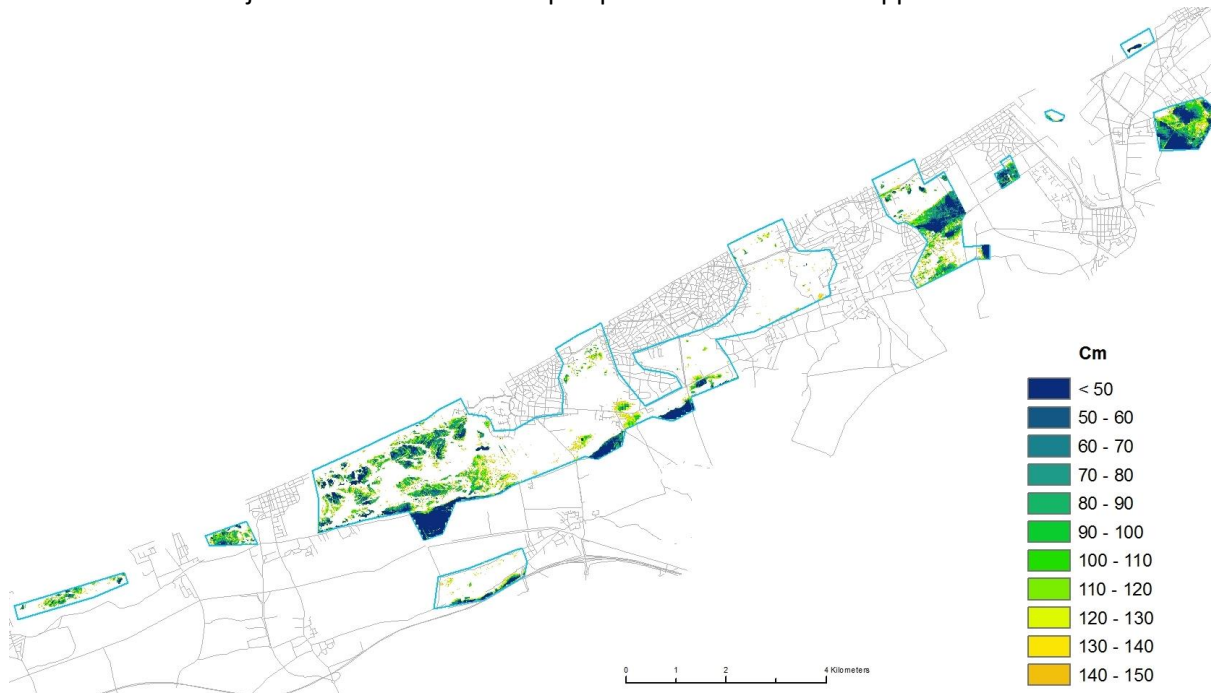


Fig. 1.21. Profondeur moyenne (m TAW- Alt. Belge) du niveau de la nappe phréatique sous le niveau pédologique à base des données disponibles pour la zone d'étude.

Les fluctuations saisonnières du niveau de la nappe phréatique sont principalement déterminées par la différence d'évapotranspiration entre l'hiver et l'été. Dans les dunes, elles fluctuent généralement 40 à 100 cm et présentent une grande variabilité dans l'espace et dans le temps. En raison des différences de quantité de précipitations annuelles, l'amplitude totale peut localement atteindre 2 m sur une période de 10 ans. Les plus grandes fluctuations se trouvent dans les cuvettes humides étendues, où l'évapotranspiration est la plus élevée. La percolation ou la proximité de la mer ont un effet modérateur sur les fluctuations de la nappe phréatique. Près de la plage, le niveau de la nappe aquifère se trouve au niveau de la pleine mer. Les fluctuations ne sont ici que de quelques décimètres et sont déterminées par les cycles des marées de vive-eau. De nombreuses espèces menacées de plantes de la vallée dunaire sont associées à un endroit humide qui n'est pas inondé au printemps. De telles conditions nécessitent une légère fluctuation du niveau de la nappe aquifère.

Les variations les plus importantes, jusqu'à plus d'un mètre et demi par an, se situent dans le captage d'eau du Calmeynbos, où un supplément d'eau est pompé pendant les mois d'été. Des fluctuations remarquablement faibles peuvent être observées dans les zones plus proches de la mer (figure 1.23). Une forte évaporation dans les grands ensembles de cuvettes du Westhoek provoque des fluctuations relativement importantes. À cause de la percolation, les fluctuations sont plus faibles dans la plaine de la plage de Hannecart.

Les micromodèles, influencés par la topographie locale et la percolation, sont particulièrement importants d'un point de vue écologique, mais exigent une interprétation beaucoup plus fine des données.

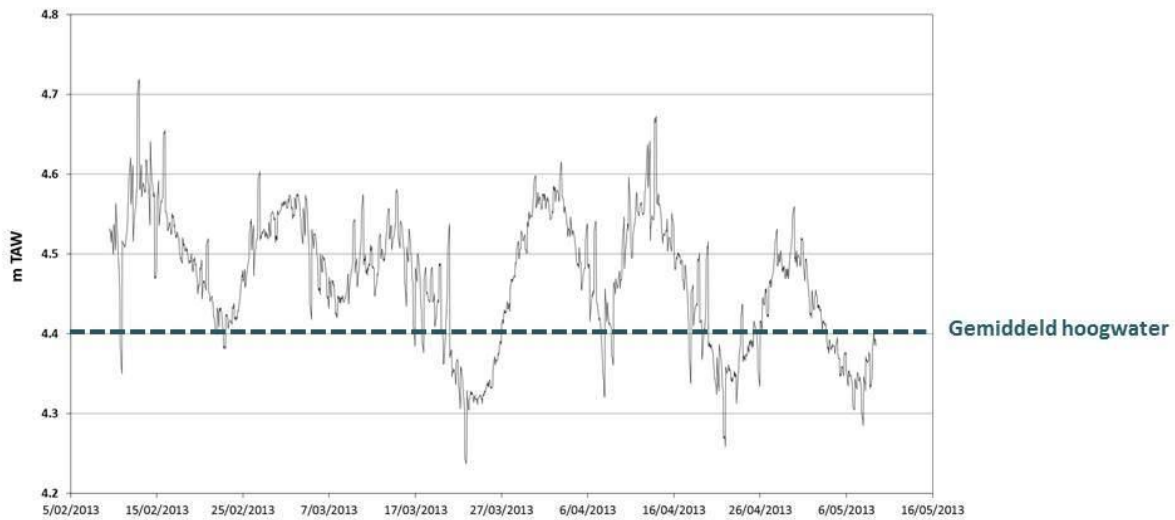


Fig. 1.22. Niveau de la nappe phréatique (m TAW- Alt. Belge) aux environs de la brèche oueste dans le « Westhoek » (La Panne).

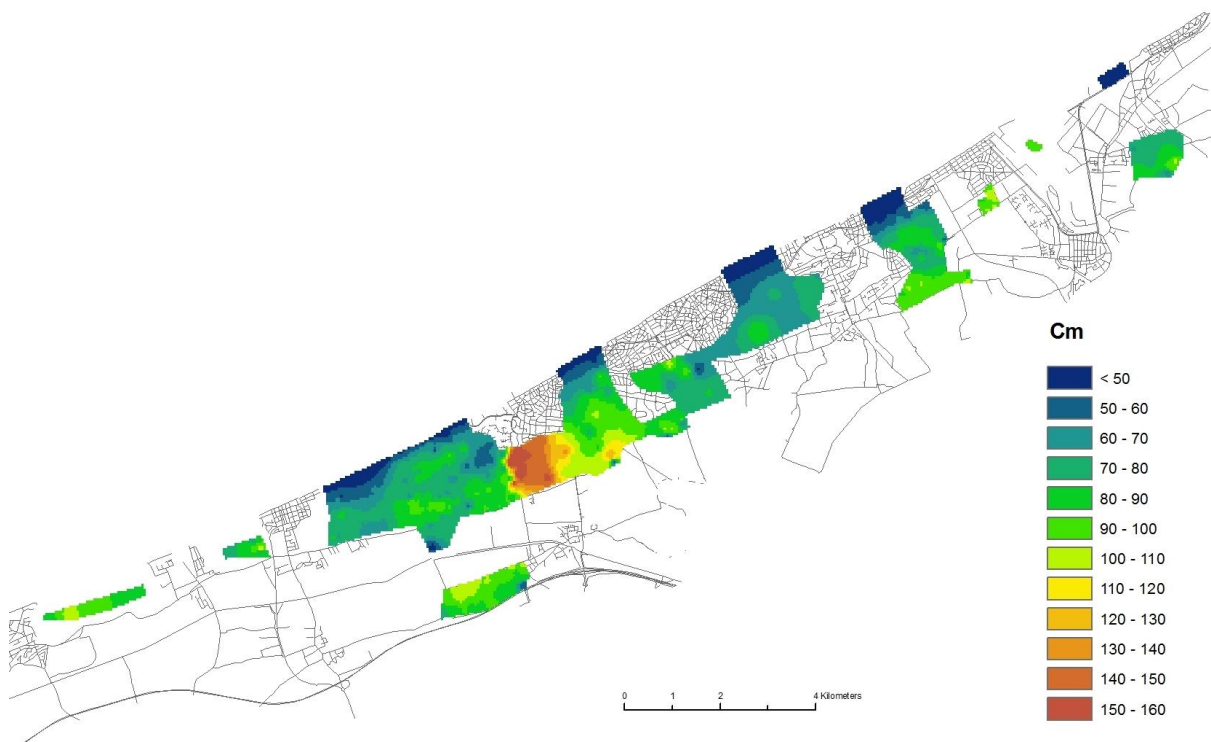


Fig. 1.23. La fluctuation annuelle du profondeur de l'eau phréatique dans les dunes du territoire concerné par l'étude à base de données disponibles pour les années moyennes 2006 et 2015.

La figure 1.24 montre l'évolution du niveau de la nappe phréatique dans un puits de sonde qui effectue des mesures depuis 1990. Il s'agit d'un tube situé dans les cuvettes nord du Westhoek (code WATINA WESP028) avec un « comportement » relativement moyen. Nous constatons une très forte variabilité, tant des niveaux absolus que des fluctuations annuelles. Sur une période d'environ 20 ans

(1994-2016), le niveau annuel moyen le plus élevé est supérieur de 70 cm au niveau le plus bas. Pour les moyennes saisonnières, cette différence passe à plus de 80 cm (figure 1.24).

En moyenne, le niveau annuel de la nappe phréatique fluctue de 65 cm, mais cette amplitude varie de 30 cm à 1,05 m sur la période 1994-2016. La différence entre le niveau d'eau le plus élevé et le plus bas de cette période est de 1,27 m.

La relation entre la végétation et la dynamique des eaux souterraines doit donc être examinée sur plusieurs années. Par conséquent, nous choisissons une année moyenne à partir de la longue série chronologique, en fonction des moyennes saisonnières des différentes années hydrologiques (d'avril de l'année x à mars de l'année $x+1$ inclus). L'écart entre les valeurs annuelles et la moyenne globale par saison est illustré à la figure 1.25. Il en ressort que l'année hydrologique 2015 (soit d'avril 2015 à mars 2016) s'écarte le moins de la moyenne. Nous basons donc autant que possible sur cette période la représentation des données hydrologiques de la zone d'étude.

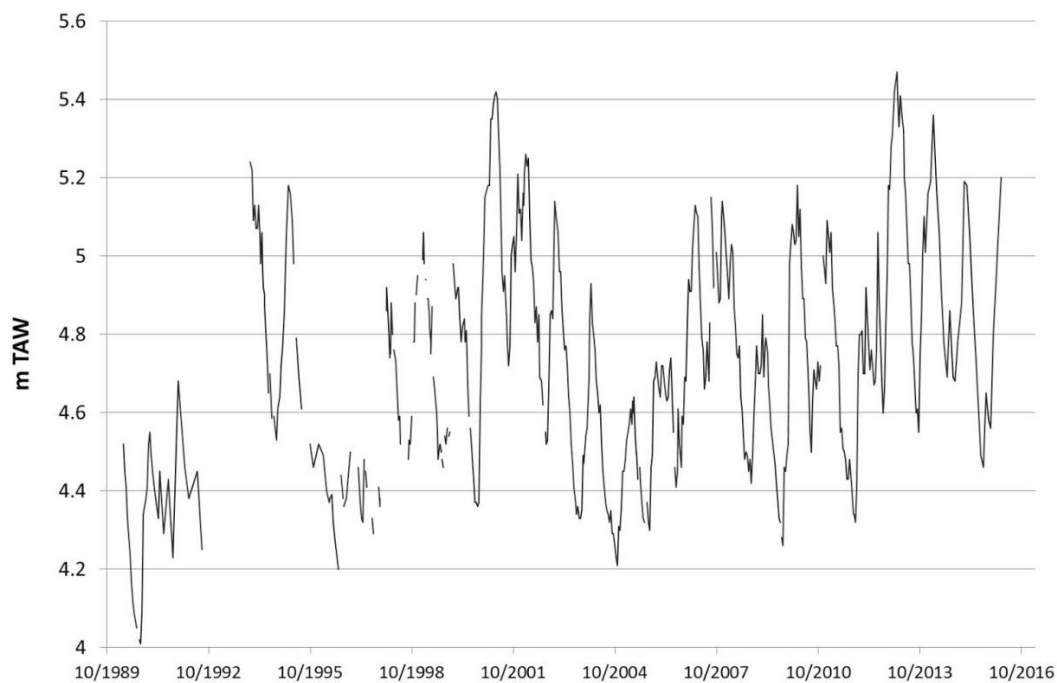


Fig. 1.24. L' évolution du niveau d'eau phréatique dans un piézomètre mesuré depuis 1990 dans le Westhoek (La Panne, code WATINA WESP028).

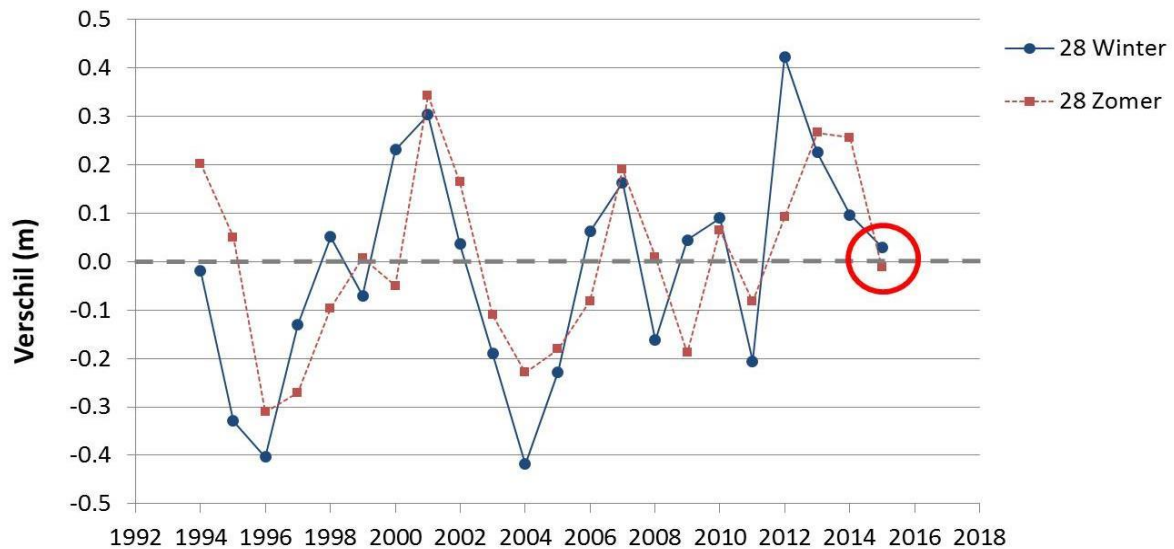


Fig. 1.25. Ecart annuel (« verschil ») par rapport aux moyennes à long terme (1994-2016) des niveaux d'eau estival (« zomer » : avril-septembre) et hivernal (« winter » : octobre-mars) mesurés dans le piézomètre 28 du Westhoek.

1.5. Sol

Il se produit dans le sol toute une série de processus physiques et biochimiques dans lesquels la composante biotique joue un rôle crucial. Les plantes fournissent de la matière organique ou font office de régulateur du microclimat et des cycles de nutriments. Le sol et la végétation sont donc étroitement liés au travers de divers mécanismes de rétroaction (Paul 2014). La faune (du sol) joue également un rôle crucial dans les processus du sol grâce à la décomposition de la matière organique ou la bioturbation.

L'accumulation et la minéralisation de matières végétales principalement mortes constituent un processus essentiel du sol. La décomposition de la matière organique dépend fortement de l'humidité du sol et du pH avec, dans les deux cas, une évolution optimale (REF Kooijman ??). Dans des conditions extrêmement humides, la décomposition est limitée par les conditions anoxiques, ce qui peut participer à une forte accumulation (formation de tourbe). Dans les sols très secs, la décomposition est également lente, mais ici, la production aussi est très faible, si bien qu'il s'accumule peu de matière organique.

L'humus, le calcaire, les sels et les ions métalliques sont soumis au lessivage par l'eau des précipitations qui s'infiltré (suinte). Ce processus se déroule le plus vite dans les sols sableux très perméables à l'eau. Le lavage du calcaire provoque l'acidification des sols, ce qui signifie une modification drastique de l'évolution des processus chimiques (Rozema et al. 1985). Le lavage de l'humus et des métaux (fer et aluminium) dans les sols sableux peut entraîner le développement d'un podzol. Les substances ainsi percolées s'accumulent alors dans les couches plus profondes.

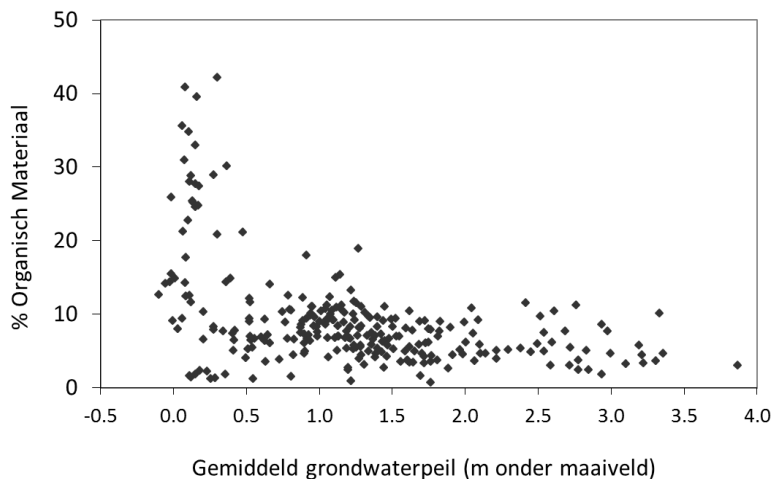


Fig. 1.14. Relation entre la matière organique dans le sol et le niveau d'eau souterraine (Provoost et al. 2004). ("Organisch materiaal: matière organique" – "Gemiddeld grondwaterpeil (m onder maaiveld): niveau moyen de nappe phréatique (m sous le niveau du sol))

L'équilibre hydraulique du sol est lié à sa texture, au niveau d'eau souterraine et à la végétation et exerce un gros impact sur le déroulement des processus édaphiques. Dans la zone non saturée en eau, l'humidité est fortement influencée par la capillarité, qui est liée à la taille des grains. Un substrat au grain grossier tel que le sable retient mal l'eau du fait du faible effet capillaire et peut donc sécher fortement. Autre facteur qui détermine l'équilibre hydrique des plantes, c'est l'hydrophobie de certains sols, notamment provoquée par les hyphes (mycelium), les acides humiques et la litière (Doerr et al. 2000).

La dynamique des nutriments est d'une importance cruciale pour la croissance des plantes. L'azote, le phosphore et le potassium sont trois nutriments essentiels aux plantes. Dans les systèmes naturels, l'azote se retrouve souvent dans le sol par fixation biologique de l'azote atmosphérique. L'azote organique est minéralisé en ammonium, nitrite et ensuite en nitrate. L'ammonium et le nitrate sont des formes d'azote qui peuvent être absorbées par les organismes. Après la mort de ces organismes, l'azote organique se retrouve de nouveau dans le cycle. Le nitrate est très soluble et constitue donc un composant azoté mobile qui peut disparaître du système par lessivage. Par la dénitrification en azote gazeux, l'azote nitrique disparaît également du sol.

La réserve de phosphore dans le sol provient par nature des roches contenant des phosphates. Le phosphate forme des liaisons résistantes et insolubles avec différents composants du sol tels que le carbonate, le fer et la matière organique, ce qui fait que le phosphore est bien moins mobile dans le sol que l'azote. Selon Raman et al. (2014) à l'état naturel les sols des pelouses dunaires riches en biodiversité contiennent des taux maximal de phosphate d'environ 150 mg P (total) kg⁻¹ et 15 mg P (disponible pour les plantes) kg⁻¹. Par contre les terres cultivées peuvent contenir des taux de phosphate d'environ 1000 mg P (total) et 100 mg kg⁻¹ et P (disponible pour les plantes).

Les sols évoluent progressivement dans le temps du fait de l'accumulation et du lessivage des substances. Plusieurs caractéristiques du sol reflètent dès lors parfaitement le facteur temps au sein d'un habitat. Pour évaluer les chances de reprise après la destruction d'un biotope, il convient toujours d'étudier le sol. La réserve de semences dans le sol constitue également un élément important du potentiel de reprise.

Les facteurs du sol, avec l'eau souterraine, déterminent essentiellement les caractéristiques d'implantation des plantes terrestres et des champignons. Il s'agit des facteurs environnementaux par excellence permettant d'expliquer en grande partie la diffusion d'espèces végétales et de types de végétaux.

1.6. Développement de la végétation

1.6.1. Formation des dunes embryonnaires

Les biocénoses qui constituent le début de la végétation des dunes, se développent dans les laisses de mer couvertes de sable, juste après la limite de haute mer. Le talitre sauteur (*Talitrus saltator*) joue un rôle important dans la fragmentation des algues (brunes) échouées, mais ce sont surtout les mouches qui assurent la décomposition ultime. Elles constituent le groupe d'invertébrés le plus abondant et écologiquement essentielle du haut de plage (Grootaert & Pollet 2004). Citons par exemple les espèces *Chersodromia* (représentantes des siptères empididés), *Coelopidae* et mouches des sables (espèces *Fucellia*). Sur les laisses de mer couvertes de sable par le vent, le cakilier et le soude épineuse fixent ces premiers monticules de sable. Caractéristique de ces plantes est leur tolérance à la salinité et la flottabilité de leurs grains, une condition importante pour la distribution par la mer (thalassochorie; cfr. Wagman et al. 2006). Il leur faut nécessairement un substrat où elles peuvent trouver de l'azote. La décomposition des laisses de mer fournit les nutriments nécessaires pour le développement de ces plantes spécialisés. C'est important compte tenu au besoins en azote du mécanisme physiologique responsable pour la tolérance à la salinité (Zhang, 1996).

Les plantes s'établissent dans la laisse de mer à la limite supérieure du flot à hauteur d'une bande côtière stable ou sédimentaire ; en cas d'érosion côtière, les laisses de mer sont généralement à nouveau balayées avant que la germination ne puisse avoir lieu. Même dans le cas d'un bilan sédimentaire globalement équilibré, les plages affichent par nature des phases d'accrétion du sable et d'érosion. Ces phases s'accomplissent sur des périodes de quelques décennies et se présentent comme de grandes vagues de sable migrant vers l'est (De Moor 1991). Cela signifie que la ligne côtière affiche, dans des conditions naturelles, un zonage géographique d'érosion et d'accrétion et par conséquent aussi, de végétation sur le haut de plage.

Les végétations éphémères des laisses de mer peuvent amorcer la formation des dunes embryonnaires. Dès une faible élévation de sable, le chiendent des sables, ce pionnier des dunes tolérant le sel, peut s'installer. Cette graminée est en mesure de croître à mesure que le sable s'accumule et participe ainsi activement au processus de formation des dunes. Lorsque l'élévation de sable se poursuit, le caractère salin de la dune disparaît et la végétation bénéficie de l'influence de l'eau phréatique douce. L'oyat, une espèce plus concurrentielle, assume ensuite le rôle de liant du sable et bâtisseur de dune. Dans les dunes embryonnaires l'oyat vient facilement à la germination à cause des conditions relativement humides. L'espèce peut facilement s'étendre horizontalement et verticalement et ainsi augmenter la surface de zone favorable au dépôt des sédiments et à la formation des dunes (Huiskes, 1979).

Sous l'effet continu des vagues et du vent, ce type de biotope constitue le stade final du développement végétal de la dune bordière. Les dunes à oyats peuvent également apparaître plus à l'intérieur du pays en cas d'ensablement secondaire. Cependant, la dynamique est généralement temporaire ici et la fixation apparaît tôt ou tard, annonçant le début de la succession. Sinon, l'implantation de l'oyat progresse aussi plus difficilement vers l'intérieur des terres. La germination y est à peine possible dans le sable sec des dunes. Cela se fait uniquement lors de pluies extrêmes ou aux endroits qui sont influencés par l'eau souterraine.

Ces dernières décennies, nous voyons une forte fixation des dunes blanches dans tout le territoire d'étude (Figure 1.27). Cette tendance se retrouve dans plusieurs zones de dunes en Europe du Nord-Ouest (voir 1.2.7. Changement climatique et 1.3.5. Dynamique éolien).

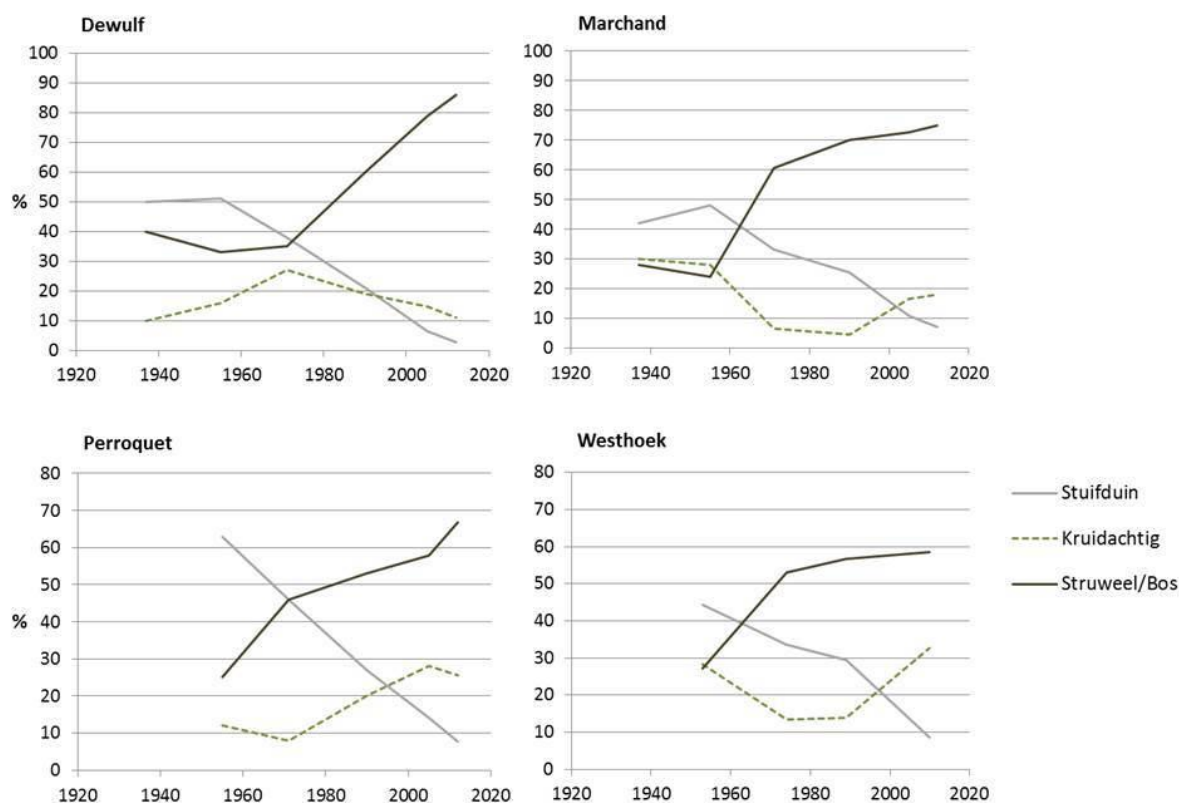


Fig. 1.27. Evolution de la végétation dans les quatre zones dunaires indiquées (stuijduin: dune blanche; kruidachtig: herbacé; Struweel/bos: fourrés/forêts).

1.6.2. Développement de pelouses dunaires sèches

Dans les dunes blanches, la dynamique du substrat est tellement élevée que le développement d'un sol n'a aucune chance et la végétation évolue dans une situation d'équilibre dynamique. Lorsque l'apport de sable décroît, plusieurs espèces voient alors la possibilité de s'installer et de se développer. La dune étant alors fixée et le développement d'un sol peut se réaliser. Les sols plus riches abritent également des nématodes parasites des racines qui minent la vitalité de l'oyat. Cette espèce dépérit alors et cède sa place à un habitat principalement dominée par la tortue, le cortinaire et la brachythécie blanchâtre.

Les habitants de ces dunes grises et de pelouses dunaires pionnières endurent des conditions de vie difficiles. Les pentes orientées vers le sud avec beaucoup de sable libre sont soumises à de fortes variations de température et peuvent se réchauffer de plusieurs dizaines de °C en surface (De Raeve, 1979). La sécheresse est encore renforcée par le caractère hydrofuge des sols sableux légèrement humiques. Les espèces de plantes caractéristiques affichent des adaptations physiologiques, morphologiques ou phénologiques (succulence, petites feuilles, pilosité intense, etc.). Nombre d'entre elles germent avant l'hiver et ont déjà accompli tout leur cycle de vie vers la fin juin. La céréaste des sables et la fléole des sables survivent ainsi à la période la plus sèche sous forme de semence. Les espèces animales caractéristiques de cet habitat affichent des adaptations analogues : les invertébrés sont adultes en hiver et au début du printemps et restent dans la végétation périphérique touffue à la fin de l'été pour leur développement juvénile. Les autres espèces survivent à la sécheresse estivale en s'enterrant. Les espèces spécifiques à l'été résistent très bien à la sécheresse et sont surtout actives la nuit ; souvent, il s'agit de prédateurs comme les araignées et les carabidés qui ne sont pas attachés à certaines plantes alimentaires, mais à la présence d'un nombre

suffisant de proies comme les collemboles et les dolichopodidés. Les espèces typiques résistant à la sécheresse et actives en été sont le criquet à ailes bleues, le bembex à rostre, la cicindèle hybride, le myrmicinae, l'*alopecosa cuneata* et *dysmachus trigonus*. Les dunes grises sont également riches en champignons spécifiques tels que le tulostome mamelonné, le clitocybe glareosa, le conocybe des dunes ou le marasme anormal.

La plupart des espèces des dunes grises sont attachées au type de substrat et se retrouvent donc également dans les systèmes sableux de l'intérieur du pays. La violette des dunes et le becs-de-grue sont des plantes vasculaires spécifiques au littoral avec un optimum dans les dunes grises et les prairies dunaires pionnières. Ils occupent par ailleurs une zone limitée en Europe occidentale essentiellement, ce qui nous permet de les qualifier d'espèces cibles ultimes. De surcroît, la violette des dunes est la plante hôte du petit nacré. L'asperge couchée (disparue du DpT 59) pousse également dans les sables maritimes d'Europe de l'ouest, mais cette espèce se retrouve également sur les falaises (Kay et al. 2001).

Les dunes grises stables connaissent un enrichissement en humus progressif avec l'installation de l'hypne des dunes principalement qui est en général accompagné de cladonie impexée (*Cladonia rangiformis*). Dans ces dunes grises plus mûres, on trouve différentes espèces de lichen particulières comme le *Diploschistes muscorum* et *Leptogium gelatinosum* et des mousses p.ex. *Tortella flavovirens*, *Ditrichum cylindricum*, *Pleurochaete squarrosa*,. D'autre part, de jeunes dunes grises peuvent bénéficier d'un caractère de pelouse du fait que les plantes restantes telles que la bugrane rampante, la laïche des sables et le gaillet jaune vont dominer. Il s'agit d'espèces qui pourront s'étendre fortement du point de vue végétatif via les rhizomes. Les parcelles exposées au nord sont moins soumises aux extrêmes microclimatologiques, ce qui fait que la succession végétale et le développement du sol évoluent plus vite. Dans les dunes accidentées, le contraste surprend d'office entre les pentes sud extrêmes du point de vue climatologique et les pentes nord tempérées et donc plus luxuriantes. De manière générale, le troène commun se développe relativement vite sur ces dernières (Rappé et al. 1996).

Un autre développement des pelouses dunaires sur notre côte intervient presque exclusivement aux endroits où la succession vers les fourrés ou la broussaille est contrée par le pâturage ou le fauchage. Le stress hydrique à cause du substrat sablonneux, l'exposition sud ou le vent chargé en embruns peuvent freiner considérablement la succession. Dans les dunes au sud de la Normandie, le stress hydrique est bien plus élevé et les prairies dunaires peuvent également se conserver sans gestion. Ici aussi, les prairies sont particulièrement bien développées et abritent différentes espèces végétales côtières endémiques de l'Atlantique sud comme *Galium arenarium* et *Omphalodes littoralis*. Dans les prairies dunaires bien développées, le gaillet jaune est déterminant de ce point de vue. L'espèce s'accompagne presque tout le temps de variétés de prairies génériques telles que le pâturin des champs, le pied-de-pigeon ou les porcelles enracinées. Dans les prairies plus anciennes, l'églantier pimprenelle peut également dominer. Sur la zone du projet, la flore des prairies dunaires sèches comprend de nombreuses espèces végétales particulières, généralement calcicoles telles que l'héliantheme, l'herbe à l'esquinancie, le thésion couché, la potentille printanière, la cirse acaule, l'hypne triquètre et *Thuidium abietinum*. Les végétations affichent des similitudes avec les prairies des cours d'eau et calcaires (Slings 1994) et peuvent être très riches en espèces.

Du point de vue faunistique également, les prairies dunaires sont particulièrement riches, bien que les espèces typiques ne soient pas spécifiques au littoral, mais se présentent également dans les prairies calcaires ou les landes de bruyère. Du fait de la grande diversité végétale, elles sont riches en insectes phytophages (punaises, cicades, pucerons, charançons et papillons) avec une plante alimentaire spécifique ou non. Le gaillet jaune par exemple est une plante hôte très importante pour les macro-papillons de nuit que sont la mélanthie du caille-Lait, la cidarie rayée, la cidarie enfumée et le petit pourceau (Sierens 2015). Il n'y a pas que les plantes hautes qui tiennent lieu de plante hôte. Le manteau jaune par exemple, papillon de nuit également, passe l'hiver comme jeune chenille et se

transforme en chrysalide dans une toile tissée entre les lichens. Cependant, la disponibilité de plantes alimentaires n'est pas une garantie à la présence de populations capable de renouvellement et la structure environnante et la présence de surfaces de prairies suffisamment grandes sont tout aussi importantes (Salz & Fartman 2009).

Le traquet motteux est un oiseau nicheur typique des prairies dunaires qui niche dans les terriers de lapins abandonnés. Après une longue période de régression constante, cette espèce a disparu en tant qu'oiseau nicheur dans la zone du projet. Les derniers couples nicheurs se trouvaient dans les prairies de l'embouchure de l'Yzer (IJzermunding). La pie-grièche écorcheur est également un oiseau nicheur typique des dunes, mais il a disparu depuis la fin du siècle dernier (Rappé et al. 1996, Lippens & Wille 1972). Le retour du traquet motteux en tant qu'oiseau nicheur n'est pas évident vu la situation de la population ouest-européenne en régression, la grande fidélité à son site et la pression accrue des prédateurs terrestres (renards). Quant à la pie-grièche écorcheur, un léger rétablissement semble se dessiner à l'intérieur du pays.

Sur plusieurs décennies, voire siècles, les sols des dunes fixées ont subi un lavage progressif du calcaire sous l'influence des pluies de plus en plus acides (Rozema et al. 1985). Les plus anciennes dunes du territoire concerné par l'étude (Ghyvelde-Cabour-Garzebekeveld et Schuddebeurze) se caractérisent par des sols décalcifiés relativement profonds (Ampe 1999). À l'instar des prairies dunaires sèches riches en calcaire, la différenciation écologique est surtout liée à l'accumulation d'humus dans le sol. Dans les situations ouvertes récentes, on trouve de la végétation de canche blanchâtre. Lors de la fixation, cela donne une dune grise riche en espèces de lichens (*Cladina portentosa* - *C. arbuscula* - *Cetraria aculeata*, etc.). Sur des sols plus humiques, on trouve des pelouses et ourlets acidophiles avec notamment la téésdalie, la vulpie queue-d'écureuil, la sieglingie décombante (danthoni inclinée) et la violette des chiens.

Les végétations dominées par les callunes sont particulièrement rares dans le territoire concerné par l'étude; elles ne couvrent ensemble que quelques mètres carrés (Ghyvelde & Westende).

Egalement dans les dunes décalcifiées le développement des sols avec un enrichissement progressif du humus est un facteur crucial dans le développement de la végétation. Dans ces dunes un xérosere parallèle s'y présente en commençant par une végétation ouverte y compris le laiche des sables et corynéphore blanchâtre laquelle évolue à une végétation particulière dominée par les mousses et lichens qui se développe alors progressivement vers une pelouse rase acidocline du *Nardo-Galion*. De nombreuses espèces de bryophytes et de lichens, notamment des genres *Cladina* et *Cladonia*, caractérisent également ces pelouses. Des lichens terrestres spécifiques sont par exemple les espèces *Cladina*; *C. arbuscula*, *C. ciliata*, *C. portentosa* et la plus rare *C. uncialis* (Dunes Fossiles Ghyvelde), mais aussi de nombreux autres espèces de *Cladonia* (*C. scabriuscula foliacea*, *C. subulata*, *C. ramulosa*, *C. macilenta*, *C. grayi*, *C. glauca*, *C. furcata* subsp. *subrangiformis*, *C. coccifera* et *C. cervicornis*). La forme terrestre de *Usnea articulata* a disparu.

Un développement spécial se produit après l'abattage des broussailles ou de forêt. Le sol reçoit un choc microclimatique et est livré à des fluctuations de température et d'humidité plus élevées. Ensuite, doit se mettre en place un nouvel équilibre, un processus qui s'écoule lentement, en raison de la forte hydrophobie des sols organiques enrichis. Le développement des pelouses dunaires riches en espèces demande des graines des espèces végétales caractéristiques. Dans les pelouses dunaires calcaires la proportion d'espèces avec une banque de graine persistante est très faible. L'absence ou l'inhibition d'une banque de graines du sol empêche la réapparition de l'habitat envisagé. Dans les pelouses dunaires décalcifiées la proportion de ces graines est plus élevée. P. ex sieglingie, polygala à feuilles de serpolet, violette des chiens et le tormentille possèdent une banque de graine persistante (Van Uytvanck et al. 2015).

1.6.3. Succession dans les pannes humides

Dans les biotopes humides la production de biomasse est beaucoup plus élevée que dans les dunes secs et ces milieux sont colonisés beaucoup plus rapide. Au début la colonisation peut encore être entravée par la présence d'une croûte dure en raison des inondations et des sécheresses périodiques (Ampe & Langohr 1993) mais une fois que la végétation se ferme, cette barrière physique disparaît. Dans les pannes humides l'hydrologie et l'état nutritionnel des sols déterminent l'évolution de la végétation. Les pannes humides jeunes sont limitées d'azote mais une fois une certaine accumulation de matière organique a pris place c'est le phosphore qui peut s'avérer un facteur limitant (Olf et al., 1993). Sous les conditions humides constantes la décomposition de matière organique est faible et finalement la tourbe se forme progressivement.

1.6.4. Développement des fourrés et bois

Dans la plupart des écosystèmes de nos zones tempérées, la succession spontanée entraîne le développement du boisement. À l'exception des zones blanches (?) dynamiques, cela vaut tout autant pour les dunes. Le siècle dernier, les forêts et taillis se sont considérablement étendus dans les sites dunaires d'Europe du Nord-ouest (Provoost et al. 2011a). Avant cela, la succession a été contrôlée pendant des siècles par les pâturages et diverses formes d'exportation de la biomasse. Dans la zone du projet, le développement des fourrés est apparu après la Deuxième Guerre mondiale, lorsque les pâturages furent arrêtés dans la plupart des dunes. Ensuite, tant la surface que le nombre d'espèces de fourré et de bois ont augmenté de manière spectaculaire. Dans la zone du projet, le développement des fourrés s'est mis en marche après la Deuxième Guerre mondiale, lorsque les pâturages furent arrêtés dans la plupart des dunes. Ensuite, tant la surface que le nombre d'espèces de fourré et de forêts ont augmenté de manière spectaculaire. Avant les années 40, il y avait à peine 22 espèces d'arbres et de buissons sur la côte belge ; récemment, on en recensait 72. Les recherches dans le Westhoek nous enseignent que la première phase du développement des fourrés a été dominée par l'argousier, le saule rampant et le troène commun. Ces espèces étaient déjà présentes dans les vallées dunaires et pouvaient croître rapidement en véritables broussailles du fait de la disparition des pâturages. Plus tard, l'argousier colonisa également les arrière-dunes. On trouvait aussi régulièrement le sureau noir ; d'autres espèces d'arbres et d'arbustes spontanés étaient rares (Delaunoy 1952 ; Depuydt 1967 ; Herbauts 1971). Le saule rampant est le moins actif dans cette compétition. L'espèce reste relativement basse et les pousses individuelles dépassent rarement 10 ans en moyenne. Dans les années 80, la surface des fourrés dominés par le saule rampant dans le Westhoek avait également fortement diminué. Le rapport entre argousier et troène commun était plus subtil. L'argousier est un pionnier qui peut s'étendre très rapidement grâce à une forte croissance végétale et à des nodules comportant des bactéries fixant l'azote. Les pousses individuelles atteignent 15 ans en moyenne. Le troène croît plus lentement et choisit un sol plus mûr contenant de l'humus. Les pousses de troène vivent cependant plus longtemps, en moyenne 25 ans, et peuvent s'installer et vivre dans l'ombre (par ex. Ghyvelde), deux propriétés qui favorisent l'espèce à long terme par rapport à l'argousier. Au début des années 90, des larges massifs de troènes étaient également présents dans le Westhoek.

Dans la période qui suivit, on observe deux évolutions différentes. La première consiste en l'établissement d'autres espèces d'arbustes et arbres comme l'aubépine monostyle, le prunellier, les bouleaux, les saules, le chêne pédonculé, le frêne commun et l'érable sycomore. Ces espèces vivent significativement plus longtemps et survivent progressivement aux espèces pionnières. Tandis que la plupart des arbres sont anémochores (bouleaux, saules, frêne et érable), les buissons portent généralement des baies qui sont répandues par les oiseaux. Les fourrés constituent un habitat adéquat pour de nombreux oiseaux nicheurs et migrateurs, ce qui augmente également le nombre

d'oiseaux et de semences disséminées en association avec les fourrés. Les oiseaux et le développement des fourrés sont donc reliés entre eux par une rétroaction positive.

Une deuxième évolution qui s'est manifestée au cours des décennies passées est la dégradation à grande échelle des fourrés, principalement de troènes. Ce phénomène s'est produit aussi pour le sureau noir et, dans une moindre mesure, l'argousier. Dans le cas de l'argousier et vraisemblablement aussi des troènes, les nématodes pathogènes du sol jouent un rôle (Zoon et al. 1993). L'argousier peut aussi dépérir soudainement en masse suite à une inondation printanière de longue durée, après quoi le saule rampant, s'il est encore présent, reprendra son hégémonie. Les endroits où les fourrés ont péri sont colonisés par le calamagrostis commun qui peut former un paysage de savane après quelque temps. Progressivement, les fourrés d'aubépine et de prunellier reprennent la main, sauf si l'espace est pâturé. Dans ce cas, de la pelouse dunaire se développe. La disparition du calamagrostis commun augmente la vitalité de l'argousier parce que cette graminée robuste est une concurrente des buissons bas d'argousiers. De ce fait, le pâturage peut précisément constituer, assez paradoxalement, un stimulant pour la l'expansion des fourrés.

Du fait de l'omniprésence des buissons et de leurs semences, le développement des fourrés se fait actuellement plus vite et d'autres espèces se voient également attribuer un rôle clé. C'est ainsi que le saule cendré est abondamment présent dans les jeunes vallées dunaires et que la clématite des haies se met à dominer localement les fourrés dans les dunes sèches (Schipgatduinen, Simliduinen, Dune Dewulf). Différentes variétés de rosiers également, le camérisier, le fusain d'Europe, la viorne obier et d'autres espèces de buissons font partie des fourrés, dès le stade de développement précoce. Il n'est donc pas si évident d'identifier des communautés de plantes au sein des fourrés lorsque la diversité spécifique change aussi rapidement.

1.7. Dynamique des populations

La survie des espèces dans une zone donnée nécessite une taille de population avec suffisamment d'individus qui peuvent assurer les interactions entre individus nécessaires à la reproduction. La population viable minimum d'une espèce (minimum viable population) se traduit dans une certaine taille d'habitat favorable à l'espèce qui peut se manifester comme une seule entité ou comme plusieurs taches interliées.

La connectivité écologique est liée à la dynamique d'extinction locale d'individus et de la (re-)colonisation. Il s'agit d'une issue de grande importance dans des environnements dynamiques tels que les dunes où le forme d'habitats varie considérablement dans le temps et l'espace. Les taches d'habitat doivent être accessibles pour certaines stades des individus eux-mêmes p.ex. les graines, fruits ou autres diaspores de plantes qui se sont dispersés par autoproulsion, par l'intermédiaire de vent, eau, animaux mobiles ou autres mécanismes. En revanche, la connectivité est important pour la conservation de la diversité génétique par échange de matériel génétique. Dans les paysages fragmentés, les mouvements entre les patchs d'habitats jouent un rôle primordial dans la persistance des populations en assurant les flux génétiques, la possibilité de recolonisation après extinction locale, la liaison entre différents habitats pour la reproduction ou l'acquisition des ressources. L'érosion génétique cause une dette d'extinction. La baisse du potentiel d'adaptabilité dû à l'érosion génétique peut mener une population à son extinction. Parfois il semble que la population peut se reproduire encore mais tout a coup il peut disparaître à cause des facteurs externes à laquelle elle n'est plus adaptée (Honnay & Jacquemyn 2010).

Du point de vue conditions génétiques des populations la conservation des espèces nécessite l'habitat suffisamment grande, de haute qualité et interliée. Si les capacités de dispersion le permettent, la

colonisation des taches d'habitat peut se dérouler spontanément. En réalité toutefois, la dispersion est souvent limitée, surtout dans les paysages fragmentés. Un choix possible point vue la conservation de la nature est de donner un coup de main à la dispersion d'espèces. C'est par exemple possible d'influencer la dispersion des plantes vasculaires dans une certaine mesure contrôlée par l'utilisation intelligente des vecteurs de dispersion, tels que la faucheuse ou de grands ongulés (Cosyns, 2004).

Il est difficile de déterminer exactement ce que signifient la taille minimale et la configuration appropriée des lieux d'habitat, étant donné la forte dépendance à l'égard du paysage local et l'énorme complexité des processus sous-jacents. Toutefois, à partir de l'expérience acquise dans d'autres domaines, nous pouvons essayer d'établir des règles empiriques pour un certain nombre d'organismes pertinents dont l'habitat est relativement vaste. Dans ce cadre, nous pensons principalement aux amphibiens et aux oiseaux, mais aussi à un certain nombre d'espèces d'invertébrés de plus grande taille comme le Chiffre et l'Agreste.

Parmi les amphibiens, les espèces se rapportant le plus à la zone d'étude sont le crapaud calamite et le triton à crête. Le crapaud calamite est une espèce pionnière avec les caractéristiques d'un stratège « r ». L'espèce a un taux de reproduction élevé et peut coloniser de nouveaux habitats assez rapidement. L'espèce peut ainsi couvrir des distances de plusieurs kilomètres (Miaud et al. 2000 ; Creemers & Van Delft 2009, Rondel & Lemoine 2015). Le dépôt des œufs se fait de préférence dans des eaux peu profondes qui se réchauffent rapidement. Le développement des larves nécessite une température minimale d'environ 13 °C dans la zone des berges peu profondes (Banks & Beebee 1987). Pendant les années humides, les marais dunaires qui ont été inondés jusqu'à la fin du printemps forment un biotope de reproduction optimal. Comme les crapauds calamites sont des chasseurs actifs, ils préfèrent pour leur habitat une végétation ouverte et de courte taille. De plus, ces animaux ont besoin d'une terre meuble pour pouvoir s'y abriter pendant la journée ou en période de sécheresse. Cela fait du crapaud calamite un très bon indicateur de la qualité du paysage de dunes ouvertes, dans lequel se trouvent toutes ces exigences en matière d'habitat. L'espèce est aussi clairement adaptée à son caractère dynamique. L'espèce est également régulièrement présente sur la plage et dans les laisses de mer. De cette façon, la plage peut éventuellement servir de zone de liaison entre les zones de dunes. Le crapaud calamite se retrouve dans presque toute la zone d'étude. Du côté français, l'espèce est présente dans les quatre zones dunaires, et il peut y avoir des échanges considérables entre sous-populations. Par ex., l'espèce a également rapidement colonisé une mare nouvellement creusée sur le versant nord des « dunes fossiles », et d'autres populations « mobiles » se trouvent dans les polders français. La restauration et le creusement de nouvelles mares devraient également donner un coup de fouet supplémentaire à l'espèce, côté français. À la côte belge, l'espèce se retrouve du côté ouest, entre la frontière française et Ter Yde. En raison du fort découpage des dunes, le croisement génétique entre les sous-populations peut ne pas être aisé. Des recherches génétiques ont montré que la sous-population de Noordduinen-Oosthoek est génétiquement appauvrie et que celle de Ter Yde montre des signes de forte dérive génétique (Cox et al. 2015).

Le triton à crête est une espèce vivant dans les paysages ou forêts stables et structurellement riches, qui peut survivre par elle-même dans une grande variété de types de bassins. La survie durable de l'espèce nécessite avant tout un nombre relativement important de mares interconnectées dans un habitat de plusieurs dizaines d'hectares, ce qui indique l'importance d'une structure de métapopulation (Joly 2001).

Comparé au crapaud calamite, le triton à crête est très sédentaire. Plusieurs études montrent que la majorité des individus se trouvent au plus à quelques dizaines de mètres de leur mare de naissance (Jehle 2000). L'occupation de nouvelles mares est principalement faite par des juvéniles ou par de jeunes adultes d'un ou deux ans. Dans leur recherche sur des juvéniles en paysage agricole, Kupfer et

Kneitz (2000) ont trouvé une dispersion moyenne de 250 m avec un maximum de 860 m. D'autres études confirment une dispersion maximale d'environ un kilomètre (Edgar & Bird 2006). Le triton à crête a récemment été trouvé dans les dunes Dewulf, Marchand, Perroquet, dans le Westhoek, les dunes de Houtsaegeer et d'Oosthoek. À Cabour, quelques individus adultes ont été trouvés en 2009 (PINK) mais l'espèce n'apparaissait plus dans les recensements plus récents.

Parmi les oiseaux nicheurs sont allouette lulu, pie-grièche écorcheur, traquet motteux, pipit des arbres et pipit farlouse sont des bonnes espèces indicatrices pour la qualité de la dune ouverte bien que pas tous ces espèces actuellement sont encore nichant dans la région. Pie-grièche écorcheur est disparu déjà depuis un certain temps des dunes Française. Jusqu'au début des années 2000 l'allouette lulu, traquet motteux et pipit farlouse nichaient régulièrement dans les dunes fossiles de Ghyvelde. L'allouette lulu, a quitté les dunes fossiles plus tôt que les autres dunes côtières (environ 5-8 couples). Le pipit des arbres a complètement disparu et connaît une véritable régression. Un couple de traquet motteux a niché dans les dunes fossiles jusqu'à 2015. Le traquet motteux Traquet motteux risque aussi à disparaître des zones ouvertes de la port de Dunkerque entre temps chaque année on entend ici encore toujours le pipit farlouse. Le déclin du traquet motteux et du pie-grièche écorcheur comme oiseaux nicheurs des dunes semble liée à une offre diminuée des proies plus grosses. Surtout pendant la dernière phase de l'élevage des jeunes les oiseaux ont besoin des grandes insectes riche en protéines. Pour le traquet motteux par exemple, se sont surtout les chenilles de papillons et les larves de coléoptères du genre élatéridae et tenebrionidae (Van Oosten et al. 2008). L'abondance de ces insectes est déterminé par la richesse structurelle de la végétation. Une végétation basse, ouverte est essentielle pour le traquet et le pie-grièche parce que ces oiseaux repère leurs proies à vue (et à l'ouïe) en train de parcourir leur habitat (Versluijs et al., 2008). De façon générale, les dunes devra pouvoir satisfaire les besoins des divers stades d'insectes, de l'œuf à l'adulte, par exemple des espaces ouverts qui peuvent être réchauffés rapidement pour le développement des oeufs et des des lieux plus rugueux sont important pourque puissent se cacher les images. Ce qui concerne l'habitat et la nourriture le pipit farlouse a des besoins similaires, mais il est moins exigeant. La tendance de la population de pipit farlouse est un excellent indicateur de la qualité des paysages ouverts de dunes.

Ainsi que le traquet motteux et le pie-grièche écorcheur le nacré vert foncé des Prairies dunaires sont également des espèces des pelouses dunaires qui ont disparu de la région. La forte diminution de la superficie de pelouses dunaires dans la région semble une explication logique. Pour maintenir une population de nacré Salz & Fartmann (2009), proposent par exemple, une superficie de 100 ha pelouse dunaire plein de pensée(violet). Mais tout comme avec le traquet motteux et la pie-grièche écorcheur ce n'est pas seulement la superficie mais aussi la qualité de l'habitat qui est d'une grande importance. Molenaar (2005) souligne l'importance de la végétation courte et clairsemée, comme une place grandissante pour les pensées et le développement des chenilles. Surtout le dune nacré a besoins des taches de sable nu pour sa thermorégulation. Au niveau du paysage c'est également important que les papillons trouvent des végétation rugueuse enrichies de fleurs comme source de nectar. L'observation d'une nacré vert foncé en juillet 2010 dans les Dunes du Perroquet indique peut-être une ultime chance pour la recolonisation de cet environnement. Le sable nu est un élément important pour la thermorégulation et le comportement territorial des mâles (Segers et al. 2014). Dans les dunes fossiles l'espèce n'est plus observé depuis 1999, dans les dunes du Perroquet l'espèce a disparu en 2005.

1.8. Gestion de la nature

Les interventions écotechniques telles que le fauchage, le pâturage, la coupe, le brûlage, le creusement et le pelage de mottes jouent un rôle essentiel dans la conservation de la nature. Cependant, la motivation pour la mise en œuvre de telles actions réside en partie dans l'absence d'une régulation plus naturelle de l'écosystème. Dans de nombreux cas, le développement ou la gestion de la nature consiste à réduire artificiellement la succession lorsque cela se produit dans des conditions naturelles, par exemple par vaporisation, inondation ou pâturage par de grands herbivores sauvages (Weeda et al., 2006). Ainsi, les espèces de milieux pionniers ou de végétations paraclimaciques ont la possibilité de s'établir. En particulier, le fauchage et la gestion du pâturage sont fréquemment utilisés dans les habitats côtiers dunaires et visent à maintenir les premiers stades réussis, comme les pelouses dunaires herbacées et la végétation pionnière de la vallée dunaire. Le pâturage, en particulier, comble le fossé qui s'est creusé après la disparition du pacage du bétail pour l'autosuffisance des résidents locaux (voir ci-dessus). Une telle gestion n'est considérée comme moins essentielle que pour le pied des dunes, les dunes à oyats, les fourrés et bois dunaires, bien que l'utilisation de grands herbivores puisse également profiter aux valeurs naturelles de la région.

2. Biodiversité propre à la côte

2.1. Habitats et espèces

2.1.1. Les communautés benthiques

La zone littorale peut se subdiviser en trois sous-zones, la zone côtière, le haut-estran et le bas-estran. La zone la plus haute est la bande côtière (EUNIS A2.21), qui draine régulièrement des algues pendant la marée haute. Diverses espèces d'arthropodes moins communs, à savoir les puces des mers (Talitridae), opilions (Coelopidae), certaines espèces de scarabées (Coleoptera) et des plantes halophiles (très) rares comme la bette maritime (*Beta maritima maritima*), le chou marin (*Crambe maritima*), le pavot cornu (*Glaucium flavum*), l'arroche des sables (*Atriplex laciniata*) et la renouée des oiseaux (*Polygonum oxyspermum* subsp. *railii*) en dépendent complètement. Le territoire concerné par l'étude est l'une des plus importantes zones pour les espèces de plantes de laisse de mer de la côte belge (vision de l'écosystème). Les principales influences négatives sur la communauté des espèces de laisse de mer proviennent de la récréation (fréquentation, etc.) et du nettoyage des plages, ce qui perturbe également la formation des dunes embryonnaires. Dans la zone du haut-littoral, on trouve la communauté Amphipoda – *Scolecopsis* (EUNIS A2.223), dans la zone du bas-littoral, la communauté Polychètes – Amphipoda (EUNIS A2.23). Le macrobenthos littoral est une source nutritive essentielle pour les oiseaux (mouettes et échassiers). *Scolecopsis squamata* est une source nutritive importante pour le bécasseau sanderling notamment. Le bécasseau variable mange surtout des Polychaeta ; l'huître pie, presque exclusivement des coquillages. La zone intertidale est la zone nourricière la plus importante pour les poissons plats le long du littoral belge (Vanden Eede 2013). Les plages plates de la côte occidentale notamment constituent des nourriceries importantes, y compris pour les crevettes. La densité du macrobenthos est une question de survie pour le poisson juvénile. Les chenaux le long de la côte dans la zone intertidale présents le long des plages de la côte occidentale se caractérisent par une grosseur de grain faible du sédiment, une teneur élevée en matière organique, un temps d'immersion plus long et une grande diversité et densité de faune du sol. D'après Vanden Eede (2013), la valeur biologique de la zone intertidale varie fortement dans le périmètre du projet, de forte localement à Oostduinkerke, Nieuport et Lombardsijde, à relativement basse à La Panne.

La zone sublittorale est dominée par du sable fin mélangé à des boues, avec la communauté *Abra alba* – *Kurtiella bidentata* (EUNIS A5.333). Elle est considérée comme la communauté la plus riche en espèces et individus sur la côte belge. Des espèces importantes dans cette communauté sont les mollusques bivalves *Abra alba*, *Tellina fabula* et *Spisula subtruncata*, qui servent de nourriture aux poissons tels que le cabillaud *Gadus morhua* et aux oiseaux marins tels que la macreuse noire *Melanitta nigra*. Le secteur d'étude avec les zones de Trapegeer, Boersbank et Potje est la région privilégiée de la macreuse noire. Dans la communauté *Abra alba* – *Kurtiella bidentata* apparaissent également des espèces formant un habitat (ecosystem engineers) comme le ver tubicole *Lanice conchilega*, *Owenia fusiformis* et *Spiophanes bombyx*. Les « récifs » dits à vers tubicoles abritent un nombre plus élevé d'espèces que le sol environnant. Ils peuvent faire office de substrat pour la dissémination des larves de moules, mais les bancs de moules n'apparaissent pas sur place pour l'instant. En revanche, ils existaient par le passé dans la zone côtière (Degraer et al. 2009). De même, les « récifs » assurent la stabilisation du sol et la sédimentation. Ces processus peuvent être importants dans le cadre du changement climatique. Le périmètre du projet fait partie des zones présentant la meilleure adéquation pour l'habitat destiné aux récifs de vers tubicoles le long de la côte belge. Les « récifs » peuvent être endommagés ou éliminés par la pêche au chalut de fond. Même si le ver tubicole peut survivre à une pression de pêche considérable (1 passage toutes les 48 h), la faune riche correspondante disparaît après un seul passage d'un chalut de fond (Degraer et al. 2009). De même, l'extraction de sable, le rechargement de l'estran, le dragage et le déversement de matériel de dragage

ont un effet négatif sur les « récifs ». Une deuxième communauté qui se présente dans une partie de la zone, grossièrement sur la plage entre Nieuport et Coxyde en direction de la mer et vers l'ouest, est la communauté *Nephtys cirrosa* (EUNIS A5.233) (vision de l'écosystème). Cette communauté apparaît dans le sable moyen avec une teneur en vase (limons) faible dans les eaux peu profondes (5 m). La communauté *Nephtys cirrosa* est relativement pauvre en espèces et individus, étant constituée essentiellement des polychètes et amphipodes en plus de *N. cirrosa*. L'oursin-cœur également (*Echinocardium cordatum*) apparaît localement dans cette communauté (Degraer et al. 1999). Une troisième communauté, encore plus pauvre en espèces, *Ophelia limacina* - *Glycera lapidum*, n'est présente que sporadiquement dans le périmètre d'étude, dans le sable grossier avec peu de boue. La désignation de cette communauté ne rentre pas bien dans la classification EUNIS, mais correspond en quelque sorte à la communauté de « *Glycera lapidum* dans du gravier et du sable mobiles infralittoraux à biocénose appauvrie » (EUNIS A5.135). Degraer (1999) cite un groupe d'espèces caractéristique dans un sol argileux d'un seul endroit de la zone du projet, avec notamment des barnées blanches *Barnea candida* et la crevette ravisseuse *Upogebia deltaura*. Ce biotope dit *Barnea candida* n'est pas riche en espèces et n'apparaît que localement dans la BNZ (État belge 2012). Hors de la zone du projet, la communauté *Macoma balthica* domine sur la côte (Degraer et al. 2009), ce qui correspond en quelque sorte à EUNIS A5.331 « *Nephtys hombergii* et *Macoma balthica* dans de la vase sableuse infralittorale ». La valeur biologique du sous-littoral peu profond à hauteur de Nieuport et de Lombardsijde est très élevée (Vanden Eede 2013).

Dans la partie française de la zone du projet, les mêmes communautés qu'en Belgique sont présentes sur le littoral (Rolet et al. 2014). Dans le sous-littoral français, la communauté *Abra alba* – *Kurtiella bidentata* est présente le long de la côte ; elle cède la place à la communauté *Ophelia* entre Hills Bank et Smalbank (Davoult et al. 1988, Prygiel et al. 1988). En France, une zone Natura 2000 existe, laquelle jouxte en très grande partie la zone Directive habitat belge en mer. L'importance écologique du système des bancs de sable est visiblement reconnue internationalement (Degraer et al. 2009).

Les bancs de sable sont une zone de nourrissage importants pour ses oiseaux de mer p.ex. mouette mélanocéphale, sterne caugek, sterne de Dougall, sterne pierregarin, sterne naine. Les sternes ne nichent pas sur la plage avants les dunes mais à quelques kilomètres de là, dans le port de Dunkerque. En plus ils sont un habitat d'hivernage très important pour de nombreuses espèces d'oiseaux, en particulier grèbe huppé, plongeon catmarin et macreuse noire. Ces dernières années on observe davantage de macreuses noires.

Natura 2000

Habitat 1110: Bancs de sable à faible couverture permanente d'eau marine. Cet habitat se présente sous les aspects suivant, que reflète bien la granulométrie du sédiment :

- Type 1110-2 : Sables moyens dunaires
- Type 1110-3 : Sables grossiers et graviers, bancs de maërl
- Type 1110-4 : Sables mal triés

Annexe 1:

Très important pour de nombreuses espèces d'oiseaux, en particulier.

Sterne caugek, Sterne pierregarin, Sterne naine, Mouette mélanocéphale, Mouette tridactyle, Plongeon catmarin Grèbe esclavon, Sterne de Dougall.

Zones de repos des phoques.

2.1.2. Vasières et prés-salés

Les plages, vasières, prés-salés, les hauts de plages et les dunes de front de mer constituent le biotope de la plupart des espèces inféodées à la côte. Ces espèces se caractérisent par leur

adaptation morphologique, physiologique, phénologique et/ou comportementale afin de résister à la combinaison du stress salin et à la dynamique de la mer et du sable. Vu l'importance de cette pression (sélective), cette communauté littorale n'est déterminée que par un nombre limité d'espèces caractéristiques. Les espèces de prés-salés exondés sont moins spécifiques à la côte et sont souvent présentes également dans les steppes salines continentales.

2.1.3. Plages, vasières, schorres et avant-dunes

Plages, vasières, schorres et avant-dunes constituent le biotope de la plupart des espèces côtières. Ces espèces se caractérisent par leur adaptation morphologique, physiologique, phénologique et/ou comportementale pour résister à la combinaison du stress salin et de la dynamique du sable et de la mer. Compte tenu de l'ampleur de cette pression (de sélection), cette communauté littorale n'est déterminée que par un nombre limité d'espèces caractéristiques. Les espèces de schorres plus stables sont moins spécifiques à la côte et se trouvent souvent dans les steppes salées à l'intérieur des terres.

Les sédiments fins peuvent se déposer et des plaques de boue peuvent se former dans les zones de marée abritées. Dans la zone d'étude, cela ne se produit que dans l'estuaire de l'Yser et (auparavant), dans une très faible mesure, dans les goulets du Perroquet et du Westhoek. Les vasières étaient en cours de formation dans la partie est de la « Plage des Alliés ». Elles ont entre-temps disparu sous la reconstitution de la plage. Les vasières sont inondées quotidiennement par l'eau de mer et seules les parties les plus hautes sont recouvertes de plantes vasculaires (voir le schorre inférieur). Les parties plus basses sont recouvertes d'algues bleues et de diatomées, les producteurs primaires du système. Elles peuvent former une pellicule se remarquant à la surface des sédiments. Dans et sur les sédiments, on trouve, entre autres, des vers polychètes, des annélides, des mollusques bivalves et d'autres mollusques tels les escargots de vase. Les espèces de macrobenthos les plus abondantes dans les vasières de l'estuaire de l'Yser sont le corophie tourneur (*Corophium volutator*), la gravette (*Nereis diversicolor*) et diverses espèces d'oligochètes (annélides). La telline de la Baltique est le bivalve le plus commun (Wittoeck et al. 2004). À marée basse, de grandes quantités d'échassiers se nourrissent dans les vasières. Dans le cadre du suivi des travaux de restauration de la nature dans l'estuaire de l'Yser (2001-2004), les espèces les plus courantes recensées étaient le bécasseau variable, le courlis, l'huître, le chevalier gambette, le vanneau huppé, le pluvier argenté et le pluvier doré (Devos & De Groote 2004).

Schorres

Les parties supérieures envasées de la zone intertidale sont moins longtemps inondées par la mer et peuvent être envahies de plantes vasculaires. En bas du schorre, on trouve des espèces de salicornes, de spartine anglaise, d'étoile de mer (zulte), de puccinellie commune et de petite soude maritime. La spartine anglaise est une grande espèce vivace à croissance rapide qui fixe les sédiments et accélère ainsi la formation des schorres. Ce taxon est né à la fin du XIXe siècle d'un hybride entre la petite spartine indigène et l'espèce *Spartina alterniflora* importée d'Amérique du Nord ; il a entre-temps chassé les espèces indigènes dans de nombreux endroits en Europe (en Belgique et dans le nord de la France également). Dans les végétations denses de spartine, l'escargot de vase est souvent présent en grand nombre.

Le schorre intermédiaire n'est inondé qu'aux marées de vive-eau et se caractérise par une végétation beaucoup plus riche, avec des espèces très caractéristiques comme le statice, le plantain, le triglochin, l'obione commune et la spergulaire maritime.

Le schorre supérieur n'est inondé qu'aux marées de vive-eau extrêmes. On y trouve, entre autres, le glaux, la spergulaire saline et la forme tolérante au sel de la fétuque rouge.

Sur la bande du schorre supérieur, côté intérieur des terres, s'accumulent souvent des laisses de mer constituées de matière organique emportée par les eaux. C'est un lieu de prédilection pour la camomille inodore, la bette maritime et l'arroche du littoral.

Les schorres abritent un grand nombre d'invertébrés caractéristiques tolérants au sel, adaptés au stress salin et aux inondations périodiques. Dans l'estuaire de l'Yser, il s'agit notamment des carabidés *Pogonus chalceus* (carabidé commun) et *Dicheirotrichus gustavii* (carabidé maritime) et des araignées *Allomengea scopigera* (palpe épineux alerte), *Argenna patula* (cardeuse des prés salés) et *Baryphyma duffeyi*, l'araignée cloche (Desender et al. 2004).

Obstacles et gestion

Les parties supérieures des schorres poussent à proximité du chiendent littoral, sans gestion. Le roseau peut aussi dominer sur les parties les plus hautes, presque entièrement dessalées. Le pâturage ou le fauchage est ici recommandé pour maintenir la biodiversité caractéristique. Par nature, la plaine côtière intertidale a peut-être été pâturée par des milliers d'oies migratoires, mais ce facteur ne joue plus de rôle significatif dans les portions de schorres restantes.

2.1.3. Plage

Un certain nombre d'espèces plus grandes (macrobenthos) vivent enfouies dans le sable et restent en contact avec la surface par un siphon (canal) ou des tentacules. Il s'agit principalement de vers polychètes comme l'arénicole (*Arenicola marina*) ou le lanice (*Lanice conchilega*) et de mollusques bivalves comme la coque (*Cerastoderma edule*) ou le fion (*Donax vittatus*). D'autres espèces, dont divers cloportes (Isopoda) et arthropodes (Amphipoda), ne vivent qu'enterrées à marée basse et nagent librement à marée haute. La petite faune interstitielle, y compris les nématodes et les copépodes, peut se déplacer librement entre les grains de sable. Enfin, une partie de la microfaune (organismes unicellulaires, bactéries) vit sur les grains de sable.

Un deuxième groupe important d'habitants et d'utilisateurs de la plage humide sont des migrants de l'environnement marin qui viennent avec la marée montante et repartent de la zone avec la marée descendante. Ils sont parmi les plus petits et les plus grands de la population marine : du plancton aux mammifères marins. La zone de la plage revêt une importance particulière en tant que lieu de reproduction de diverses espèces de poissons plats.

La plage inondée est une zone de chasse et de migration appropriée pour les phoques communs, les phoques gris et les marsouins. À marée basse, la plage sous-marine est une zone importante pour les oiseaux en quête de nourriture tels les bécasseaux sanderlings, bécasseaux variables, pluviers argentés et huîtres qui, avec leur bec long et étroit, recherchent le benthos et la faune échouée. Les goélands y viennent aussi fréquemment, en particulier pour s'y reposer. Ce sont surtout les charognards qui sont attirés par les animaux morts échoués et les matières organiques : goéland argenté, mouette rieuse et goéland cendré. Les goélands marins, petits et grands et parfois en grand nombre, cherchent leur nourriture en mer et viennent se reposer sur la plage. La plage humide couvre une superficie de 910 ha dans la zone d'étude. C'est le seul type de biotope pratiquement intact en termes de superficie.

Obstacles et gestion

La plage sous-marine est l'un des types de biotopes les plus naturels de la côte. La dynamique naturelle de la sédimentation et de l'érosion est fortement influencée par la reconstitution des plages en vue de la protection de la côte. Cependant, la reconstitution des plages reste l'une des formes de protection de la côte les plus respectueuses de l'environnement (Speybroeck et al. 2006), à condition de bien choisir le moment, le phasage et une granulométrie adaptée au substrat naturel. De plus, la perturbation de la tranquillité par les activités récréatives est un important obstacle pour les échassiers en quête de nourriture et les phoques au repos.

Substrat dur

Un substrat dur n'est pas présent naturellement dans la zone d'étude. Cependant, les bancs d'argile et de tourbe fossiles peuvent temporairement affleurer sur la plage et être colonisés par les algues, bernacles (Cirripedia), hydriaires (Hydrozoa), anémones de mer (Anthozoa), bryozoaires (Bryozoa), moules (*Mytilus edulis*) et bigorneaux (*Littorina* spp.) notamment. Habituellement, ces espèces ne se trouvent dans la région que sur les jetées, les digues de mer, les murs de ports et les épaves de navires (de la Seconde Guerre mondiale !). Ces milieux constituent une importante zone d'alimentation pour les tournepierres.

Sables des hauts de plage

Le haut de plage est la partie la plus inhospitalière de notre côte. Les parties les plus basses sont dans le ressac de vive-eau et la partie la plus haute est aride, salée et soumise à un vent marin violent. Les communautés vivantes qui forment le tout début du développement de la végétation se développent à partir de matière organique échouée à la limite supérieure du flot. La puce de mer *Talitrus saltator* joue un rôle important dans la fragmentation des algues (brunes) échouées, mais ce sont surtout les mouches qui assurent la décomposition ultime. Elles constituent le groupe d'invertébrés le plus abondant et écologiquement essentielle du haut de plage (Grootaert & Pollet 2004). Citons par exemple les espèces *Chersodromia* (représentantes des siptères empididés), *Coelopidae* et mouches des sables (espèces *Fucellia*).

Les limites supérieures de flot déstructurées et submergées constituent un lit de germes adéquat pour des espèces végétales annuelles telles que le cakilier, la soude brûlée, l'arroche de Babington ou l'arroche des sables, plus rare. Ces plantes se caractérisent par leur tolérance au sel et la force motrice de leurs semences, une condition importante pour la dissémination par la mer (thalassochorie). La matière organique se décomposant dans la laisse de mer fournit les nutriments nécessaires au développement des plantes. C'est important vu les besoins en azote du mécanisme physiologique qui assure la tolérance au sel.

Les plantes s'établissent dans la laisse de mer à la limite supérieure du flot à hauteur d'une bande côtière stable ou sédimentaire ; en cas d'érosion côtière, les lisses de mer sont généralement à nouveau balayées avant que la germination ne puisse avoir lieu. Même dans le cas d'un bilan sédimentaire globalement équilibré, les plages affichent par nature des phases d'accrétion du sable et d'érosion. Ces phases s'accomplissent sur des périodes de quelques décennies et se présentent comme de grandes vagues de sable migrant vers l'est (De Moor 1991). Cela signifie que la ligne côtière affiche, dans des conditions naturelles, un zonage géographique d'érosion et d'accrétion et par conséquent aussi, de végétation sur le haut de plage. Les zones de plages sans érosion sont également importantes pour les oiseaux nicheurs caractéristiques tels que le gravelot à collier interrompu et la sterne naine. Comme pour de nombreux arthropodes inféodés à la plage, la présence de ces espèces est déterminée par la disponibilité de nourriture associée à la mer.

Obstacles et gestion

L'activité récréative est le principal souci pour l'arrière-plage. Le passage des marcheurs, les jeux et les bains de soleil des vacanciers détruisent la végétation des lisses de mer, ce qui empêche également la formation de dunes embryonnaires. Le relèvement et le nettoyage mécanique des plages perturbent également les processus naturels sur l'arrière-plage. La perturbation de la tranquillité, occasionnée par les activités récréatives, est préjudiciable aux oiseaux nicheurs caractéristiques. Jusqu'aux années 1950, il existait encore des dizaines de nidifications de la sterne naine et du pluvier sur les plages belges. Par la suite, elles ont diminué de manière très abrupte, jusqu'à ce que ces espèces aient complètement disparu (Lippens 1954, De Putter & Orbie 1990).

Le nettoyage sélectif des plages est une mesure de gestion simple et efficace de la plage en termes de biodiversité. Il est difficile de fermer des zones de plage à l'intérieur de la zone d'étude étant donné la fonction de liaison récréative, mais le zonage de l'utilisation et la fermeture locale et temporaire de l'arrière-plage peuvent apporter des avantages naturels importants. Du côté français, on réfléchit depuis un certain temps à des méthodes efficaces de nettoyage des plages et au zonage de cette activité.

La plantation de broussailles pour la protection du littoral constitue en principe une perturbation des processus naturels des plages, mais les haies de broussailles représentent souvent la seule forme de protection de la flore des laisses de mer sur les arrière-plages très fréquentées. Les broussailles constituent ainsi un moyen de favoriser le développement des dunes embryonnaires. Dans ce cadre, il est important que le bois utilisé soit complètement mort, pour qu'il ne puisse pas pousser.

Natura 2000

En France c'est inclus comme sous-type 1140-1 Sables des hauts de plage à Talitres (façade atlantique).

2.1.4. Dune embryonnaire

Les végétations de la laisse de mer avec le cakilier maritime constituent un facteur d'initiation de la formation des dunes embryonnaires. La dune embryonnaire est la zone où le sable est très mobilisable par le vent. Cette zone n'est jamais directement affectée par l'eau de mer, même aux plus fortes marées, mais seulement par les embruns. Sur la dune embryonnaire le chiendent des sables (*Elymus farctus*) permet la toute première fixation du sable. Cette graminée forte est capable de croître avec le sable accumulé et travaille donc activement à la formation des dunes. Les petites dunes perdent leur caractère salé et la végétation vient sous l'influence de l'eau douce phréatique. Ces conditions autorisent l'implantation d'autres espèces comme le Liseron des sables (*Calystegia soldanella*), l'Euphorbe maritime (*Euphorbia paralias*) ou le Panicaut des dunes (*Eryngium maritimum*). La graminée la plus compétitive, l'oyat, prend dès lors le rôle de fixateur de sable et du formateur de dune.

Le cakilier maritime pousse aussi sur les débris apportés par la mer. Les fleurs de cette espèce sont intéressants pour les insectes cherchant le nectar, comme les papillons diurnes (atalanta et le souci (coleas croceus)). Les graines sont consommées par des oiseaux migrateurs et les visiteurs de l'hiver p.ex. le bruant lapon

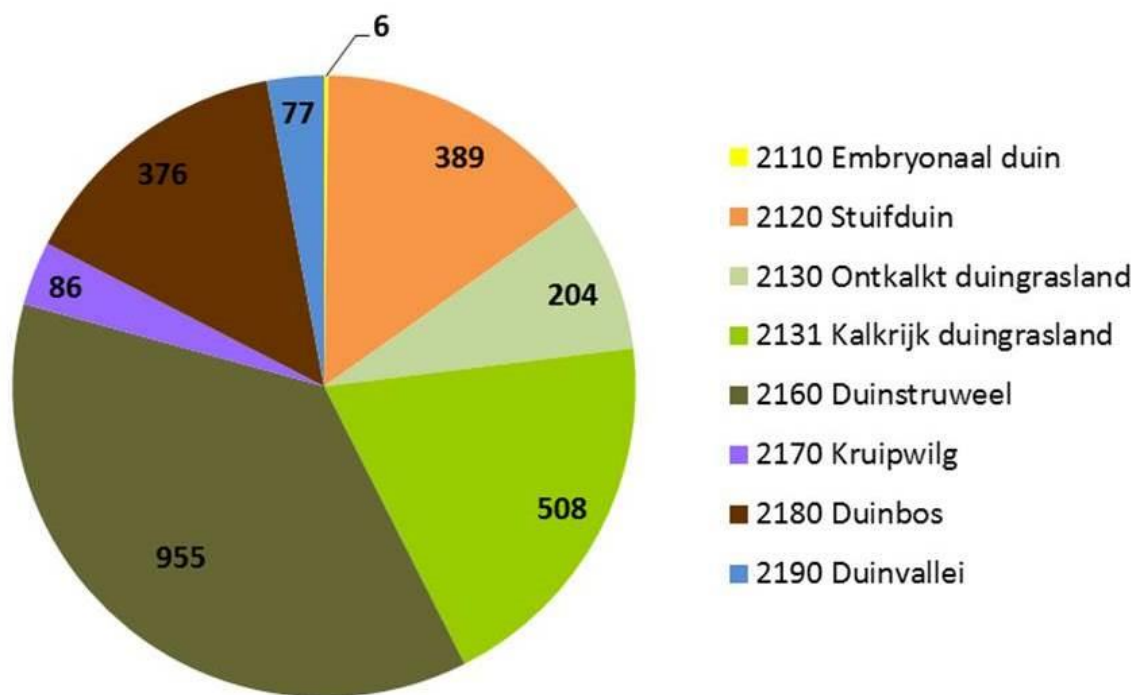


Fig. 1.28. Surface (ha) des habitats européennes dans la zone d'étude.

2110 Dunes mobiles embryonnaire

2120 Dunes mobiles du cordon littoral à *Ammophila arenaria* (« dunes blanches »)

2130 *(ici indiqué 2131) Dunes côtières fixées à végétation herbacée (« dunes grises »)

2150 *(ici indiqué 2131) Dunes fixées décalcifiées atlantiques (Calluno-Ulicetea)

2160 Dunes à *Hippophaë rhamnoides*

2170 Dunes à *Salix repens* ssp. *argentea* (*Salicion arenariae*)

2180 Dunes boisées des régions atlantique, continentale et boréale

2190 Dépressions humides intradunales

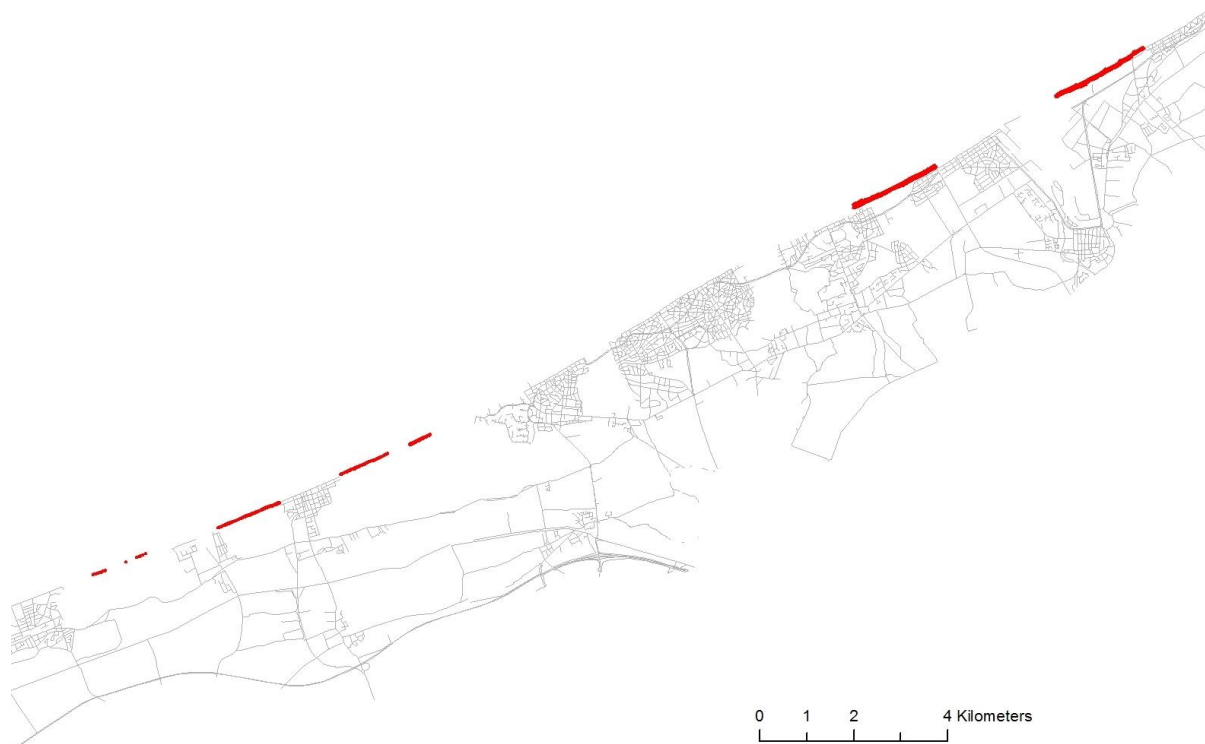


Fig. 1.29. Répartition de l'habitat 2110, dunes mobiles embryonnaire dans la zone du projet.

2.1.5. Végétation des dunes blanches

Ce terme regroupe les formations végétales discontinues, où le sable libre et mobile apparaît très largement dominant. Les espèces les plus communes de la dune blanche sont des graminées comme l'Oyat (*Ammophila arenaria*), le Chiendent cassant (*Agropyron pycnanthum*) ou la Fétuque des sables (*Festuca* sp.). Sont également largement présentes des espèces telles que l'Euphorbe des dunes (*Euphorbia paralias*) et le Carex des sables (*Carex arenaria*). D'autres espèces beaucoup plus rares et remarquables se rencontrent dans ce milieu. C'est le cas du Liseron soldanelle (*Calystegia soldanella*), du Chardon bleu (*Eryngium maritimum*) et de l'Elyme des sables (*Elymus arenarius*). La dune blanche peut se trouver très près du littoral (dune bordière) où elle subit l'influence directe de la mer, ou plus à l'intérieur (dune blanche interne).

Les dunes blanches à oyats forment un environnement extrême où seuls les organismes fortement spécialisés peuvent survivre. La pulvérisation permanente de sable par le vent empêche la formation du sol et ne permet pas facilement aux plantes de s'installer. L'oyat, la fétuque à feuilles de jonc (*Festuca juncifolia*) et la laïche des sables peuvent lier le sable avec leurs longs rhizomes à croissance rapide et déterminent la structure de la végétation. Lors de la fixation du sable, d'autres espèces peuvent progressivement s'y établir, comme le panicaut des dunes ou le liseron des dunes. Ils ont généralement un système racinaire robuste qui leur permet de prendre pied fermement dans le sol et d'atteindre l'eau souterraine ou la nappe phréatique souvent très profonde.

Dans le sable minéral, la vie dans le sol est limitée. Quelques espèces de champignons sensibles à la compétition qu'on ne trouve que dans les dunes à oyats en profitent, comme la psathyrelle des sables, la pézize ammophile et la très rare *Hohenbuehelia culmicola* (Ozinga et al. 2013). La dune bordière est riche en espèces spécifiques à la côte en raison de la dynamique, du microclimat doux et humide et de l'influence saline par les embruns (De Rond 2010). Diverses espèces animales sont également étroitement liées à la structure végétale typique des touffes d'oyat et de sable libre. Assez étonnamment, il y a beaucoup d'espèces atlantico-méditerranéennes telles que l'euphorbe des dunes, le fenouil marin, le limaçon de Pise ou le cornet étroit. *Aegialia arenaria*, *Philorhizus (Dromius) notatus* et l'araignée *Baryphyma maritimum* sont exclusivement inféodés à la dune bordière. Cette dernière espèce occupe une zone ouest-européenne limitée et peut donc être

considérée comme une espèce importante internationalement. Plusieurs espèces dites typiquement liées à l'Oyat apparaissent également assez bien dans les marais de laîches au sud de la Belgique (par exemple l'araignée *Marpissa nivoyi* et le carabidé *Demetrias monostigma*). Cette double écologie est une conséquence directe d'une préférence pour les habitats chauds et humides.

De nombreuses espèces d'invertébrés spécifiques sont inféodées aux dunes d'oyats en raison de leur plante nourricière. L'otiorhynque noir (*Otiorhynchus atroapterus*), le pallidus jaune (*Cylindronotus pallidus*) et la leucanie de l'oyat (*Mythimna litoralis*) affichent une relation directe avec l'oyat.

Chortodes elymi est une espèce de papillon de nuit monophage rare présente sur l'élyme des sables. Quelques espèces de cicades, pucerons et mouches rentrent également dans cette série de spécialistes. Le sphinx de l'euphorbe et l'agreste sont probablement mieux connus, mais moins exclusivement associés à la dune bordière. Les chenilles de ces papillons se nourrissent respectivement d'euphorbes (des dunes) et de graminées, surtout de fétuques.

La dune bordière et les dunes embryonnaires présentent également un caractère nitrophile surprenant du fait de l'input de la mer. C'est surtout lors de la croissance de la micro-algue brune *Phaeocystis globosa* que le ressac libère beaucoup d'ammonium-azote (Rauch et al. 2008).

L'abondance de laitrons des champs par exemple dans la dune bordière en est une preuve. Tous ces facteurs écologiques montrent un fort gradient perpendiculaire à la ligne côtière. On remarque également à petite échelle une forte différenciation dans les communautés vivantes, avec par exemple une différence surprenante entre le côté mer et le côté terre de la dune bordière (Van Heerdt & Mörzer Bruyns 1960).

Le pipit farlouse est le plus généralisé des oiseaux nicheurs des dunes à oyats. L'alouette des champs et le cochevis huppé ont pratiquement complètement disparu.

Les touffes des graminées en décomposition entraînent un enrichissement temporaire en azote, ce qui se traduit par un nombre étonnamment élevé d'espèces de plantes rudérales. Dans cette phase, la dune à oyats constitue l'un des sites préférés de variétés calcicoles comme la carline vulgaire et l'inule conyze.

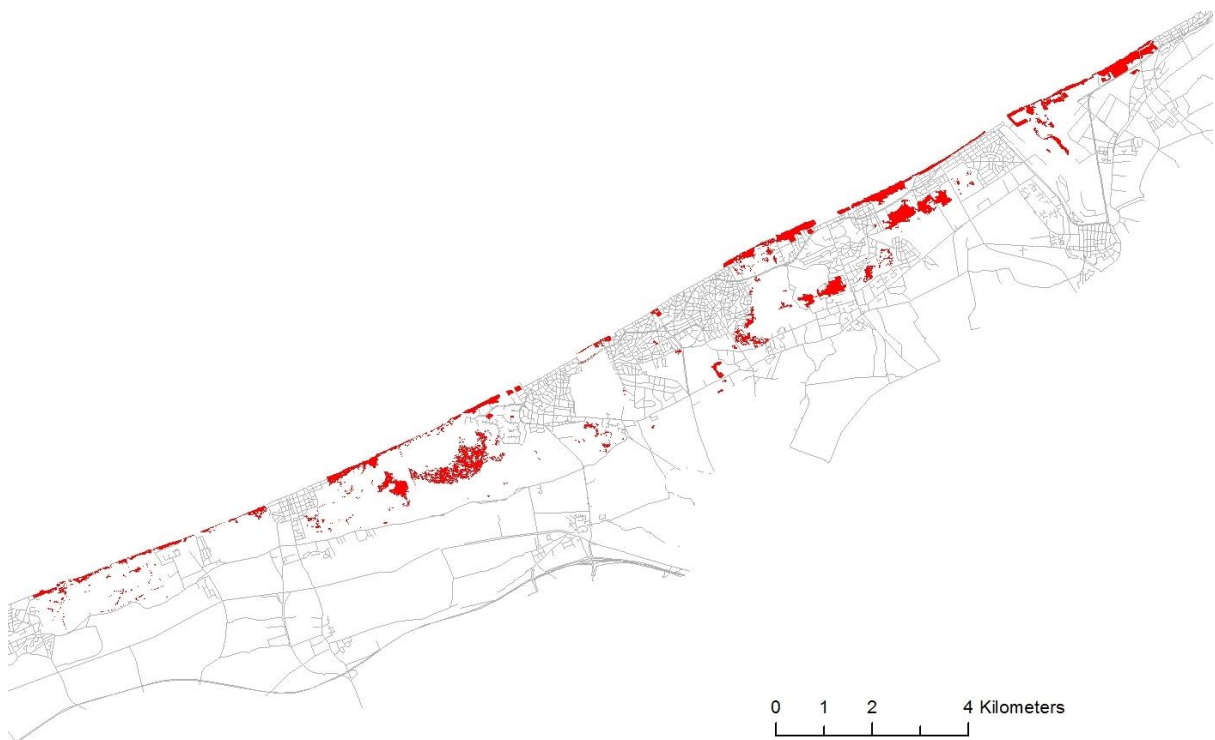


Fig. 1.30. Répartition de l'habitat 2120, dunes mobiles du cordon littoral à *Ammophila arenaria* (« dunes blanches ») dans la zone du projet.

2.6.1. Dunes grises et pelouses dunaires pionnières

Les espèces végétales caractéristiques des dunes grises et des pelouses dunaires pionnières présentent des adaptations physiologiques, morphologiques ou phénologiques au milieu sec. Dans les mousses aquatiques, par exemple, les feuilles se recourbent lorsqu'elles sont sèches et les filaments blanchâtres agissent comme des réflecteurs solaires. D'autres espèces se caractérisent par leur succulence (orpin et candélabre), leurs petites feuilles (sablina) ou leur forte pilosité (myosotis rustique). De nombreuses mousses annuelles germent avant l'hiver et ont terminé leur cycle de vie complet à la fin juin. Ces annuelles hivernales, comme la céréaiste des sables et la fléole des sables, survivent à la période la plus sèche sous forme de graines. Certaines espèces animales présentent des adaptations similaires : les invertébrés deviennent adultes en hiver et au début du printemps, et restent à la fin de l'été dans la végétation périphérique intermédiaire pour leur développement juvénile. D'autres espèces survivent à la sécheresse estivale en s'enterrant. Les espèces estivales spécifiques sont très résistantes à la sécheresse et souvent actives la nuit. On en trouve des exemples surtout chez les prédateurs comme les araignées et les carabidés, qui ne sont pas liés à certaines plantes nutritives mais à la présence d'un nombre suffisant de proies comme les collemboles et les dolichopodidés. Les arthropodes résistants à la sécheresse et actifs pendant l'été sont typiquement le criquet à ailes bleues, le bembex à rostre, le scarabée de tigre dunaire du nord, la *Myrmica specioidea*, l'*Alopecosa fabrilis* et la mouche à poils longs (*Dysmachus trigonus*). Plusieurs escargots typiques de dunes grises ont des coquilles épaisses et blanchâtres qui offrent une protection contre le soleil : escargot des dunes, caragouille globuleuse, cornet étroit et maillot des mousses. L'escargot *Vertigo cylindrique* vit plutôt caché au milieu de la mousse. La plupart des espèces de dunes grises sont liées au type de substrat et peuvent donc également être trouvées dans les systèmes sablonneux intérieurs. La violette des dunes et le bec-de-cigogne glutineux sont des plantes vasculaires spécifiques de la côte, avec une présence majeure dans les dunes grises et les pelouses dunaires pionnières. Elles couvrent également une aire limitée, principalement en Europe occidentale, ce qui nous permet de les considérer comme l'espèce cible ultime. De plus, la violette des dunes est l'une des plantes-hôtes les plus visitées dans les dunes par les petits nacrés. L'asperge prostrée est également une espèce côtière endémique de l'Europe de l'Ouest, mais cette espèce est également présente sur les falaises (Kay et al. 2001). Les dunes grises sont également riches en champignons spécifiques tels que le tulostome, le clitocybe, l'agaric des dunes, le conocybe des dunes ou le marasme anormal.

Dans les dunes grises plus matures, dominées par la sphaigne des dunes et le faux lichen des rennes, nous trouvons plusieurs espèces spéciales de mousse (lichens) telles que la sphaigne des champs, la sphaigne des dunes (*Diploschistes muscorum*) et le lichen des dunes (*Leptogium gelatinosum*).

Dans les dunes décalcifiées, nous trouvons dans des situations jeunes et ouvertes, de la végétation avec des canches des sables et des laïches des sables comme liants de sable majeurs. En cas de fixation ultérieure s'y développe une dune grise riche en espèces de lichens telles que le lichen de renne ouvert (*Cladina portentosa*), le lichen de renne courbe (*C. arbuscula*) ou la cétraire épineuse (*Cetraria aculeata*).

Obstacles et gestion

Les dunes grises sont sensibles au passage de visiteurs récréatifs et des grands herbivores. Cela s'applique à un certain nombre d'espèces de mousses (lichens), mais aussi aux invertébrés qui font leur nid dans le sable, comme le bembex à rostre. Par contre, en l'absence d'une gestion active, une colonisation herbeuse se développe, avec de la fétuque rouge ou des laïches des sables, à moins que les dunes grises ne soient exposées au sud. Dans de nombreux cas, les dunes grises et les pelouses dunaires pionnières doivent donc être considérées comme un stade temporaire dans la transition de dune mobile ouverte en pelouse dunaire. Le pâturage intensif temporaire qui peut rétablir cette transition est donc une forme de gestion appropriée.

Natura 2000

2130 Dunes côtières fixées à végétation herbacée (dunes grises)

2.1.7. Pelouse dunaire

Dans les pelouses dunaires bien développées, le gaillet jaune est déterminant pour l'apparence. L'espèce est presque toujours accompagnée d'espèces plus communes de prairies, comme le pâturin des prés, le géranium mollet ou la porcelle enracinée. Dans les prairies plus anciennes, les roses des dunes peuvent aussi dominer. Sur notre côte, la flore des pelouses dunaires sèches comprend de nombreuses espèces de plantes particulières à la Flandre, généralement calcicoles, telles que l'hélianthème jaune, l'aspérule des sables, le thésion couché, la potentille printanière, le cirse acaule, la mousse des jardiniers et la mousse épicaë. Les végétations présentent des similitudes avec les prairies ripisylves et les prairies calcaires (Slings 1994) et peuvent être très riches en espèces. Les pelouses dunaires et les dunes grises calcaires couvrent ensemble une superficie d'environ 510 ha, soit 20 % de tous les habitats dunaires (figures 1.28 à 1.31). Le type est très fragmenté dans l'espace, un fait qui n'est pas suffisamment exprimé sur la carte car, dans la pratique, il est souvent représenté en complexes.

Sur les sols décalcifiés se développent des formations herbeuses à *Nardus*, y compris la téesdalie à tige nue, la fétuque en écureuil, la danthonie décombante et la violette des chiens. Les végétations dominées par les bruyères ne se trouvent que dans la zone d'étude de la Schuddebeurze, où elles ne couvrent que quelques mètres carrés. À un autre endroit à Ghyvelde, la bruyère n'a pas été observée récemment.

À Ghyvelde-Cabour et dans le Schuddebeurze, on trouve des dunes grises et des pelouses dunaires décalcifiées. Elles couvrent ensemble une superficie d'environ 200 ha, soit 8 % de tous les habitats dunaires (figures 1.28 à 1.32). Il s'agit souvent de variétés pauvres en espèces compte tenu de l'usage agricole (antérieur).

Les pelouses dunaires sont également très riches en faune, bien que les espèces typiques ne soient pas vraiment spécifiques à la côte, mais se rencontrent aussi dans les pelouses calcaires ou les landes. En raison de leur grande diversité végétale, elles sont riches en insectes phytophages (punaises, cigales, pucerons, charançons et papillons) avec ou sans une plante alimentaire spécifique. En ce qui concerne les phalènes macroscopiques, le gaillet est une plante hôte très importante pour, entre autres, la mélanthie du caille-lait, le rayé oblique, le tapis d'eau et le petit sphinx de la vigne (Sierens 2015). Les plantes plus hautes ne sont pas les seules à servir de plantes-hôtes. Par exemple, la lithosie naine, également un papillon de nuit, hiberne comme une jeune chenille et se nymphose dans un paillis d'araignée lâche entre les mousses (lichens). Cependant, la présence de plantes nutritives ne garantit pas la présence de populations vitales, et la structure environnementale et la présence d'une étendue suffisante de prairies sont au moins aussi importantes (Salz & Fartman 2009).

Le traquet est un oiseau nicheur typique des pelouses dunaires, qui niche dans les terriers abandonnés des lapins. Après une longue période de déclin constant, cette espèce a disparu de la zone d'étude comme oiseau nicheur. Les derniers couples nicheurs de la côte flamande ont été trouvés dans les prairies de l'estuaire de l'Yser. Jusqu'en 2015, un couple se reproduisait encore dans les dunes fossiles de Ghyvelde. La pie-grièche écorcheur est également un oiseau nicheur typique des dunes, mais elle a disparu de la zone côtière flamande depuis la fin du siècle dernier (Rappé et al. 1996, Lippens & Wille 1972). Les deux espèces connaissent un déclin similaire dans les basses terres, commençant dans le sud et se déplaçant graduellement vers le nord. Une réimplantation n'est pas évidente étant donné la diminution de la population d'Europe de l'Ouest et le niveau élevé de fidélité au site de nidification.

Obstacles et gestion

Les pelouses dunaires sont principalement constituées de végétation semi-naturelle, créée par le débroussaillage et le pâturage. Seuls les jeunes stades de prairie, dont la violette des dunes, la bugrane rampante et l'orobanche, peuvent apparaître naturellement sur les versants sud ou sous l'influence d'une légère pulvérisation excessive. En l'absence d'une gestion active de la nature, les pelouses dunaires se transforment généralement en broussailles ou en fourrés, une évolution qui est accélérée par le dépôt d'azote. Le fauchage et le pâturage peuvent tous deux développer des pelouses dunaires riches sur le plan botanique. Le développement optimal de la faune caractéristique nécessite une grande richesse structurale avec des espaces ouverts, des prairies courtes et longues et des broussailles qui peuvent être maintenues en l'état par une gestion extensive du pâturage.

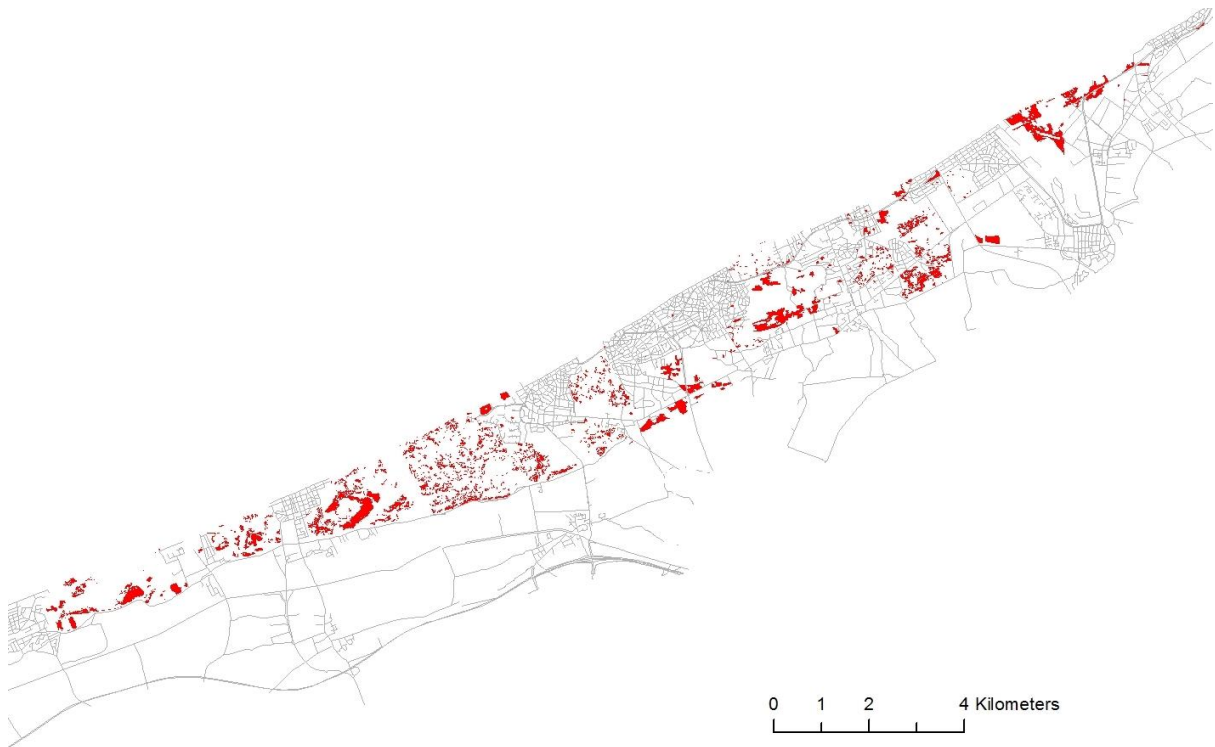


Fig. 1.31. Répartition de l'habitat 2130 Dunes côtières fixées à végétation herbacée (« dunes grises », type calcaire)

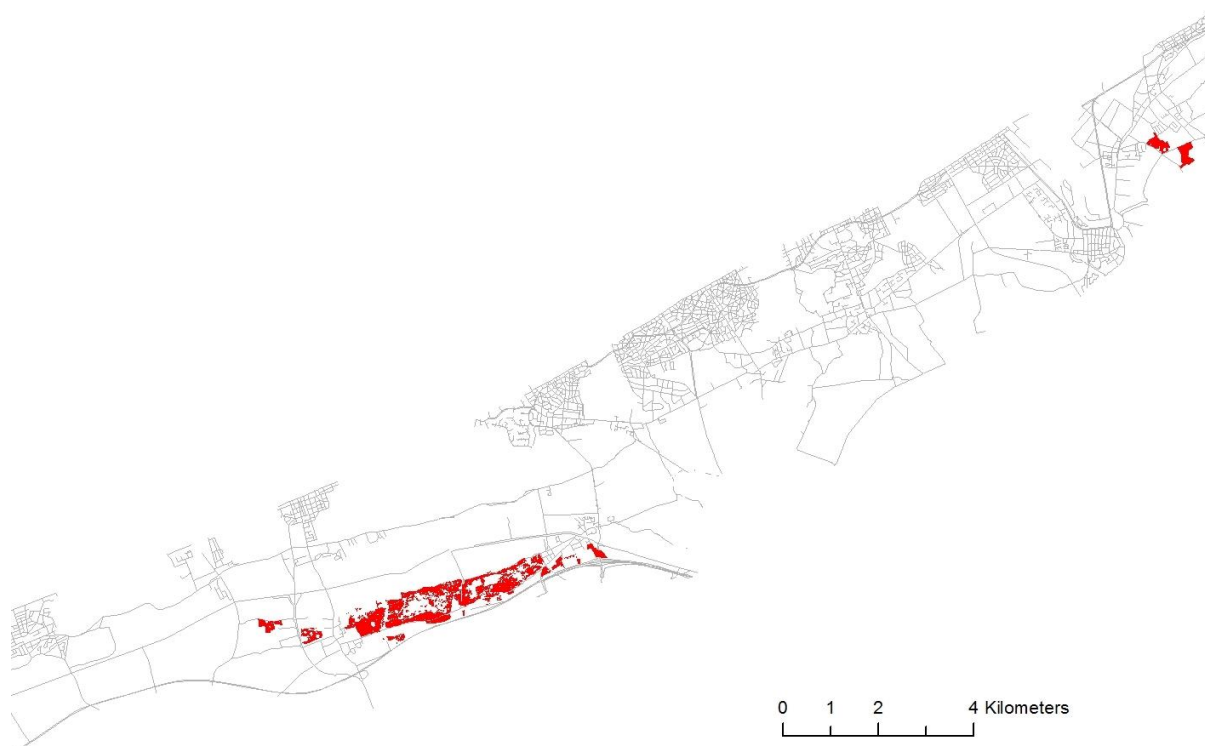


Fig. 1.32. Répartition de l'habitat 2130 Dunes côtières fixées à végétation herbacée (« dunes grises », type décalcifiée)

2.1.8. Pannes humides

Les vallées de dunes humides récentes constituent un milieu très spécifique par la combinaison de sable humide riche en calcaire et d'une teneur en nutriments faible. Les végétations pionnières se composent en grande partie d'espèces telles que l'agrostis stolonifère, le jonc à fruits luisants ou le saule rampant, mais on trouve aussi parfois dans les premières années des spécialistes comme l'érythrée en ombelle, la laîche naine, la sagine noueuse ou la brye réticulée (*Bryum algovicum*). Incidemment, des espèces particulières peuvent apparaître d'un stock de semences dans des sols fossiles, qui sont mis à nu par les vents. Il s'agit généralement d'espèces de joncs ou de laîches, mais parfois aussi de dicotylédones (Leten & Fassiaux 2008). Les vallées dunaires doivent surtout leur réputation botanique à un stade de succession quelque peu plus ancien, avec des espèces telles que l'épipactis des marais, la parnassie, l'orchis incarnat, la chlore perfoliée et la prêle panachée. Ces végétations affichent de fortes similitudes avec les marais calcaires en Belgique et actuellement surtout à l'étranger.

L'utilisation comme prairies de fauche durant une longue durée ou comme pâturages extensifs mène au développement des prés humides et marécageuses avec des végétations du *Calthion palustris* et du Molinion (formes dunaires avec des espèces des pannes humides)

Bien que ces végétations ne présentent plus que peu d'espèces spécifiques à la côte, elles contribuent fortement à la richesse botanique des dunes. Les prairies de fauche tourbeuses de Doolaeghe à Oostduinkerke l'emportent haut la main à cet égard. Dans ce terrain précédemment boisé, on a rencontré récemment environ 370 espèces végétales sur 6 ha, dont pas mal de particularités régionales (Leten et al. 2010; 2011).

Des espèces animales spécifiques ont également été découvertes, surtout dans les phases pionnières des pannes dunaires. Parmi les carabidés, on trouve plusieurs pionniers avec une bonne capacité à voler qui sont adaptés au caractère instable et temporaire de leur habitat préférentiel. Le petit coléoptère *Dyschirius obscurus* par exemple est une espèce très rare, fortement spécialisée des milieux sableux et humides que l'on trouve dans les terres basses des pannes dunaires uniquement. L'ambrette des sables (*Catinella arenaria*) est également caractéristique des jeunes

pannes dunaires humides de notre région. Il s'agit d'une espèce avec une aire de répartition limitée en Europe reprise sur la liste rouge de l'IUCN comme « near threatened ». Le crapaud calamite est un porte-drapeau plus convivial des vallées dunaires. Dans nos contrées, cette espèce vit surtout dans des environnements sableux où l'animal s'enfouit pour se cacher. Les crapauds calamites se reproduisent à la fin du printemps dans des mares peu profondes rapidement réchauffées. Lors d'un printemps humide, les vallées dunaires inondées forment donc un biotope de reproduction optimal. Actuellement, la diffusion du crapaud calamite sur notre côte se limite à la région à l'ouest de Nieuport. D'autres amphibiens tels que le rarissime triton crêté ont besoin de sites de reproduction aquifères permanents.

L' évolution naturelle des pannes peut être assez rapide; la dynamique naturelle conduit à une colonisation du milieu par des ligneux (comme l' argousier, le sureau, les saules) pour se fermer en un boisement où la diversité floristique s'amointrit. Les phases de sécheresse accélère le processus. Si rien ne vient contrarier cette évolution, les sureaux finissent par mourir par groupes entiers libérant des zones de hautes plantes nitrophiles (eupatoires, orties, epilobes en épi) appelées mégaphorbiaies. Ces mégaphorbiaies peuvent évoluer soit vers un nouveau boisement de sureau, soit vers des formations à hautes herbes (que l'on peut appeler savanes) pauvres en espèces et dominées par le calamagrostis commun, dans lesquelles le chêne est susceptible de s'installer. Par endroits, de petits boisements de trembles (*Populus tremula*) ou de bouleaux (*Betula*) se développent spontanément.

Obstacles et gestion

Les dynamiques naturelles et les actions de l'homme qui tendent à abaisser le niveau de la nappe phréatique participent également à la transformation de cet écosystème fragile. Les autres menaces d'ordre anthropique sont l'abandon de pratiques agricoles (fauche et pâturage), la surfréquentation du massif dunaire, l'urbanisation, l' évapotranspiration augmentée a cause de la forestation. Ces habitat pionniers à forte biodiversité font de plus en plus l'objet de restauration, de gestion interventionniste. Le pâturage est un moyen de gestion souvent utilisé.

Répartition de l'habitat 2190, dépressions humides intradunales

Les dépressions humides intradunales bien développées sont limitées presque entièrement aux dunes Dewulf, dune Marchand, Perroquet, Westhoek et Ter Yde. Entre ces deux derniers sites, sur une distance de plus de 9 kilomètres ce type d'habitat est presque pas représenté. Pour cette raison, la connectivité entre ces zones dunaires est limitée.

Natura 2000

2190 dépressions humides intradunales

Annexe 2: *Triturus cristatus*, *Apium repens*, *Liparis loeselii*, (*Vertigo moulinsiana*).

Annexe 4: *Bufo calamita*



Fig. 1.33. Répartition de l'habitat 2190, dépressions humides intradunales dans la zone du projet.

2.1.9. Fourrés de saules rampants

Les fourrés bas de saules rampants ont la composition d'espèces la plus caractéristique. Ils naissent dans les jeunes dépressions dunaires, un environnement où le saule rampant germe généralement. Lorsqu'il est recouvert de sable, le saule rampant, à l'instar de l'oyat, peut croître de plusieurs mètres en hauteur. Nous trouvons donc l'espèce également sur le gradient complet, d'humide à sec. La variante humide est la plus riche en espèces. Outre la pyrole à feuilles rondes, on y trouve la laïche glauque, la violette des chiens, la carline vulgaire, le polygala vulgaire, l'inule conyze, et parfois le très rare sucepin. Ces fourrés sont également particulièrement riches en champignons ; quelque 30 variétés sont associées au saule rampant, surtout les cortinaires, les inocybes et les hébélomes (Ozinga et al. 2013 ; Van De Sijpe 2002).

La superficie totale des fourrés de saules rampants dans la zone d'étude n'est pas bien connue (env. 85 ha soit 3 % de tous les habitats dunaires) parce que ce type de végétation était généralement cartographié en complexes avec d'autres types (Figure 1.34). Des superficies plus détaillées sont connues pour un certain nombre de domaines, et ça pourrait nous donner une idée des superficies réelles : Westhoek : 22 ha (6 % de la superficie) ; Houtsaegherduinen : 0,6 ha (1 %) ; Plaatsduinen : 2,5 ha (6 %) ; Simli : 0,7 ha (2 %).

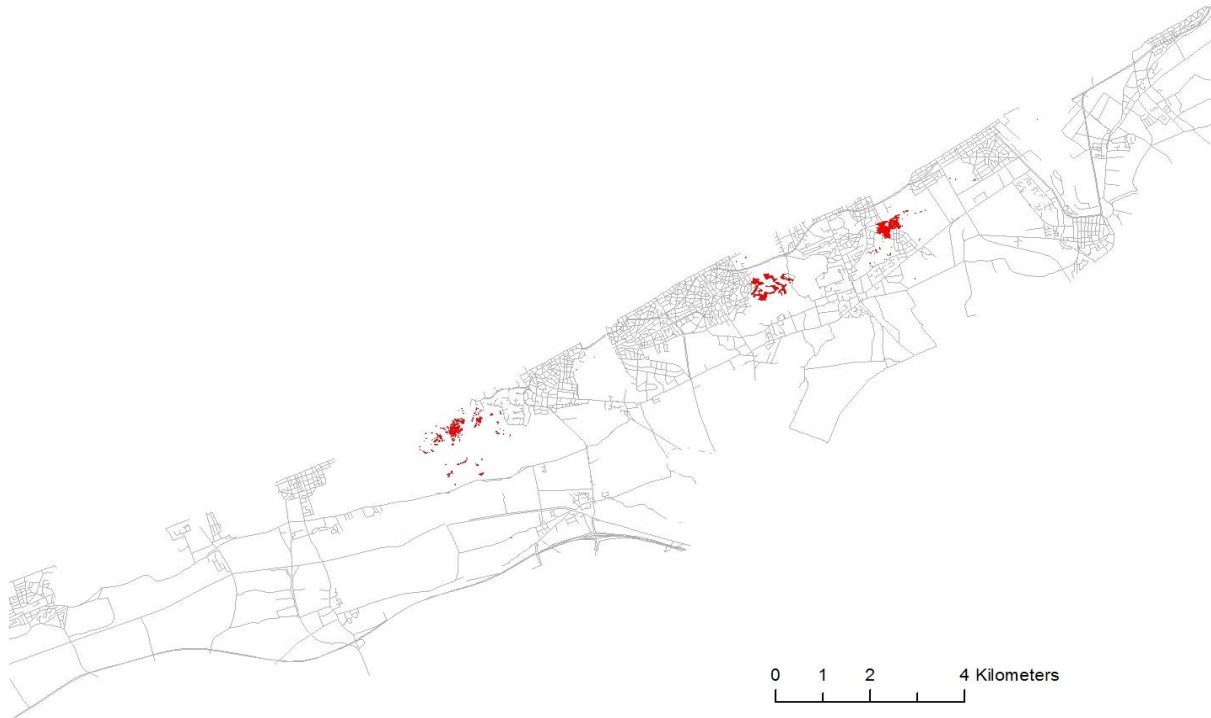


Fig. 1.34. Répartition de l'habitat 2170, Dunes à *Salix repens* ssp. *argentea* (*Salicion arenariae*) dans la zone du projet. Ce typen n'est pas différenciée dans la cartographie Française.

Obstacles et gestion

Tout comme dans les vallées dunaires, les saules rampants humides sont sensibles à la déshydratation, mais même dans des conditions naturelles, celle-ci est souvent ici causée par l'accumulation progressive de sable en surplomb. Le type d'habitat reste donc globalement intact. Le plus grand obstacle pour les saules rampants est le faible niveau de formation de nouveaux types d'habitats. Cela nécessite des procédés de pulvérisation à relativement grande échelle dans lesquels le saule rampant en bord de cuvettes humides est progressivement surchargé. De telles conditions sont encore très rares à l'heure actuelle. De la vaste population de saules rampants qui a poussé dans la région jusqu'aux années 1950 et 1960, il ne reste qu'une petite partie, habituellement sujette à la colonisation herbeuse, à la croissance d'herbes hautes et de broussailles et à l'afforestation. La gestion du pâturage peut ralentir ces tendances, mais donne naissance à une variante herbacée de broussailles de saule rampant. La superficie de broussailles de saule rampant croissant de manière optimale est donc un bon indicateur de la vitalité de l'écosystème dunaire à l'échelle du paysage.

Natura 2000

2170 Dunes à *Salix repens* ssp. *argentea* (*Salicion arenariae*)

2.1.10 Fourrés de dunes

L'on trouve un autre type de fourré spécifique aux dunes au côté sous le vent de la dune bordière ou dans les dunes blanches situées plus à l'intérieur des terres. L'argousier peut s'y établir relativement vite après fixation dans les touffes d'oyats en décomposition. Du fait de l'enrichissement en nutriments à cause de la chute des feuilles, la fixation de l'azote et aussi les embruns dans la dune bordière, il se forme en plein milieu des îlots d'argousiers un lieu de croissance idéal pour le sureau noir nitrophile. C'est ainsi que naissent des espaces végétaux typiques avec un cœur de sureau et une lisière très large d'argousiers (Haveman et al. 1999). Les rameaux de sureau protégés forment un biotope optimal pour de nombreuses épiphytes particulières, dont *Cryphaea heteromalla*, *Ulota phyllantha* et *Orthotrichum pulchellum* (Koopman & Weeda 2001 ; Van Landuyt 1991). Il s'agit d'espèces que l'on trouvait essentiellement dans la région côtière il y a quelques décennies, mais qui

connaissent depuis peu une recrudescence à l'intérieur du pays en raison de la baisse des émissions de liaisons soufrées (Hoffmann et al. 2004).

Les autres fourrés des dunes se différencient surtout sur base de la teneur en humidité et en humus du sol. Dans les parties de terrain où la nappe phréatique moyenne se trouve plus haut qu'un demi-mètre sous le niveau du sol, l'argousier et le troène commun ne peuvent pas survivre et le saule rampant est le pionnier principal des fourrés. Le saule cendré prend le dessus progressivement et s'accompagne de saules à feuilles étroites et de l'aulne glutineux. On retrouve notamment dans le site naturel Plaatsduinen à Oostduinkerke des formes bien développées de bois de dépressions dunaires humides de ce type. Dans les fourrés de dunes humides à secs, l'argousier et le troène commun surtout jouent un rôle initial, mais des fourrés mixtes riches en espèces se forment progressivement avec un nombre d'espèces de buissons encore rares chez nous pour l'instant comme l'épine-vinette, le nerprun purgatif, le camérisier et diverses roses. Le saule rampant et l'aubépine constituent des hôtes importants pour les champignons dans les fourrés de dunes (Jalink & Nauta 2002).

La faune des fourrés des dunes s'enrichit également petit à petit. On voit surgir un nombre de papillons de nuit particuliers à la côte comme la cidarie fauve et *Cnaemidophorus rhododactyla* sur des roses ainsi que l'horisme rayé et l'eupithécie sur la clématite des haies (Sierens 2015). En Flandre, les dunes forment un creuset important pour un nombre d'oiseaux nicheurs des fourrés caractéristiques comme le rossignol, la tourterelle des bois, le pouillot fitis et la linotte mélodieuse. Ces espèces ont du mal dans la région et sont aussi en déclin dans les dunes (Vermeersch 2014, Provoost et al. 2015). Les tendances de ces espèces sont non seulement associées à la qualité de l'habitat local, mais aussi à l'état des régions d'hivernation ou de migration. La densité optimale de chaque espèce dépend surtout de la taille des fourrés et de la structure paysagère plutôt que du type de fourré en soi (Bonte et al. 2001).

Natura 2000

2160 Duinen met Hippophae rhamnoides



Fig. 1.34. Répartition de l'habitat 2160, dunes à *Hippophaë rhamnoides* dans la zone du projet.

2.1.11. Dunes boisées

Le développement de la forêt dépend de l'humidité du sol et de l'offre en semences. Dans les vallées dunaires, le développement d'un bois se fait potentiellement très vite. Dans les dunes sèches à humides, cela se passe plus lentement. L'érable sycomore, le frêne commun, le bouleau et le chêne pédonculé sont des espèces importantes à cet égard. Le développement de ces bois se fait généralement par l'établissement progressif d'arbres en fourré mixte et parfois par l'établissement d'Aubépines et de chênes dans les pelouses dunaires. La plupart des forêts de dune sur notre côte sont cependant le fruit de plantations de peuplier du Canada, de peuplier grisard et blanc et d'aulnes sur des champs aménagés au 19^{ième} siècle dans d'anciennes dépressions dunaires et ensuite abandonnés. Aux alentours du Coq, de grandes portions de dunes ont été plantées de pins. Les forêts de conifères des dunes riches en calcaire constituent un milieu particulier pour les champignons avec des espèces tout à fait caractéristiques. Elles font office de refuge pour les espèces de champignons liées aux conifères qui régressent dans l'arrière-pays à cause de l'acidification (Van der Veken 2004 ; Jalink et al. 2001).

Vu que les forêts de dunes de notre côte ont tout au plus 150 ans, il manque une vieille flore des bois caractéristique. Certes, les bois riches en calcaires sont intéressants pour d'autres groupes d'organismes comme les champignons et les gastéropodes. C'est surtout sous les arbres au feuillage peu dense comme les peupliers ou le frêne commun que l'on trouve des espèces d'escargots particulières comme le maillot commun, le vertigo inverse, *Vertigo angustior* et la balée des saules limitée à l'Europe occidentale (Balea heydeni, Gittenberger et al. 2006). *Vertigo angustior* mérite une attention particulière comme espèce d'annexe II de la directive sur l'habitat. Dans les pays bas, cette espèce se limite pour ainsi dire aux dunes côtières, mais affiche dans cette région une amplitude écologique relativement large.

Obstacles et gestion

Les bois sur dunes de la zone d'étude sont principalement composés de peupliers canadiens implantés et, localement, d'aulnes ou d'autres espèces indigènes. La conversion en implantations mixtes avec des espèces indigènes est souhaitable. Afin de préserver le caractère calcaire des forêts et en particulier de la couche de mulch, il est important de choisir également des espèces dont le mulch se décompose rapidement. Outre les peupliers et ypréaux actuellement communs, il s'agit des ormes, des tilleuls à petites feuilles, des merisiers à grappes européens et du frêne commun. Les chênes pédonculés et les aulnes, souvent plantés, restent bien sûr les bienvenus dans les bois mais sont plantés de préférence mélangés avec d'autres espèces.

Natura 2000

2180 Dunes boisées des régions atlantique, continentale et boréale

Annexe 2: *Vertigo angustior*

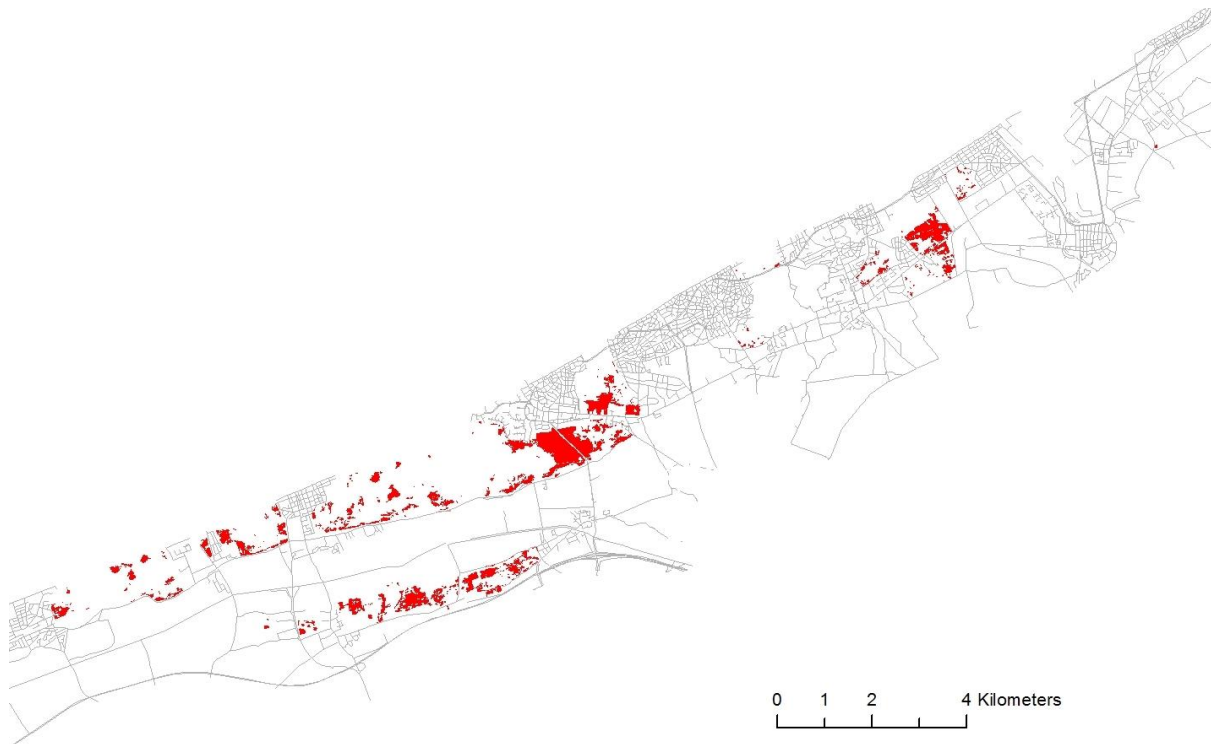


Fig. 1.35. Répartition de l'habitat 2180 , dunes boisées des régions atlantique, continentale et boréale dans la zone du projet.

2.1.12. Eau libre

La plupart des mares dans la zone d'étude sont creusées pour abreuver les troupeaux de bétail ou en fonction du développement de la nature. Au total, on compte quelque 450 points d'eau dans les dunes et polders avoisinants, variant de petites mares s'asséchant l'été à des plans d'eau de plusieurs hectares. Environ la moitié a été creusée ces 20 dernières années. Les eaux riches en calcaire et pauvres en nutriments constituent un site de croissance excellent pour les characées. La côte constitue un bastion important pour ce groupe de plantes ; récemment, 5 espèces et trois variétés ont été observées (Denys & Packet 2004). En outre, on trouve également différentes espèces végétales vasculaires telles que le potamot à feuilles opposées et le potamot des tourbières alcalines, rare au niveau international. L'extension du nombre de mares a également des conséquences positives pour les amphibiens et les libellules. Tant le triton crêté que le crapaud calamite se sont déployés sur la côte ces dernières années et le nombre d'espèces de libellules et de demoiselles observées (y compris les nomades) est passé de 26 espèces dans les années 90 à 39 ces dernières années. Cette augmentation est probablement aussi dû au changement climatique

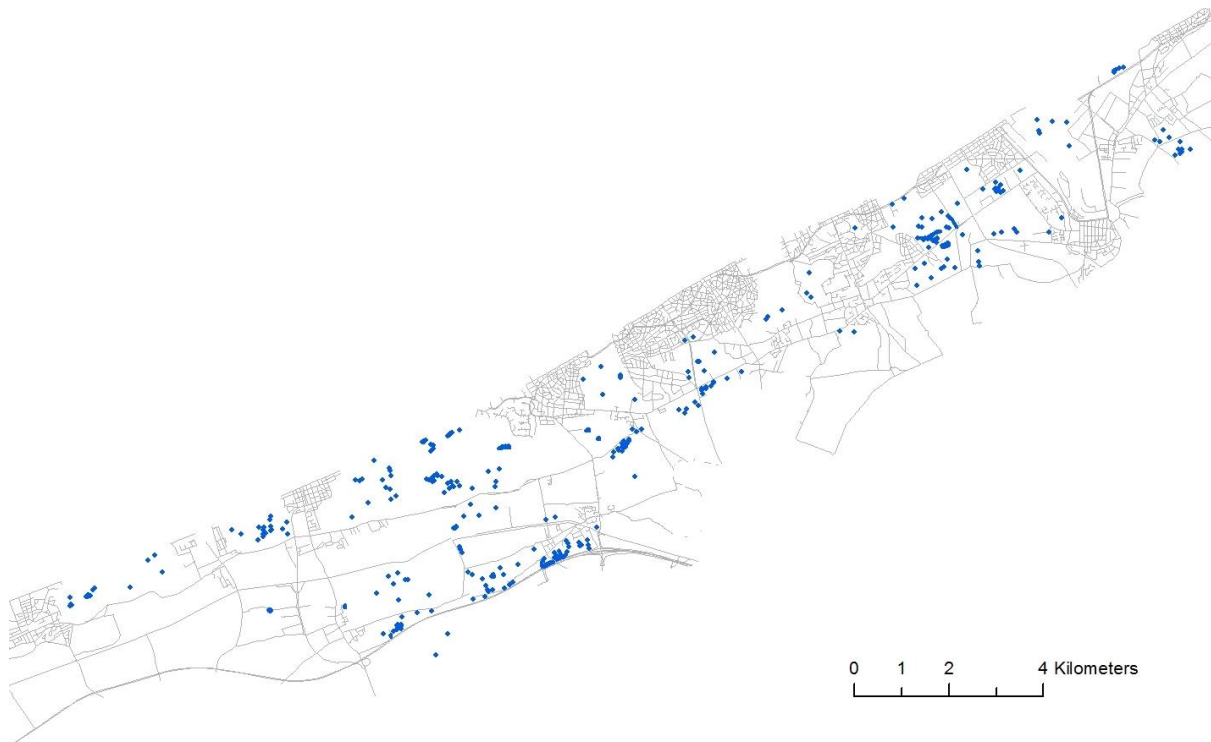


Fig. 1.36. Répartition des mares dans la zone du projet.

2.1.13. Prairies de culture

Les prairies fertilisées à des fins antérieures agricoles ou non se trouvent principalement sur les flancs intérieurs des dunes et dans les polders adjacents. Ces sites sont naturellement plus riches en nutriments grâce à la richesse en limon du sol. En conditions sèches et moyennant un système de gestion par fauchage, les prairies de fromentin peuvent se développer de manière optimale ici, avec des marguerites, des centaures jacées, des achillées, des boutons d'or, des oseilles, des carottes sauvages et de l'avoine dorée. Via le pâturage, les champs de crételle des prés se développent avec, outre celle-ci, de la bugrane épineuse, du torilis noueux et de la primevère officinale, par exemple. Dans les prairies de foin humides, une variante de prairie de populage des marais peut se développer, y compris la cardamine des prés, la laîche distique, le lotier des marais et l'épipactis à feuilles larges. Le pâturage favorise des espèces liées à la potentille telles que la potentille elle-même, le trèfle fraisier, le trèfle des marais et le troscart des marais.

Obstacles et gestion

Sous une forme bien développée, de telles prairies sont à peine présentes dans la zone d'étude à l'heure actuelle. Avec l'ancienne fertilisation intensive, la gestion de l'appauvrissement constitue un travail de longue haleine. Le nitrate peut être considérablement réduit en l'espace de dix ans, mais le phosphate reste persistant dans le sol en raison de ses fortes liaisons avec les matières organiques, la chaux, le fer et l'aluminium. Ici, racler la couche supérieure enrichie sera souvent la seule option pour créer des conditions nutritives relativement pauvres à court terme.

2.1.14. Habitats anthropiques

Enfin, des habitats entièrement artificiels peuvent également être importants pour une partie de la biodiversité. Nous pensons principalement à la végétation des murs et aux possibilités d'abris ou de

nidification pour les animaux dans des constructions anciennes ou délabrées. Par exemple, les bunkers sont utilisés comme lieux d'hivernage pour les chauves-souris, et le lérot montre également une préférence pour les environnements anthropiques tels que les constructions délabrées.

2.2. Espèces

2.2.1. Indigénité

Il semble évident que seule les espèces indigènes se qualifient comme indicateur de la biodiversité. Mais certainement au niveau régional ou local – et surtout pour les plantes vasculaires, ce n'est pas toujours possible de déterminer sans ambiguïté « l'indigénité naturelle ». L'origine et le mode de dispersion sont souvent inconnus pour les espèces qui sont arrivées récemment (néophytes). Les populations de plantes ornementales potentielles peuvent également être le résultat d'une implantation spontanée ou en partie d'une abrutissement comme on a conclu pour l'iris fétide et l'arum italien (Leten 2013). Traquer l'origine des archéophytes c'est généralement encore beaucoup plus difficile. Pour les mauvaises herbes, il est évident qu'ils ont migré mélangées aux lots de semences mais pour les espèces des prairies, c'est moins clair (Brunsveld & Corporaal 2008). Une multitude d'espèces obtiennent le bénéfice du doute purement parce qu'ils sont établis de longue date dans la région appréciée. Le lapin, « espèce clé dans l'écosystème des dunes » est un bon exemple comme cette espèce est entrée dans nos régions pendant le moyen-âge,

A cause de la forte urbanisation avec des quartiers résidentiels inclus de nombreux jardins surtout la partie belge de la zone d'étude est très riche en plantes exotiques. Sur la côte belge la proportion d'espèces de plantes indigènes est diminuée de 95 % à 80 % environ dans la période 1940 jusqu'au début des années 90 (Rappé et al., 1996). Ce sont principalement les plantes ligneuses posant des problèmes comme espèce exotique envahissante. On peut citer mahonia, le cerise noire et de différentes espèces de Cotoneaster.

2.2.2. Spécificité et richesse des espèces

D'après les données pour la Flandre, nous constatons qu'environ 40 à 60 % des espèces régionales sont également présentes sur la côte. Environ 10 % de ces espèces sont beaucoup plus répandues à la côte qu'à l'intérieur des terres. La région côtière a donc une responsabilité relativement élevée dans la conservation régionale de ces espèces (Provoost & Bonte 2004). Différents chiffres s'appliquent probablement au nord de la France, étant donné que les milieux calcaires de l'arrière-pays français accueillent de nombreuses espèces qui sont absentes ou très rares en Flandre. Seul un nombre limité d'espèces sont réellement liées écologiquement à la côte.

La spécificité de la région côtière est déterminée par différents facteurs opérant à différents niveaux d'échelle. Dans un contexte géographique plus large, la douceur du climat côtier est une donnée majeure. En conséquence, de nombreuses espèces méridionales ont un caractère côtier prononcé dans le nord de la zone (voir climat). Entre autres, différentes espèces d'escargots présentent ce caractère, comme les escargots de sable, caragouilles et cornets étroits.

Plage, vasière, schorre et (avant-)dune dérivante constituent le biotope de la plupart des espèces côtières. Elles montrent une adaptation morphologique, physiologique, phénologique et/ou comportementale au stress salin, à la dynamique marine et sédimentaire ou à la combinaison unique de ces facteurs dans la zone côtière. Pour les plantes vasculaires, les arrière-plages et les avant-dunes obtiennent les meilleurs résultats en termes de spécificité. Des espèces telles que l'arroche du littoral, le chiendent, le pourpier de mer, la roquette de mer, le panicaut maritime ou le liseron des dunes sont strictement côtières dans toute leur zone. Les oyats le sont tout autant. Les champignons ne sont pas très tolérants au sel, de sorte qu'aucune espèce dunaire n'est limitée à l'avant-dune. Des espèces côtières spécifiques telles que la psathyrelle des sables, le satyre des dunes, la pézize

ammophile et l'agaric des dunes peuvent être trouvés tant dans l'avant-dune que dans les dunes mobiles plus intérieures.

Dans les schorres et la transition entre schorre et dune, nous trouvons parmi les plantes vasculaires un grand nombre de véritables espèces côtières telles que l'obione commune, le statice, le lepture droit, le catapode maritime et l'atropis maritime, bleue ou à épillets espacés. Ces espèces sont parfois aussi présentes dans le polder, comme vestige d'un passé marin, mais pas dans les steppes salines d'Europe centrale ou d'Asie comme beaucoup d'autres espèces de schorres (petite soude maritime, types de salicorne, triglochin, plantain marin, spergulaire saline et marginée, glaux...). Diverses espèces côtières telles que la sagine maritime et le scorbut du Danemark se sont récemment disséminées plus à l'intérieur des terres où elles apparaissent dans des environnements pionniers ou le long des routes salées par le sel d'épandage routier (Zwaenepoel, 1994).

La faune spécifique de la côte se trouve également dans le paysage dynamique : plage, vasière, schorre et dune mobile. Quand nous pensons aux oiseaux nicheurs côtiers, nous pensons d'abord au pluvier et à la sterne naine. De nombreux invertébrés spécifiques se trouvent dans les milieux salins. Haghebaert (1989) mentionne pour la Belgique 70 espèces de coléoptères plus ou moins côtières, principalement des staphylins (Staphylinidae) et des charançons (Carabidae). Dans les dunes, on trouve les espèces les plus spécifiques dans les dunes à oyat mobiles (Howe et al. 2010). Le charançon sphérique (*Aegialia arenaria*), la dromie *Philorhizus* (*Dromius*) *notatus* et l'araignée *Baryphma maritimum* (tête de trou d'oyat) sont exclusifs à l'avant-dune.

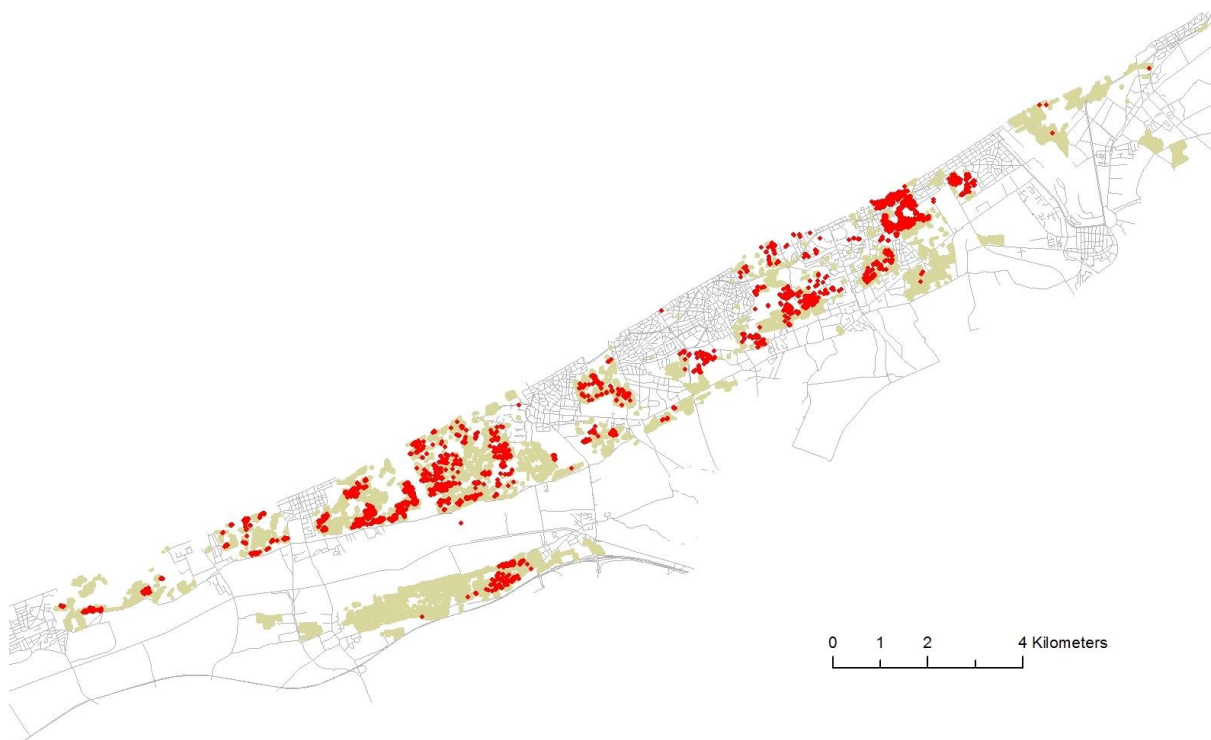


Fig. 1.37 Répartition du Pensée des dunes (*Viola curtisii*), projetée sur la répartition des « dunes grises » (habitat 2130) dans le fond.

Dans les dunes sèches, on trouve également un grand nombre d'espèces spécialisées, bien que la plupart ne soient pas exclusivement liées à la côte. Le sable très sec et le microclimat extrême présentant de grandes variations entre les températures diurnes et nocturnes sont ici les facteurs environnementaux de sélection (voir la dune grise et la pelouse dunaire pionnière). Les espèces végétales spécifiques du littoral sont l'asperge prostrée, la violette des dunes (figure 1.37), le bec-de-cigogne glutineux, le brome des dunes et la mousse à feuilles enroulées des dunes. La plupart des taxons sont étroitement liés à des espèces congénères dont la répartition est plus large. Dans les vallées dunaires, seule la laïche à trois nervures est une plante côtière spécifique.

Enfin, la diversité des espèces côtières est également déterminée par la présence de sols calcaires et pauvres en nutriments, les forts gradients environnementaux et la grande diversité des habitats.

2.2.3. Espèces d'importance internationale

Les taxons pour lesquels notre région est vitale pour la survie de l'ensemble de la population bénéficient d'une priorité élevée dans la conservation de la nature. Le premier groupe comprend des espèces dont la zone est limitée à l'Europe occidentale ou à l'Atlantique (Siepel et al. 1993 ; Van Beers 1993). La plus haute priorité sera accordée aux taxons qui n'existent que sur les côtes de l'Europe occidentale. Ils sont liés à la région par l'évolution. La plupart des plantes vasculaires de cette catégorie ne peuvent être distinguées au niveau de l'espèce ou des proches parents d'espèces congénères : renouée de Ray, asperge prostrée, laîche à trois nervures, chiendent, bec-de-cigogne glutineux, violette des dunes, féтуque à feuilles de jonc et épipactis des Pays-Bas.

Les invertébrés sont principalement des animaux dont la dispersibilité est limitée et qui sont liés à l'influence marine : Provoost & Bonte (2004) mentionnent les dolichopodidés *Sciapus maritimus* (avant-dune), *Muscidideicus praetextatus* et *Machaerium maritimae* (schorre) ; les charançons *Bembidion maritimum*, *B. pallidipenne*, *Dicheirotrichus gustavi*, *Dyschirius extensus* (schorre) et *D. Impuctipennis* (arrière-plage) et les araignées *Baryphyma maritimum* (tête de trou d'oyat) et *B. trifrons* (tête de trou côtier) dans l'avant-dune, *B. duffeyi* (araignée cloche) et *Argenna patula* sur le schorre et *Erigone promiscua* (araignée naine libertine) dans l'avant-dune et les prairies courtes. Les espèces d'importance internationale de la côte se trouvent donc dans les éléments paysagers les plus spécifiques de la côte : plage, vasière, schorre et dune mobile (avant-dune). Avec une interprétation plus large du critère de superficie, nous trouvons des espèces de différents types d'habitats. Siepel et al. (1993) mentionnent également, par exemple, le tétrix des clairières, la decticelle chagrinée et le crapaud calamite comme espèces d'importance internationale pour les Pays-Bas. Les espèces dont l'étendue géographique est limitée ne sont donc pas nécessairement menacées.

Un deuxième groupe d'espèces a une répartition plus large mais est menacé à l'échelle européenne en raison de sa rareté et/ou de son évolution. Ces espèces sont généralement énumérées dans les annexes des directives européennes « Oiseaux » et « Habitats ». Pour les espèces inscrites à l'annexe II de la directive « Habitats », les États membres sont tenus de désigner les sites dans lesquels ils doivent mener une politique de conservation. Cinq espèces mentionnées dans cette annexe sont présentes dans la zone d'étude : l'ache rampante, le *Liparis* de Loesel (figure 1.39), le triton à crête (figure 1.40), le *Vertigo angustior* (figure 1.41) et le *Vertigo moulinsiana* (figure 1.42). La leucorrhine à gros thorax peut être considérée comme une espèce potentielle de l'annexe II si un développement à grande échelle de la nature humide est réalisé dans les zones de polders adjacentes. Les espèces de l'annexe IV bénéficient d'une série de mesures de conservation strictes, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des sites Natura 2000. Par exemple, les États membres doivent interdire la capture ou la mise à mort intentionnelle d'animaux sauvages, les dommages causés aux sites de reproduction ou de repos, ainsi que le transport, le commerce et la détention de ces animaux. L'annexe IV comprend les 10 espèces de chauves-souris déjà observées dans la région, ainsi que le crapaud calamite (figure 1.43) et le triton à crête. La rainette verte est une espèce potentielle de l'annexe IV.



Fig. 1.39. Répartition des espèces annexe-II de la Directive Habitat,, Liparis de Loesel (*Liparis loeselii*) et ache rampant (*Apium repens*). En vert dans le fond l' habitat 2190 Dépressions humides intradunales.

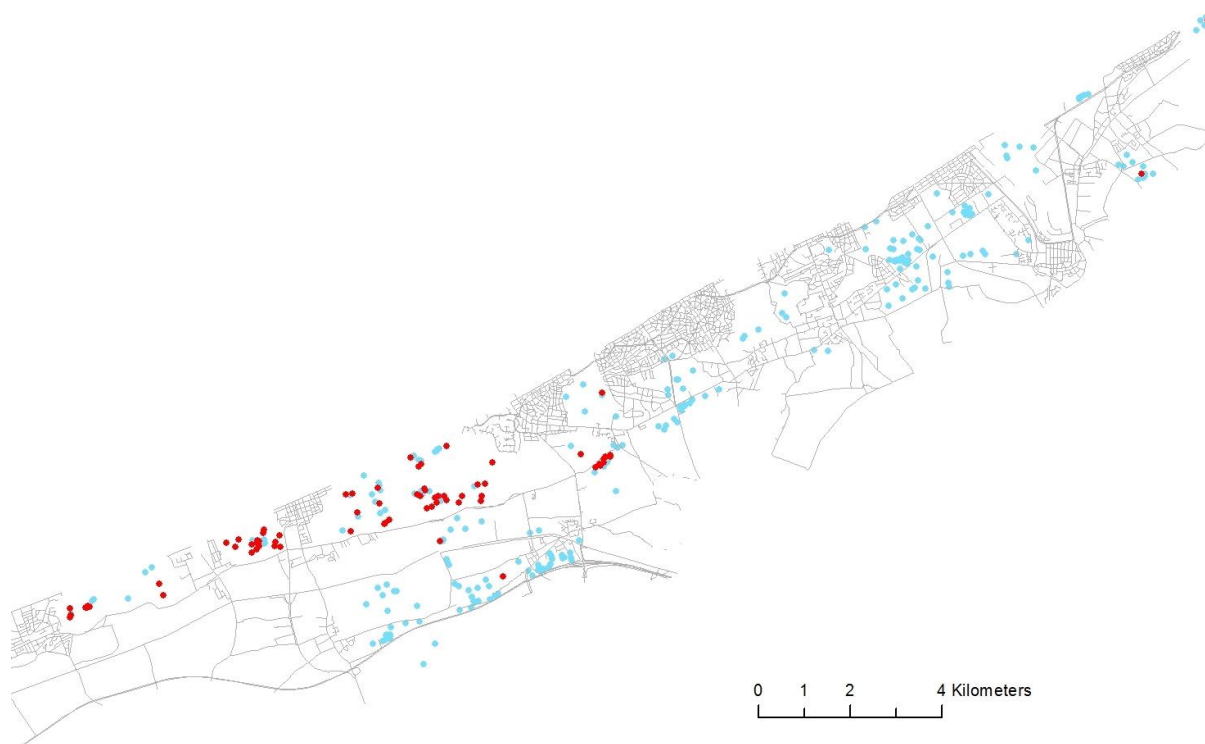


Fig. 1.40. Répartition de l'espèce annexe-II de la Directive Habitat, le triton crêté (*Triturus cristatus*). Les mares sont indiqués en bleu dans le fond.



Fig. 1.41. Répartition de l'espèce annexe-II de la Directive Habitat, Vertigo étroit (*Vertigo angustior*).



Fig. 1.42. Répartition de l'espèce annexe-II de la Directive Habitat, Vertigo de Des Moulins (*Vertigo moulinsiana*).

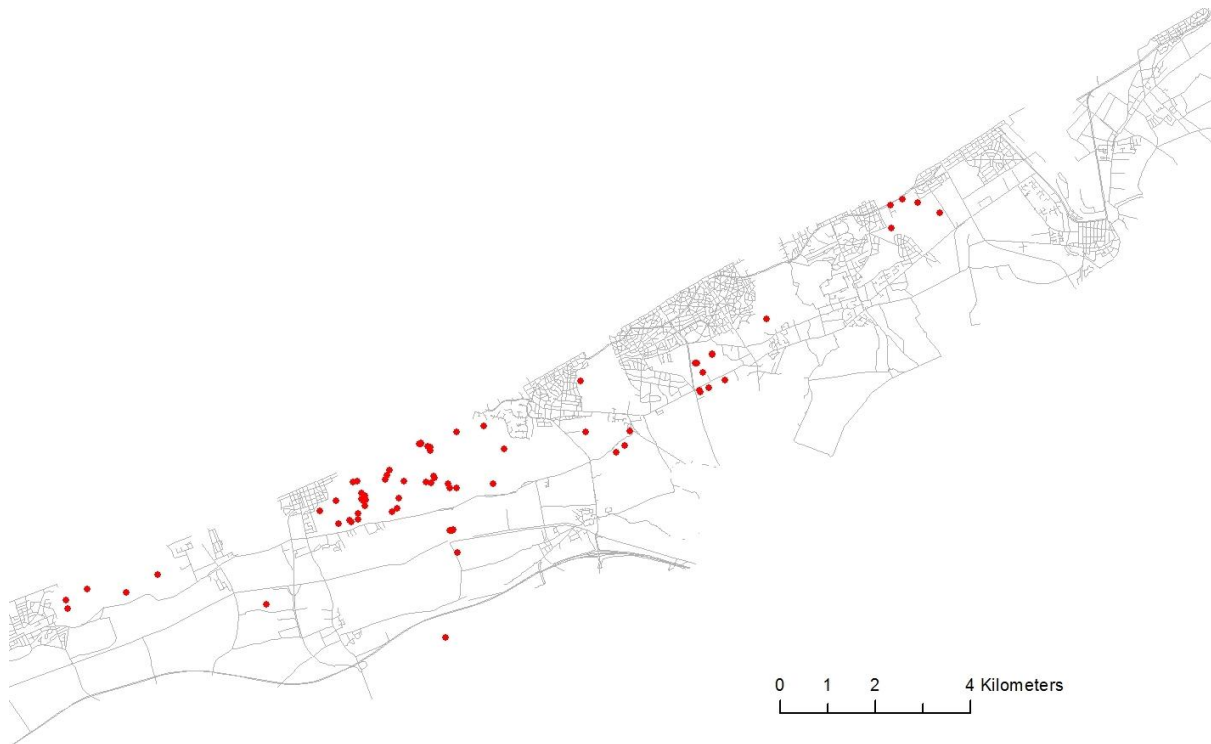


Fig. 1.43. Répartition de l'espèce annexe-IV de la Directive Habitat, crapaud calamite (*Bufo calamita*).

Aussi pour les oiseaux énumérés à l'annexe-I de la directive oiseaux en Europe, devraient prendre des mesures pour protéger leur habitat. Les bancs de sable peu profonds au large de la côte sont un domaine important pour les oiseaux hivernants ou migrateurs tels que le grèbe huppé, macreuse noire, petite mouette, goéland cendré et plongeur catmarin. Les oiseaux nicheurs des plages et des estuaires sont bien représentés dans l'annexe-I. Au sein de la zone d'étude la plupart de ces nicheurs a disparu: gravelot à collier interrompu, sterne nain, Sterne pierregarin, Sterne caugek, mouette mélanocéphale, goéland brun et le goéland argenté. Seulement de l'embouchure de l'Yser des reproductions récentes de l'avocette sont connu. Des oiseaux nicheurs des marais qui figure sur les Annexes et qu' on a observé dans la zone d'étude sont le gorgebleue à miroir, le martin pêcheur et l'aigrette garzette (Hannecartbos). Des oiseaux nicheurs potentiels des projets de restauration des milieux marécageux à grande échelle dans le polder sont : busard des roseaux, butor, Blongios nain, spatule et échasse blanche. L'alouette lulu est une acquisition récente comme oiseau nicheur des dunes ouverts. Pie-grièche écorcheur, engoulevent d' Europe et hibou des marais, sont des oiseaux nicheurs potentiels des paysages semi-ouvert à condition qu'on fournit des efforts considérables pour le développement de nature, notamment dans les polders adjacentes. Enfin, nous mentionnons la bondrée apivore comme oiseau nicheur possible à condition que des grandes complexes nature peuvent être réalisés.

2.2.4. Espèces d'attention régionale

Les « Listes rouges » régionales constituent une ligne directrice importante pour la poursuite de l'établissement de priorités en matière de conservation de la nature. D'une manière générale, elles confirment la spécificité et les tendances citées ci-dessus. Les types d'écotopes ouverts sont en eux-mêmes plus menacés, ce qui se reflète également dans le nombre d'espèces inscrites sur la liste rouge. Mais en fin de compte, c'est l'image détaillée qui importe et cela est beaucoup plus nuancé. Les espèces inscrites sur la liste rouge sont également présentes dans les broussailles et les fourrés et, dans une moindre mesure, dans les bois dunaires. Ces types d'écotope sont donc, du moins en

tant qu'élément de niche, d'importance régionale pour de nombreux organismes. Cela s'applique notamment aux plantes vasculaires (grémil des champs lisse, nerprun, diverses espèces de roses), aux oiseaux nicheurs (rossignols), aux escargots (y compris les *Balea perversa* et *Vertigo antivertigo*) et aux dolichopodidés (y compris les *Sciapus laetus* et *Dolichopus acuticornis*).

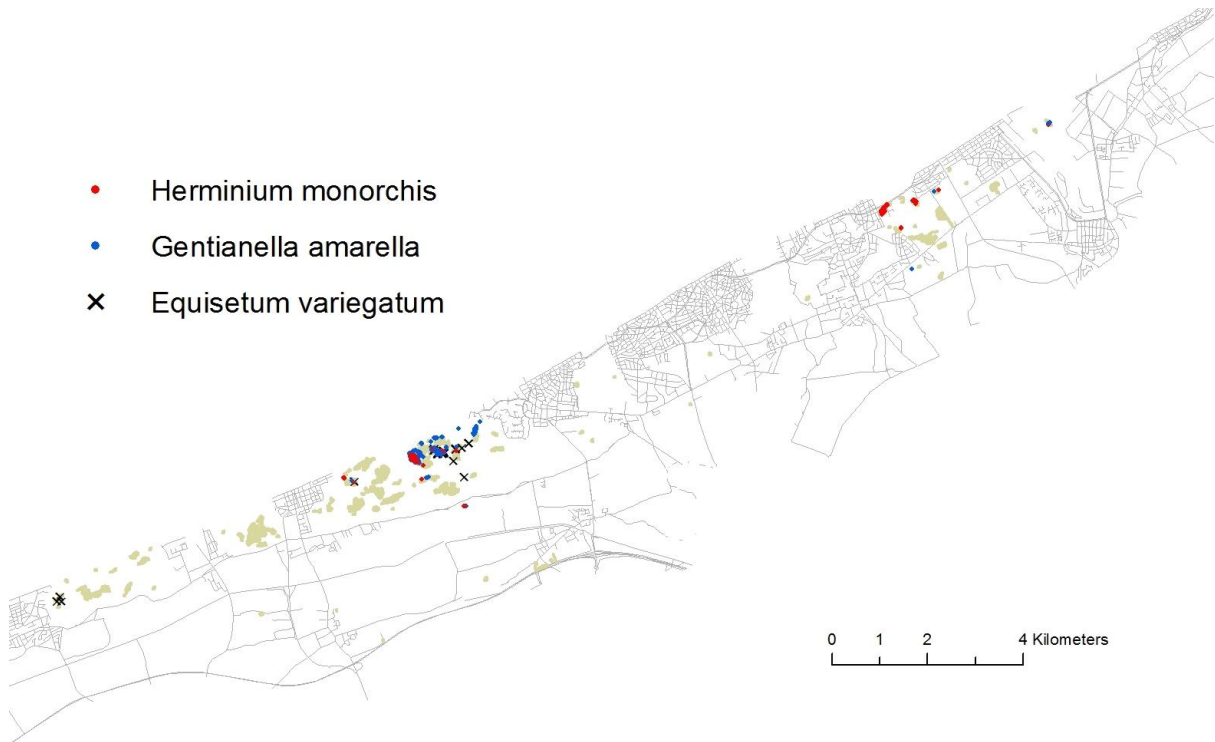


Fig. 1.44. Répartition de quelques espèces remarquables des dépressions humides intradunales. L'habitat même est indiqué dans le fond.

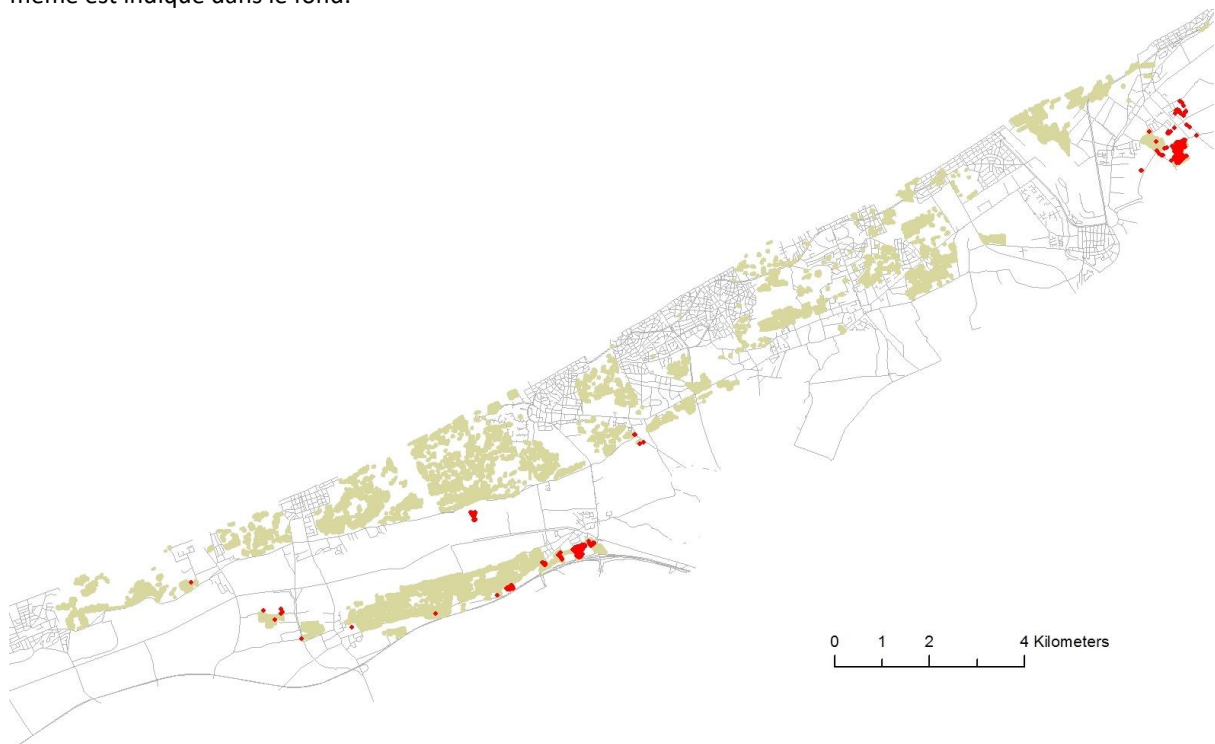


Fig. 1.45. Répartition de trèfle souterrain (*Trifolium subterraneum*). L'habitat "dune grise" est indiqué dans le fond.

3. Cadre juridico-planologique, visions récentes, gestion des ressources naturelles exécutée et monitoring

3.1. Cadre juridico-planologique

3.1.1. Zones protégées internationales et européennes

RAMSAR

La zone des Bancs côtiers et des Bancs de Flandre (en tout cas la partie d'une profondeur inférieure à 6m sous le niveau des marées basses, y compris la zone inférieure de la plage) située dans les eaux territoriales belges entre Ostende et la frontière française a été désignée comme « zone humide d'importance internationale » dans le cadre de la Convention RAMSAR (A.R. du 27.09.84). Le site s'étend sur environ 1900 ha, et est connu sous la dénomination officielle de « Bancs de Flandre - site RAMSAR ».

Natura 2000

La délimitation de Le territoire concerné par l'étude est fondée sur les zones protégées du réseau Natura 2000 en particulier celles basées sur les Directives n° 79/409/CE du 2 avril 1979 et 2009/147/CE du 30 novembre 2009 concernant la conservation des oiseaux sauvages:

- La partie Flamande concerne le " SBZ-V / ZPS BE2500121, Westkust", (1.116 ha): Il s'agit de certains sites dunaires par exemple. "de Westhoek, Calmeynbos-Oosthoek, Houtsaegerduinen, de Doornpanne, Ter Yde et le IJzermonding" (fig.1)
- SBZ-V 1 /ZPS 1 (SPA) BEMNZ0002 (<http://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/>)
- La partie Française ne concerne que la zone marine. Il s'agit du site FR3112006 « Bancs des Flandres ». Il a été désigné pour la conservation des oiseaux marins, notamment de la Sterne naine, pour laquelle le milieu marin constitue une zone importante de gagnage.

Et celles basées sur la Directive n° Directive n° 92/43/CE du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages ;

- SBZ-H / ZSC BEMNZ0001 Vlaamse Banken
- En Flandre presque tous les sites dunaires font partie du site Natura-2000 (Habitat) BE2500001(1-33), 3.737 ha
- Zone Natura 2000 des Dunes de la Plaine Maritime Flamande - Arrêté du 13 avril 2007 (site FR3100474) – 4.425 ha, dont 86 % en mer.
- Zone Natura 2000 des Dunes Flandriennes Décalcifiées de Ghyvelde - Arrêté juillet 2003 (site FR3100475) - 203 ha.
- Zones Natura 2000 Bancs des Flandres - Arrêté du 7 janvier 2010 (site ZSC FR3101002 et site ZPS FR3112006) – 113.223 ha en mer.

La Directive n° 92/43/CE concernant la conservation des habitats naturels a comme objectifs importants :

- Conserver ou rétablir dans un état favorable à leur maintien à long terme les habitats naturels et les populations des espèces de faune et de flore sauvages qui ont justifié la désignation du site Natura 2000.

- Eviter la détérioration des habitats naturels et les perturbations de nature à affecter de façon significative les espèces de faune et de flore sauvages qui ont justifié la désignation du site Natura 2000.

Les habitats et les espèces d'intérêt communautaire dans le territoire concerné par l'étude

Il s'agit de 17 habitats et 7 espèces d'intérêt communautaire, présentant pratiquement toutes les végétations naturelles potentielles des dunes flamandes (tableau 3.1). Pour une description voir le chapitre 2.

Tableau 3.1. Présentation des habitats et des espèces d'intérêt communautaire, présentant pratiquement toutes les végétations naturelles potentielles des dunes flamandes

Habitats d'intérêt communautaire
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Eaux marines et milieux à marées</i>
1110 - Bancs de sable à faible couverture permanente d'eau marine
1130 - Estuaires
1140 - Replats boueux ou sableux exondés à marée basse
Sables des hauts de plages à Talitres (façade atlantique) - 1140-1
Estran de sable fin (façade atlantique) - 1140-3
Sables dunaires (façade atlantique) - 1140-4
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Végétations halophytes</i>
1310 - Végétations pionnières à <i>Salicornia</i> et autres espèces annuelles des zones boueuses et sableuses.
1320 - Prés à <i>Spartina (Spartinion maritimae)</i>
1330 - Prés-salés atlantiques (<i>Glauco-Puccinellietalia maritimae</i>)
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dunes maritimes et continentales</i>
2110 - Dunes mobiles embryonnaires : Dunes mobiles embryonnaires atlantiques - 2110-1 (CB : 16.2111)
2120 - Dunes mobiles du cordon littoral à <i>Ammophila arenaria</i> (dunes blanches)
Dunes mobiles du cordon littoral à <i>Ammophila arenaria</i> subsp. <i>arenaria</i> des côtes atlantiques- 2120-1 (CB 16.2121)
2130* - Dunes côtières fixées à végétation herbacée (dunes grises)
Dunes grises de la Mer du Nord et de la Manche - 2130-1 (CB 16.22)
2150 - Dunes fixées décalcifiées atlantiques (<i>Calluno- Ulicetea</i>)
2160 - Dunes à <i>Hippophae rhamnoides</i>
Dunes à Argousier - 2160-1 (CB 16.251)
2170 - Dunes à <i>Salix repens</i> ssp. <i>argentea</i> :Dunes à Saules des dunes - 2170-1 (CB 16.26)
2180 - Dunes boisées des régions atlantiques, continentales et boréales
Dunes boisées du littoral nord atlantiques - 2180-1 (CB 16.29)
2190 - Dépressions humides intradunales
Mares dunaires - 2190-1 (CB 16.31)
Pelouses pionnières des pannes - 2190-2
Bas marais dunaires - 2190-3
Prairies humides dunaires - 2190-4
Roselières et cariçaias dunaires - 2190-5
3140 Eaux oligo-mésotrophes calcaires avec végétation benthique à Characées

Autres habitats

6510 - Prairies mésophiles– Prairies maigres de fauche de basse altitude (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*)

Prairies fauchées collinéennes à submontagnardes, mésophiles, mésotrophiques et basophiles - 6510-6

Prairies fauchées collinéennes à submontagnardes eutrophiques - 6510-7

6430 - Prairies humides semi-naturelles à hautes herbes - Mégaphorbiaies hygrophiles d'ourlets planitiaires et des étages montagnard à alpin

Végétations des lisières forestières nitrophiles, hydroclines, semisciaphiles à sciaphiles 6430-6

* : habitat prioritaire au titre de la Directive Habitat.

Nom scientifique	Nom Néerlandais	Nom Français	Annexe II	Annexe IV
Chauves-souris				
<i>Myotis dasycneme</i>	Meervleermuis	Murin des marais	0	
<i>Eptesicus serotinus</i>	Laatvlieger	Sérotine commune		0
<i>Myotis mystacinus/brandtii</i>	Gewone baard- en Brandts vleermuis	Vespertilion à moustaches et Murin de Brandt		0
<i>Myotis daubentonii</i>	Watervleermuis	Vespertilion de Daubenton		0
<i>Nyctalus noctula</i>	Rosse vleermuis	Noctule commune		0
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Ruige vleermuis	Pipistrelle de Nathusius		0
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Gewone dwergvleermuis	Pipistrelle commune		0
<i>Plecotus auritus</i>	Grijze grootoor	Oreillard gris		0
<i>Vespertilio murinus</i>	Tweekleurige vleermuis	Sérotine bicolore		0
<i>Myotis nattereri</i>	Franjestaart	Murin de Natterer	0	
<i>Phoca vitulina</i>	Gewone zeehond	Phoque veau-marin	0	
<i>Halichoerus grypus</i>	Grijze zeehond	Phoque gris	0	
<i>Phocoena phocoena</i>	Bruinvis	Marsouin commun	0	
Amphibiens				
<i>Triturus cristatus</i>	Kamsalamander	Triton crêté	0	0
<i>Bufo calamita</i>	Rugstreeppad	Crapaud calamite		0
Mollusques				
<i>Vertigo angustior</i>	Nauwe korfslak	Vertigo étroit	0	
<i>Vertigo moulinsiana</i>	Zeggenkorfslak	Vertigo de Des Moulins	0	
Plantes vasculaires				
<i>Apium repens</i>	Kruipend moerasscherm	Ache rampante	0	
<i>Liparis Loeselii</i>	Groenknolorchis	Liparis de Loesel	0	

Behalve de soorten die beschermd zijn door de habitatrichtlijn, zijn er ook de vogelsoorten die opgenomen zijn in de bijlage I van de Vogelrichtlijn.

Nom scientifique	Nom Néerlandais	Nom Français
<i>Charadrius alexandrinus</i>	Strandplevier	Gravelot à collier interrompu
<i>Luscinia svecica</i>	Blauwborst	Gorgebleue à miroir
<i>Lulla arborea</i>	Boomleeuwerik	Alouette lulu
<i>Circus aeruginosus</i>	Bruine kiekendief	Busard des roseaux
<i>Alcedo atthis</i>	Ijsvogel	Martin-pêcheur d'Europe
<i>Dendrocopus medius</i>	(Middelste bonte specht)	Pic mar
<i>Caprimulgus europaeus</i>	(Nachtzwaluw)	Engoulevent d'Europe
<i>Pernis apivorus</i>	Wespendief	Bondrée apivore
<i>Circus cyaneus</i>	Blauwe kiekendief	Busard Saint-Martin
<i>Philomachus pugnax</i>	Kemphaan	Combattant varié
<i>Numenius arquata</i>	Wulp	Courlis cendré
<i>Pluvialis apricari</i>	Goudplevier	Pluvier doré
<i>Larus fuscus</i>	Kleine mantelmeeuw	Goéland brun

Mise en œuvre du programme Natura 2000

Il existe une véritable obligation de résultat pour tout État membre vis-à-vis de l'Europe. Cette obligation consiste à maintenir les habitats naturels et les espèces de la Directive dans un état de conservation favorable. Chaque État membre reste toutefois libre des moyens à mettre en œuvre pour atteindre cet objectif.

En Flandre

La Flandre a choisi de présenter un document pour chaque site du futur réseau Natura 2000 qui prend le nom de « Managementplan ». Dans ce document les « G-IHD » (objectifs de conservation régionaux) se traduisent au niveau local. Bot (2010) décrit les objectifs naturels pour la partie flamande de la zone du projet. Le 23 avril 2014, ce S-IHD a été approuvé par le gouvernement flamand. Le « Managementplan » décrit les objectifs et les actions pour atteindre ces objectifs. C'est le principal instrument utilisé pour suivre les progrès accomplis dans la mise en œuvre des objectifs Natura-2000. C'est l'outil comptable qui assure le suivi de combien d'hectares dont la zone d'habitat ou l'habitat d'une espèce, par qui et à quel endroit a été porté à l'état souhaité ou le sera. Le « managementplan » se fait sur la base des plans de gestion.

La mise en forme du plan de gestion se déroule en 4 phases. Pour la zone du projet, l'étape de l'évidence (MP 1.1.) est déjà terminée.

Tous les six ans, le « Managementplan » est évalué selon le degré de réalisation de ses objectifs nature et le programme Natura 2000. Sur la base de cette évaluation, de nouveaux objectifs et de nouvelles actions sont fixés.

PAS

Le processus autour de l'Approche Programmatoire de l'Azote est en cours. Cela peut également avoir une incidence sur l'utilisation des terres dans une partie de la zone d'étude. La Société terrienne flamande (Vlaamse Land-Maatschappij) participe activement à la réalisation des objectifs de conservation en Flandre, plus particulièrement là où l'accompagnement des exploitations agricoles est nécessaire.

En France

La France a choisi de présenter un document de gestion pour chaque site du futur réseau Natura 2000 qui prend le nom de « document d'objectifs » et de le mettre en œuvre par contractualisation avec les propriétaires et les gestionnaires du site.

Le document d'objectifs (DOCOB) définit pour chaque site :

- les orientations et les mesures de gestion et de conservation des habitats et des espèces,
- les modalités de leur mise en œuvre
- les dispositions financières.

Les mesures permettant d'atteindre les objectifs ainsi définis sont prises dans le cadre de contrats ou de chartes Natura 2000 ou en application de dispositions législatives, réglementaires et administratives, notamment celles relatives aux parcs nationaux, aux réserves naturelles, aux biotopes, aux sites classés ou encore à la police de la nature.

La France a choisi de mettre en œuvre les DOCOB par contractualisation avec les propriétaires et les gestionnaires du site.

Elle prévoit ainsi la possibilité pour les opérateurs techniques de mettre en place des contrats Natura 2000 avec les différents acteurs (agriculteurs, propriétaires, chasseurs, forestiers, associations, etc.) du site. Le contrat définit la nature et les modalités des aides de l'État et les prestations à fournir en contrepartie par le bénéficiaire.

Il existe deux types de *contrat Natura 2000*, pour les terres agricoles et pour les terres non agricoles.

Pour les terres agricoles ce sont les MAET, « Mesures agroenvironnementales territorialisées ». Pour les autres propriétaires le *Contrat Natura 2000* est passé directement avec l'état, et financé par le ministère chargé de l'environnement (FGMN).

Un contrat Natura 2000 indique la liste des « bonnes pratiques agro-environnementales » que le contractant s'engage à appliquer, ainsi que le descriptif des engagements qui, allant au-delà de ces bonnes pratiques, donnent droit à une contrepartie financière. P.ex. fauche d'entretien avec exportation de la matière organique coupée, pâturage extensive ovin/bovin, curages des fosses, ...

Le document d'objectifs est établi :

- localement (rédaction par un opérateur local c.à.d. le Département du Nord),
- sur la base d'un caractère opérationnel (ayant pour objectif de réaliser des propositions de gestion),
- en concertation avec les acteurs locaux concernés.

Le docob n'a pas de durée d'application précise. Une procédure de suivi du document (bilan et évaluation) est conduite par le préfet, en association avec le comité de pilotage (Copil), au bout de 6 ans. La révision du document est conduite dans les mêmes conditions que celles présidant à la première élaboration. Un comité de suivi a par ailleurs lieu tous les ans.

→ *DOCOB du site Natura 2000 FR3100474 (NPC 01)*,

Ce DOCOB concerne l'ensemble des sites dont la Dune du Perroquet, La Dune Marchand et la Dune Dewulf. 14 objectifs stratégiques ont été définis et sont déclinés en 49 objectifs opérationnels, développés en 104 mesures. Ce document a été approuvé par arrêté préfectoral en date du 23/12/2013. La mise en œuvre des mesures proposées par le DOCOB se fait de manière volontaire. Les propriétaires de terrains situés dans le site Natura 2000 ont la possibilité de signer un contrat ou la charte Natura 2000 du site.

→ Document d'objectifs du site Natura 2000 NPC 002 « Dunes Flandriennes Décalcifiées de Ghyvelde »

Ce DOCOB concerne la Dune fossile de Ghyvelde. 5 orientations prioritaires ont été définies et sont déclinés en 30 fiches action. La mise en œuvre des mesures proposées par le DOCOB se fait de manière volontaire. Les propriétaires de terrains situés dans le site Natura 2000 ont la possibilité de signer un contrat ou la charte Natura 2000 du site.

3.1.2. Législation nationale/ régionale

3.1.2.1. La Flandre

3.1.2.1.1. Décret concernant la conservation de la nature et le milieu naturel

Le décret du 21 octobre 1997 concernant la conservation de la nature et le milieu naturel détermine la politique flamande en matière de conservation de la nature et de préservation du milieu naturel. Il concerne la protection, le développement, la gestion et la restauration de la nature et du milieu naturel

En 2002, mise à jour complète par le décret modifiant le décret du 21 octobre 1997 concernant la conservation de la nature et le milieu naturel.

Les objectifs principaux du décret sont mis en œuvre par ses arrêtés d'applications principales. Quelques aspects importants pour cette étude sont :

- Le réseau écologique flamand ("Vlaams Ecologisch Netwerk" ou VEN)
Le VEN est un ensemble cohérent et organisé d'espaces libres au sein desquels est menée une politique spécifique en matière de conservation de la nature. Le 19 juillet 2002, le gouvernement flamand a désigné les premiers sites pour le réseau écologique flamand. Les sites du VEN sont des zones à réserver de manière quasi exclusive à la conservation de la nature. Les mesures de protection doivent maintenir les qualités de la nature de façon optimale.
 - Presques tous les sites dunaires de la zone d'étude font complètement ou partiellement (*p.ex. Zwarte Hoek, Oosthoekduinen, Cabour, Ter Yde...*) partie du réseau écologique flamand en tant que grande unité de nature; (GEN)
 - Il y a le droit de préemption « zones-VEN».
- Planification de la gestion nature
Chaque réserve naturelle créée en vertu de ce décret fait l'objet d'un plan de gestion. Le nouveau plan de gestion de la nature cf 28/10/2017 + plan de gestion intégré(e)

3.1.2.1.2. le décret relatif au patrimoine immobilier

Depuis le 1er janvier 2015, le nouveau décret relatif au patrimoine immobilier (M.B.17/10/2013 et 15/04/2014) remplace et combine l'ancienne législation c.-à.-d. le décret de 1976 réglant la protection des monuments et des sites urbains et ruraux, le décret de 1993 sur l'archéologie, le décret portant la protection des paysages (1996) et la Loi sur la protection des monuments et des sites (1931).

- Certaines parties de Le territoire concerné par l'étude sont des sites classés (carte XX) :
- *Le Westhoek, Les Krakeelduinen et la partie ouest du Bois Calmeyn font partie du site classé « les dunes situées entre la Mer du nord, la frontière française et le commune d'Adinkerke » (01/03/1935).*
 - *Le "Houtsaegerduinen" est un site classé (A.R. 22/10/1981).*
 - *La dune fossile d'Adinkerke-Ghyvelde (Cabour) est aussi un site classé par l'A.R. 29/05/1964*
 - *Le domaine Cabour a été classé par décret ministériel du 21/06/2010 (réaffirmation et élargissement de l' A.R. (29/05/1964).*
 - *La partie le plus sud-ouest d'Adinkerke fait partie du site classé des Moères (A.R. 06/10/1980).*
 - *QUID zone transitoire entre dunes et polders "Ten Bogaerde" (Belvédère) à Koksijde, "Simliduinen" à Nieuwpoort, "De IJzermonding" (Embouchure de l'Yzer) à Nieuwpoort et les*

“Sint-Laureinsstrand” à Middelkerke (Westende), “relictés de Bruyères” du Schuddebeurze qui sont tous des “sites culturels protégés” ...



Lieu d'ancrage : un territoire faisant partie des sites paysagers les plus précieux, constituant un complexe d'éléments patrimoniaux variés qui forment un ensemble présentant les caractéristiques typiques idéales en raison de son état intact ou de sa représentativité, ou qui, du point de vue spatial, occupe un lieu important pour la protection ou la réparation du paysage;

- *Un lieu d'ancrage est indiqué dans une certaine partie de le territoire concerné par l'étude: le lieu d'ancrage A30013 “Westhoekduinen - Duinen Cabour - De Moeren - Overgang Plateau van Izenberge” (A.M. 24 décembre 2008)*

> il y a encore d'autres « objets de désignation » dans le cadre de la protection du patrimoine : entre autres « l'Embouchure de l'Yzer et ses environs »

3.1.2.1.3. Décret sur la chasse

En Flandre la chasse est réglementée par le décret sur la chasse du 24 juillet 1991.

Le droit de chasse fait partie du droit de propriété. Le droit de chasse peut être loué à un tiers (baux de chasse).

→ La chasse est interdite en tout temps et de quelque manière que ce soit dans les réserves naturelles et les réserves intégrales forestières (Art. 35 du décret sur la nature et Art. 30 du décret forestier). Dans les parcelles qui sont propriété de l'ANB le droit de chasse n'est pas loué.

Les principes du décret sur la chasse sont affinés par les arrêtés de l'Exécutif flamand. Ces arrêtés déterminent entre autre quels animaux peuvent être chassés sur les cinq prochaines années, à quelles périodes et dans quelles conditions.

3.1.2.1.4. Décret sur l'organisation de l'aménagement du territoire

Avec la loi spéciale du 8 août 1980, l'aménagement du territoire, ainsi qu'un certain nombre de questions connexes, devenait compétence régionale.

Le décret du 24 juillet 1999 sur l'organisation de l'aménagement du territoire introduit les plans de structure spatiale sur 3 niveaux: région, province, commune. L'aménagement du territoire est déterminé dans des schémas de structure d'aménagement, des plans d'exécution spatiale et des règlements. Les schémas présentent une vision à long terme du développement de l'aménagement du territoire de la zone concernée. Ce décret a été soumis à de nombreuses modifications. Le résultat de ces modifications est le Code flamand de l'aménagement du territoire VCRO !

Le schéma de structure d'aménagement traçant le cadre de la structure spatiale voulue présente une vision à long terme du développement de l'aménagement du territoire de la zone concernée : le schéma considère la côte comme une zone à part, avec sa propre structure spatiale.

→ *les dunes sont dénommées partie du réseau écologique,*

→ *Des perspectives de développement spécifiques sont formulées pour les dunes. Plus précisément, les valeurs écologiques y sont renforcées par une extension des espaces naturels existants, par une attention particulière à la relation entre les dunes et la plage et les polders, par une interdiction d'accès des plages à proximité des réserves naturelles pour les loisirs et en recherchant des alternatives pour l'extraction de l'eau (RSV, 389-390).*

Le schéma de structure d'aménagement de Flandre occidentale du 6 mars 2002, suggère entre autre pour la zone côtière:

- une possibilité d'utiliser les dunes pour les loisirs tout en tenant compte des possibilités écologiques ;
- concentration sélective de l'habitat dans les zones urbaines existantes,
- préserver l'espace ouvert.

Plans d'exécution spatiale

Plan d'affectation établi en exécution du schéma de structure d'aménagement. Il remplace à long terme les plans de secteur (« gewestplannen ») et constitue la base pour un permis de construire. Il existe aux trois niveaux politiques : région, flamande, province et commune. Là où aucun plan d'exécution spatiale n'existe, le plan de secteur est applicable.

Les premières versions des plans de secteur datent des années 70. Ils précisent la destination générale des terrains à l'aide d'un plan graphique et d'explications sur le contenu de la destination générale.

→ *Sur le Plan de secteur Veurne-Westkust (Furnes-côte occidentale) ((A.R. de 6/12/1976)), la plupart des massifs dunaires sont désignées comme*

« zone naturelle ayant une valeur scientifique ou réserve naturelle » (zone R) ou zone naturelle (zone N) ou ont reçu la fonction combinée « zone naturelle (zone N) » et « zone de captage d'eau ».

Certaines zones dans les polders sont désignés comme « zone agraire à valeur paysagère ».

Certains terrains de dunes néanmoins précieux pour la conservation de la nature, cependant, étaient désignées comme zones d'habitation, zones de récréation, zones d'utilité publique, domaines militaires, zones agraire etc. et risquaient donc de disparaître en tant qu'espaces libres . Les décrets sur les dunes ont résolu ces problèmes en grande partie.

3.1.2.1.5. Les Décrets sur les dunes

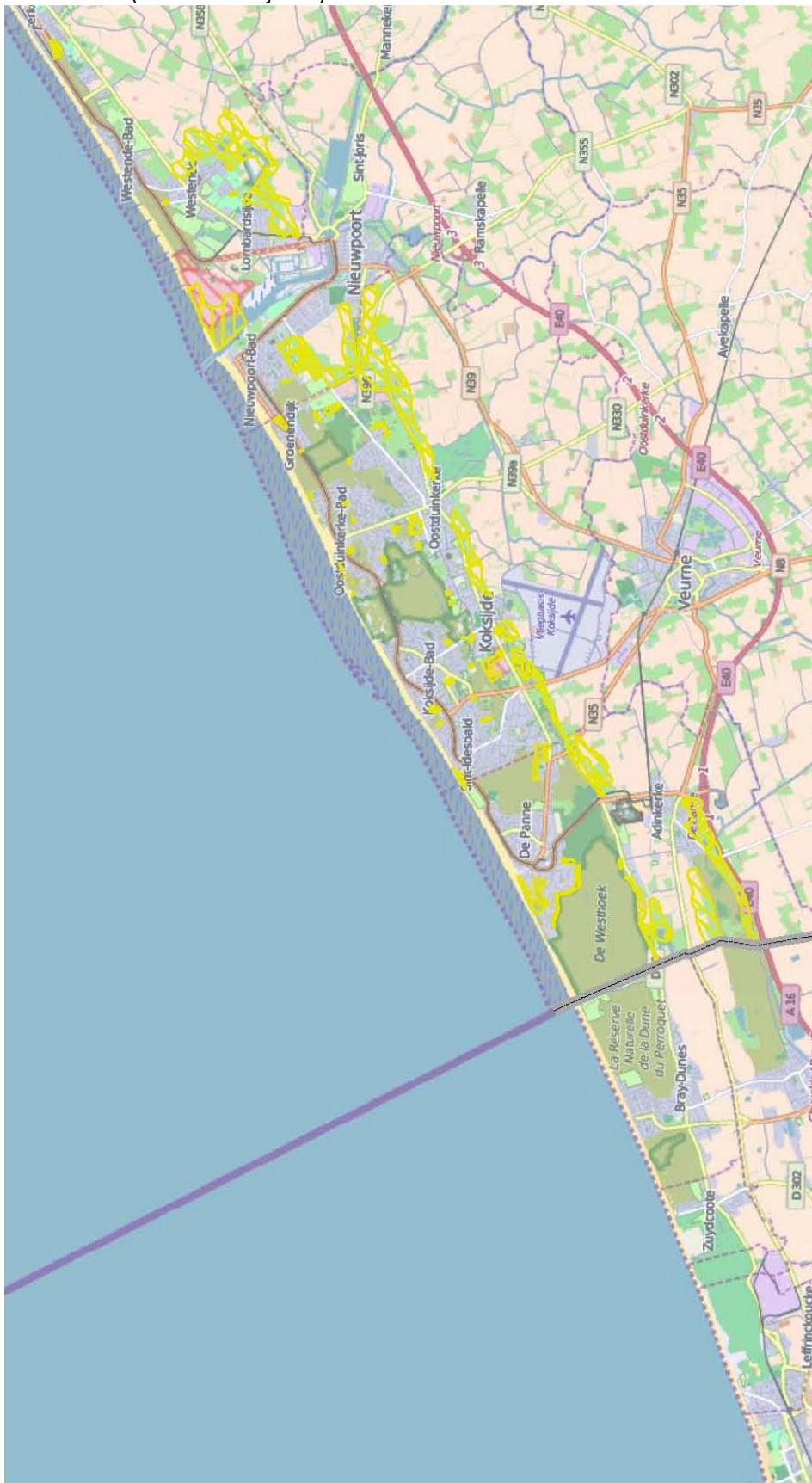
L'adoption du «décret sur les dunes» le 14 juillet 1993 a constitué une étape très importante dans la protection du patrimoine naturel côtier belge . Le décret du 29 novembre 1995, a finalement ratifié la désignation de 336 ha de « zone dunaire protégée » et 769 ha de « zone agricole importante pour la zone dunaire ». Cette mesure de protection a stimulé la politique d'achat de dunes menée par les autorités flamandes. Ce décret instaure une interdiction de bâtir sur deux types de zones:

- «zone dunaire protégée», située dans des zones affectées par les plans de secteur en tant que zone d'habitation, zone de récréation, zone d'utilité publique, domaine militaire etc. ou dans des lotissement encore en vigueur dans des zones vertes Ces zones sont soumises à une interdiction de bâtir, sauf pour des travaux visant la préservation de la nature ou la protection de la côte.
- «zone agricole importante pour la zone dunaire», située dans des zones à destination agricole.

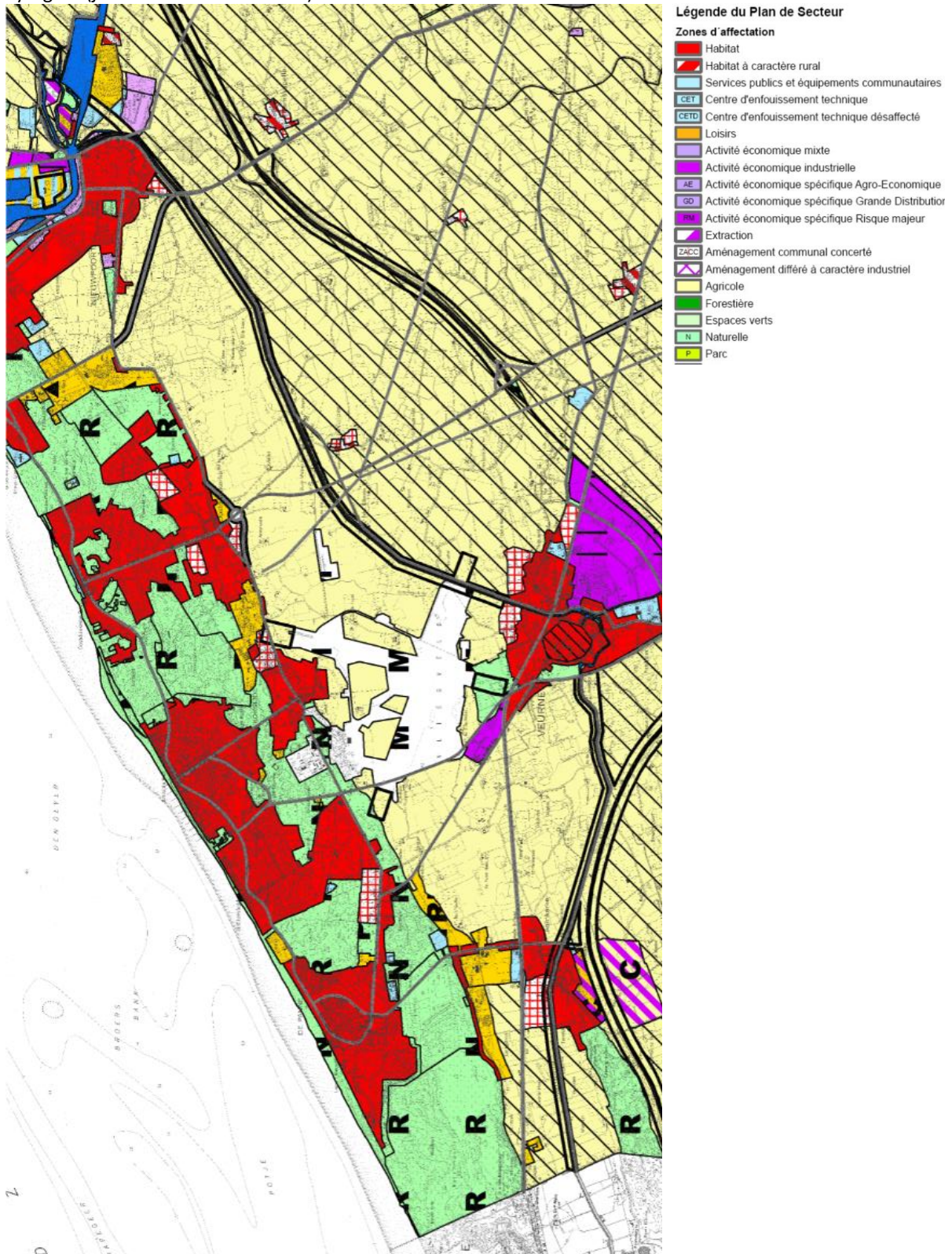
Dans ces zones, l'exploitation agricole peut être poursuivie.

Les sites de dunes se trouvant dans le territoire concerné par l'étude et qui furent protégés sont repris sur la carte 3.1.

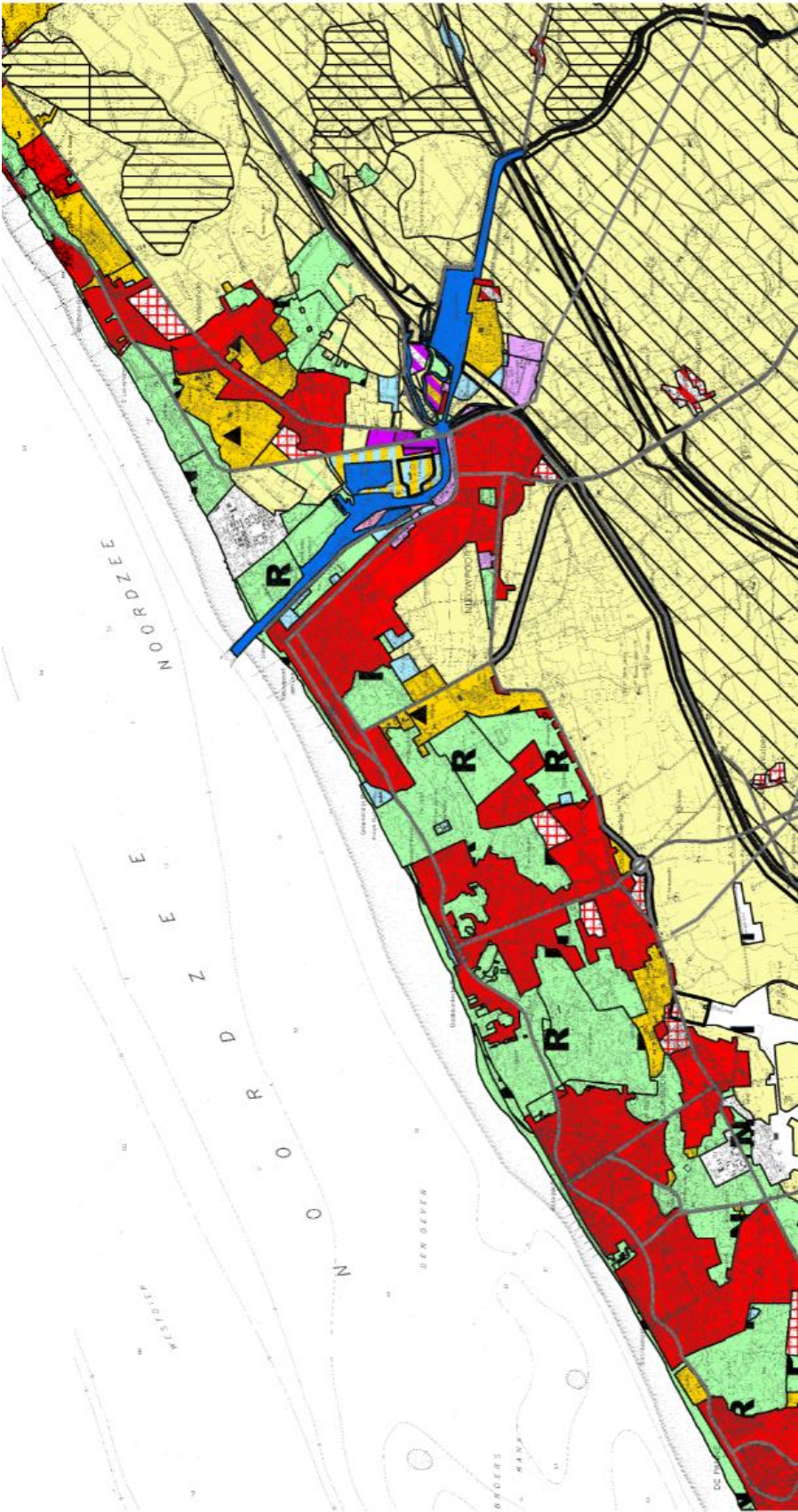
Carte 3.1. Les sites de dunes se trouvant dans la zone flamande du projet et qui furent protégés par les Décrets sur les dunes (avec hachuré jaune).



Carte 3.2.a Plan de secteur Veurne-Westkust (Furnes-côte occidentale, partim De Panne-Nieuwpoort). La plupart des massifs dunaires sont désignés comme « zone naturelle ayant une valeur scientifique ou réserve naturelle » (zone R) ou zone naturelle (zone N) (en vert) ou ont reçu la fonction combinée « zone naturelle (zone N) ». Certaines zones dans les polders sont désignés comme « zone agricole (jaune) ou ZA à valeur paysagère (jaune avec hachuré noire) ».



Carte 3.2.b Plan de secteur Veurne-Westkust (Furnes-côte occidentale, partim Nieuwpoort-Middelkerke (Westende)).



3.1.2.2. La France

A. Les inventaires en faveur du patrimoine naturel

Les dunes sont concernées par différents périmètres d'inventaires et de protection en faveur de l'environnement et des paysages.

3.1.2.2.1. Inventaires ZNIEFF

Lancé en 1982, l'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) a pour objectif d'identifier et de décrire des secteurs présentant de fortes capacités biologiques et un bon état de conservation.

La circulaire du 10 octobre 1989 concernant la préservation de certains espaces et milieux littoraux recommande la prise en compte des Z.N.I.E.F.F. de type I pour la définition des milieux qui doivent être protégés. Dans le cadre de l'élaboration de documents d'urbanisme (P.O.S., P.L.U., Schéma Directeur, S.C.O.T.), l'inventaire Z.N.I.E.F.F. fournit une base essentielle pour localiser les espaces naturels (zones ND, ...). La prise en compte d'une zone dans le fichier Z.N.I.E.F.F. ne lui confère aucune protection réglementaire.

On distingue 2 types de ZNIEFF :

- les ZNIEFF de type I : secteurs de grands intérêts biologiques ou écologiques
- les ZNIEFF de type II : grands ensembles naturels riches et peu modifiés, offrant des potentialités biologiques importantes.



- ZNIEFF de type 1
 - 1-0301, Dunes de Leffrinckoucke (ZNIEFF310013271 - site régional n°30)
 - 1-034, Dune du Perroquet (ZNIEFF310013275 - site régional n°34)
 - 1-075, Dune Marchand (ZNIEFF310007021 - site régional n°75)
 - 1-049, Dune de Ghyvelde (ZNIEFF310007022 - site régional n°49)
 - 1-111-01, Marais de la Briqueterie et Lac de Tétéghem
 - 1-111-02, Canal des Chats, Canal du Ringsloot et mares de chasse de Ghyvelde
- ZNIEFF de type 2
 - 2-111, Les Moeres et la partie Est de la Plaine Maritime Flamande

L'équivalent belge francophone des ZNIEFF est le Site de grand intérêt biologique (SGIB). Les SGIB constituent un maillon de la structure écologique qui matérialise les concepts théoriques du réseau écologique de zones centrales, de zones de développement, de zones à restaurer, de zones tampons et de zones de liaison ou corridors tel que défini par le Réseau écologique paneuropéen. L'équivalent belge flamand n'existe pas vraiment. Mais les concepts théoriques du réseau écologique se sont trouvés dans le « VEN » ou « Vlaams Ecologisch Netwerk » (le Réseau Ecologique Flamande)

B. Protection des espaces naturels

Pour protéger les espaces naturels, de nombreux outils complémentaires ont été développés. Ils se classent en trois catégories : la protection réglementaire, la maîtrise foncière et la contractualisation.

B.1. la protection réglementaire

Ces aires protégées ont un statut de protection fort. Elles font l'objet d'une réglementation stricte de protection de la flore, de la faune et des écosystèmes.

Il s'agit :

- des réserves naturelles nationales et régionales,
- des réserves biologiques domaniales,

- des réserves nationales de chasse et de faune sauvage
- des Parcs naturels marins
- des sites classés
- des arrêtés préfectoraux de protection de biotope.

3.1.2.2.2. Réserve naturelle nationale (RNN)

Une réserve naturelle nationale (RNN) est une aire protégée faisant partie des réserves naturelles de France et dont le statut est confirmé par la loi du 27 février 2002. La durée de sa protection est illimitée.

→ 83 ha Dune Marchand classée en Réserve Naturelle - Arrêté du 11 décembre 1974 (fiche 59-RN n°1) et consolidée par le Décret n°90-892 du 1 octobre 1990.

3.1.2.2.3. Site Classé/Inscrit du Nord

Les sites classés ou inscrits sont des lieux dont le caractère exceptionnel justifie une protection de niveau national (loi 02/05/1930, codifiée dans les articles L. 341-1 à 22 du code de l'environnement).

→ 1 Site Inscrit – critère pittoresque

- 59-SI-11 « Dunes de Flandre Maritime » (arrêté du 25/02/1972)

Parties inscrites comprenant : le Fort des Dunes à Leffrinckoucke, une partie de la commune de Zuydcoote, la partie Ouest de Bray-Dunes.

- 59-SI-15 « Dune Fossile de Ghyvelde » (arrêté du 11/09/1975)

Ensemble formé par la dune fossile sur la commune de Ghyvelde (155 ha de propriétés publiques et privés)

→ 1 Site Classé – critère pittoresque

- 59-SC08 « Dunes de Flandre Maritime » (arrêté du 31/08/1978)

Les dunes de Flandre Maritime et le domaine public maritime (DPM) correspondant sur les communes de Bray-Dunes, Zuydcoote, Ghyvelde et Leffrinckoucke. C'est 946 ha ou 662 ha pour le site terrestre et 284 ha de DPM.

3.1.2.2.4. Espace Naturel Sensible

Les réseaux d'espaces naturels sensibles sont des outils mis à disposition des conseils départementaux afin d'organiser la préservation d'un réseau de sites sur leur département. La création des ENS s'appuie sur le code de l'urbanisme (Art. L.142 et suivants)

La **taxe d'aménagement** (ou TA) est une taxe, instituée à compter du 1^{er} mars 2012 par l'article 28 de la loi n° 2010-1658 du 29 décembre 2010 de finances rectificative, au profit de communes ou établissements publics de coopération intercommunales et des départements. Elle remplace pour les départements, l'ancienne TDENS. Elle est fixée par délibération de l'exécutif et est comprise entre 0 et 2 %, elle concerne les constructions neuves ou les agrandissements. Dans le Département du Nord, elle est en 2016 de 1,45 % (1.20 % pour les espaces naturels sensibles et 0.25 pour les CAUE)

Les fonds alimentés par cette taxe servent alors à acquérir, restaurer, aménager et gérer les milieux naturels menacés. La propriété et la gestion de ces espaces peuvent échoir aux départements ou bien à une tierce partie conventionnée (association, conservatoire du littoral,...).

→ En ce qui concerne le Département du Nord, les sites ENS concernés par le projet FLANDRE sont :

- la Dune Dewulf,
- la Réserve naturelle nationale Dune Marchand
- la Dune du Perroquet,
- la Dune Fossile de Ghyvelde et le Lac des Moères.

Cela reprend l'ensemble des propriétés du Conservatoire du littoral, gérées par convention par le Service Espaces Naturels Sensibles du Département du Nord.

B.2. La maîtrise foncière

Deux dispositifs permettent l'acquisition foncière d'espaces naturels, dans un but de protection et de valorisation du patrimoine naturel.

Le Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres est un établissement public de l'état qui mène une politique foncière, en partenariat avec les collectivités territoriales, pour la sauvegarde de l'espace littoral et de maintien des sites naturels et de l'équilibre écologique, par l'acquisition de sites fragiles et menacés.

Le Conseil Départemental peut s'engager dans une politique de protection, de gestion et d'ouverture au public des espaces naturels sensibles de son territoire, par l'instauration de la Taxe d'Aménagement, dédiée notamment à l'acquisition foncière.

3.1.2.2.5. Acquisition de terrains par préemption

Les acquisitions du Conservatoire du littoral sont réalisées majoritairement par la voie amiable mais aussi par la voie de la préemption au titre des espaces naturels sensibles (ou en droit propre) et si besoin est, par voie d'expropriation.

C. Autres

3.1.2.2.6. La loi relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral dite « loi littoral » (3 janvier 1986)

Cette loi vise à encadrer l'aménagement de la côte pour la protéger des excès de la spéculation immobilière et à permettre le libre accès au public sur les sentiers littoraux. La loi comporte un ensemble de mesures relatives à la protection et à l'aménagement du littoral et des plans d'eau intérieurs les plus importants.

Objectifs :

L'orientation et la limitation de l'urbanisation dans les zones littorales,

L'affectation du littoral au public,

La gestion de l'implantation des nouvelles routes et des terrains de camping et de caravaning.

La protection du patrimoine naturel et culturel du littoral,

La préservation des milieux nécessaires au maintien des équilibres biologiques et écologiques,

La préservation et le développement des activités économiques liées à la proximité de l'eau.

→ Un des objectifs de la loi littoral est de protéger les espaces littoraux remarquables p.ex. ceux inscrits dans des régimes de protection tels que celui de la ZNIEFF ou Natura 2000. Seuls les aménagements légers sont autorisés. Ce sont ceux qui sont « nécessaires à leur gestion, à leur mise en valeur notamment économique ou, le cas échéant, à leur ouverture au public ».

3.1.2.2.7. Label Grand Site

Ce label vise à promouvoir la bonne conservation et la mise en valeur des sites naturels classés de grande notoriété et de très forte fréquentation. Cette réglementation est intégrée dans le *Code de l'environnement* (2010) portant engagement national pour l'environnement. Le label est attribué à l'organisme local chargé de la conservation et de la mise en valeur pour une durée de six ans renouvelable, et peut lui être retiré en cas de manquement.

Un accord de principe pour la mise en oeuvre de l'OGS est délivré par le ministre de l'écologie sur demande du préfet. L'opération débute dès cet accord et couvre la phase étude et la phase travaux. La réalisation des travaux de réhabilitation doit ensuite être autorisée par la même autorité au titre de la loi de 1930 sur les sites.

La première phase de l'Opération Grand Site consistera en un temps d'échange, de concertation et de communication, avec les différents partenaires mais aussi et surtout avec la population locale. Dès la fin de l'année 2012, une étude paysagère et une étude de fréquentation seront lancées afin de mieux cerner les éléments déterminants autour desquels se construira le projet de site (orientations, actions, plan de gestion...).

Un projet qui a pour objectif de :

- Préserver et valoriser les vestiges militaires (notamment ceux de la Seconde Guerre Mondiale) situés en plein cœur des espaces naturels ; en lien avec le patrimoine historique urbain
- Assurer la préservation des espaces naturels sensibles et des sites en offrant aux visiteurs une découverte de qualité par les mobilités douces
- Allier découverte des paysages et découverte de la culture flamande dans une logique de développement durable

→ La Communauté Urbaine de Dunkerque et ses partenaires ont déposé auprès du ministère de l'Écologie la lettre d'engagement qui officialisera cette opération qui mettra en valeur les patrimoines historique, naturel et paysager du littoral est-dunkerquois
En s'inscrivant dans la démarche Grand Site, c'est tout le territoire dunkerquois qui cherche à dévoiler ses atouts autour d'un projet durable.

D Les outils de planification: Le SCOT & Le PLU

3.1.2.2.8. Le Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT)

Instrument stratégique au niveau local (compétence des communes ou de leurs groupements). Ce document de planification vise la mise en cohérence, à l'échelle intercommunale, des politiques publiques en matière d'habitat, de déplacements, de développement économique, d'aménagement de l'espace, de prévention des risques et de protection de l'environnement, etc.

Il a été instauré par la loi SRU du 13 décembre 2000

La loi portant engagement national pour l'environnement dite Grenelle II du 12 juillet 2010 renforce les objectifs des SCOT, ainsi que des plans locaux d'urbanisme (PLU) et cartes communales : ces plans, cartes et schémas doivent ainsi contribuer à réduire la consommation d'espace (lutter contre la périurbanisation), préserver les espaces affectés aux activités agricoles ou forestières, équilibrer la répartition territoriale des commerces et services, améliorer les performances énergétiques, diminuer (et non plus seulement « maîtriser ») les obligations de déplacement, réduire les émissions de gaz à effet de serre, et renforcer la préservation de la biodiversité et des écosystèmes (notamment via la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques) .

Exemple du SCOT de la région Flandre-Dunkerque. Dans le cadre du processus de révision en cours du SCOT, l'Observatoire de la biodiversité du Nord - Pas-de-Calais (2014) a publié un Etat des lieux de la biodiversité dans les territoires des Schémas de cohérence territoriale (SCoT) par sous-région du Département. Le territoire concerné par l'étude est traité dans le chapitre intitulé "Territoire du SCoT de la région Flandre-Dunkerque".

3.1.2.2.9. Le Plan Local d'Urbanisme (PLU)

Instrument stratégique et réglementaire au niveau local. Ce document de planification remplace l'ancien plan d'occupation des sols. Outil de définition et de mise en oeuvre des politiques urbaines au travers d'un projet à l'échelle d'une commune ou d'un groupement de communes. Le PLU doit être compatible avec la DTA (Directive Territoriale d'Aménagement), le SCOT, le PDD (plan de déplacements urbains) et le PLH (programme local de l'habitat) (lorsqu'ils existent) ; il constitue un

document d'urbanisme opposable aux tiers. Le PLU doit être compatible avec le SCOT pour le territoire le concernant et est l'instrument stratégique et réglementaire le plus important pour tous les permis d'urbanisme individuels.

3.1.3. Réglementations communales

3.1.3.1. Chiens et montures sur la plage et dans les dunes

A. En Belgique

Les chiens sont généralement admis sur la plage moyennant certaines conditions. Dans quelques communes, la plage n'est pas accessible dans certaines zones ou périodes. Il y a parfois des exceptions pour les chiens d'aveugles.

La Panne : interdiction de laisser courir les chiens

Coxyde : balade avec le chien autorisée toute l'année sur la plage dans trois zones. Dans les autres zones, une interdiction est en vigueur du 1^{er} juin au 15 septembre.

Du 1^{er} septembre au 1^{er} avril, le chien est autorisé sur la plage avec la laisse.

Nieuport : interdit du 15 juin au 15 septembre.

Middelkerke : balade autorisée, mais pas du 1^{er} juin au 15 septembre, sauf dans 2 zones spécifiques.

Les montures sont généralement admises sur la plage, mais pendant la saison estivale uniquement sous certaines conditions.

La Panne : interdiction dans les dunes et les bois, sauf sur les chemins équestres.

- Du 30 juin au 1^{er} septembre, interdiction sur la plage entre 10h et 19h, sauf sur les chemins équestres.

Coxyde : interdiction sur la plage et au bord de l'eau du 15 juin au 15 septembre inclus entre 10h et 19h. En dehors de cette période, uniquement autorisées à marée basse.

Nieuport :

- Toujours interdites sur la plage au-dessus de la ligne des hautes eaux et dans les dunes, sauf sur les sentiers équestres aménagés à cet effet. En outre, interdiction du 1^{er} juin au 15 septembre, entre 8h et 19h.

Middelkerke : autorisées, mais interdites pendant les vacances de Pâques et de la Pentecôte et du 1^{er} juin au 15 septembre inclus, sauf dans 2 zones entre 19h30 et 24h. Interdiction dans les dunes.

L'équitation est autorisée dans les espaces naturels dunaires sur les sentiers balisés et indiqué pour l'équitation.

B. En France

On trouve quelques plages autorisées aux **chiens** y compris en plein été. En général, il s'agit de plages en dehors des zones de surveillance.

Bray-dunes : les chiens sont tolérés sur les différentes plages en dehors des vacances scolaires. Pendant les vacances, ils sont autorisés en dehors des zones de baignade c'est à dire sur les plages du Perroquet et du Marchand. Noter que les chiens tenus en laisse sont tolérés.

Zuydcoote : les chiens sont interdits de 1 mai – 30 septembre (arrêté municipal M31/2005).

Leffrinckoucke : les chiens sont autorisés en été sur la partie sauvage de la plage (à partir de la descente des bateaux en prenant la direction de Bray-Dunes). En dehors de l'été (15 septembre au 15 juin), ils sont autorisés sur toute la plage.

Malo les Bains : les chiens sont autorisés en été.

Concernant les **cavaliers**, les plages peuvent être soumises à une :
interdiction totale,
autorisation à certaines heures de la journée ou à certaines périodes de l'année,
autorisation permanente.

Bray-dunes: : interdiction (1 avril et 30 octobre)

Zuydcoote: interdiction (1 avril et 30 octobre, (arrêté municipal M31/2005)).

Leffrinckoucke : l'arrêté municipal de police des plages y interdit, du 1er juin au 15 septembre, l'accès des chevaux.

Malo les Bains: interdiction

Autres :

Bray-dunes : Du côté du centre-ville de Bray-Plages, on trouve une zone où l'on peut pratiquer du kitesurf et du char à voile.

Leffrinckoucke : Les engins à moteur, la pratique du char à voile, speed sail, kitesurf, flysurfs, la pratique du cerf-volant sont interdits sur la plage mais autorisé à partir du premier blockhaus penché direction zuydcoote.

Zuydcoote: La chasse est possible à l'est de la commune et un point situé à 300 m à l'est de l'accès à la plage situé dans le prolongement des rues d'Avesnes et de Roubaix pendant les dates officielles de la chasse au gibier d'eau.

Malo les Bains: le kite surf est possible dans une zone à l' hauteur du parc du vent.

L'équitation est totalement interdite dans les espaces naturels dunaires, Dune du Perroquet, Dune Marchand et Dune Dewulf à Leffrinckoucke.

3.2. Visions récentes

3.2.1. En Flandre

Les perspectives ci-après sont présentées de façon cohérente dans la mesure du possible et chronologique.

3.2.1.1. *Projet d'aménagement du territoire du Westhoek*

La proposition finale du plan directeur a été approuvée par le Gouvernement flamand le 12/06/1995. L'exécution du plan directeur devrait se faire au moyen de divers plans d'aménagement. Dans ces plans d'aménagement, plusieurs idées pertinentes relatives au territoire concerné par l'étude ont été formulées. Elles détermineront également plus tard la forme de la vision en termes de nature et de récréation.

- L'accompagnement de l'utilisation récréative conjointe dans un nombre de complexes dunaires ;
- Le développement des bords de dunes intérieurs et la transition entre les dunes et les polders avec une agriculture extensive à petite échelle, riche écologiquement, et des boisements avec des essences autochtones ;
- Le développement de l'agriculture avec des fonctions secondaires dans la zone de transition au nord des dunes Cabour ;
- La stimulation d'un captage d'eau alternatif conforme à l'écotope des dunes.

→ *Un des plans d'aménagement concerne la « Vision de la région et le plan d'aménagement de la région de transition dunes/polders Adinkerke et Nieuport dans le cadre du projet d'aménagement du territoire du Westhoek » (voir ci-après 3.2.1.2.).*

3.2.1.2. *Aménagement des zones de transition dunes-polders dans le cadre d'une réserve côtière intégrale au Westhoek*

Cela concerne une note de discussion de l'ancien AMINAL, service Développement de la nature (Herrier 1994). La note fait suite à une réflexion officielle des fonctionnaires français et flamands dans laquelle ils expriment le souhait de créer une zone naturelle transfrontalière, qui comprendrait toutes les zones des bancs de sable en mer jusqu'aux « Oude Duinen » (dunes anciennes) d'Adinkerke-Ghyvelde. La notion de « réserve côtière intégrale » y est décrite comme une zone gérée selon les principes de la gestion de la nature et protégée au niveau juridico-planologique qui comprend toutes les composantes géomorphologiques présentes localement, tant marines que terrestres, de l'écosystème côtier. Une réserve côtière intégrale autoriserait davantage d'imbrication avec les autres formes d'utilisations (récréation, etc.) qu'une réserve naturelle classique. Ses parties les plus fragiles seraient aménagées et gérées en tant que réserves naturelles. Trois sites possibles sont indiqués :

- le complexe du Zwin transfrontalier,
- *la rive ouest de l'IJzermonding (embouchure de l'Yzer) et*
- *le complexe transfrontalier Westhoek-Ghyvelde qui consisterait en 850 ha de massif de « dunes jeunes », 400 ha de plaine d'estran recouvert (« Overdekt Waddenlandschap » dans la région pédologique des polders) et 220 ha de massif de dunes fossiles. La réflexion prône de ne pas autoriser la culture intensive dans cette région. De même, le besoin d'un projet de développement naturel péri-urbain est préconisé en guise de conservation de l'espace libre.*

Outre une gestion de la côte intégrée qui concerne tous les secteurs et facettes socio-économiques de la côte, il y a également la nécessité d'une gestion intégrale de la côte qui approche l'écosystème côtier avec ses composantes marines et terrestres comme un continuum. Une meilleure symbiose de la politique naturelle sur terre et en mer, surtout en matière de délimitation et de gestion des zones protégées, est nécessaire pour une protection efficace de l'interface mer et terre que constitue la côte par définition.

L'idée d'une zone naturelle transfrontalière a été répétée plusieurs fois par les différents ministres chargés de l'environnement et de la nature. L'intention de réaliser un « parc naturel côtier intégral » à hauteur de la zone de la réserve naturelle du Westhoek et des dunes Cabour a été formulée pour la première fois par le ministre Norbert De Batselier (juin 1994) et reprise ultérieurement par la ministre Vera Dua (2003) et par la ministre Hilde Crevits (2008).

Les idées suivantes sont formulées comme objectif pour les zones de transition dunes-polders :

- *rétablissement de zones de suintement naturelles, avec le développement de bas-marais alcalins (par le rétablissement de la situation hydrologique naturelle) ;*
- *développement d'un paysage mosaïque avec des pelouses, macrophorbiaies et fourrés par le pâturage extensif avec de grands herbivores ;*
- *la dune blanche peut localement recouvrir le polder.*

Afin de concrétiser cette vision, certaines étapes ont déjà été mises en œuvre au niveau du territoire flamand pour réaliser ce parc :

- *achat de terrains en lisière des dunes et des polders pour créer une jonction écologique entre les dunes dites « jeunes » du Westhoek et les dunes dites « anciennes » du domaine Cabour ;*
- *la rédaction d'un dossier d'achat prioritaire pour les dunes Oostvoorduinen à Oostduinkerke comme zone partielle du complexe Zeebermduinen-Ter Yde ;*
- *le rétablissement du complexe de vasières salées, prés-salés et dunes à Nieuport par le démantèlement complet de l'ancienne base navale et l'excavation des terrains qui avaient été rehaussés avec des boues de dragage.*

Au moment où le Gouvernement fédéral opte pour la délimitation de réserves naturelles marines à hauteur du Westhoek, de l'Embouchure de l'Yzer et des Zeebermduinen, ces réserves maritimes et les réserves naturelles des plages, dunes et polders peuvent être connectées les unes aux autres pour en faire des parcs naturels côtiers intégraux sous une gestion commune.

3.2.1.3. Plan Orchis pour Groenendijk-Lenspolder-Labeurhoek

Pour les zones de transition dunes/polders de la côte occidentale, le « *plan d'action Orchis* » fut élaborée par l'association Natuurreservaten vzw (précurseur de Natuurpunt vzw) (Bonte 1994) qui entendait donner au projet « *Groene Hoofdstructuur* » (Structure principale verte) une approche locale. Ce plan ambitionnait une protection et un développement de la nature dans les zones de transition dunes/polders de la côte occidentale. Les points d'action suivants y sont proposés :

- *destiner toutes les zones (périphériques) des dunes intérieures à vocation naturelle ;*
- *achat de ces zones par les pouvoirs publics ou des associations privées de défense de la nature ;*
- *diminuer le captage d'eau et l'isolation hydrologique des zones par rapport au drainage des polders afin d'augmenter le niveau d'eau souterraine en lisière de dune intérieure ;*
- *développement de nouveaux terrains humides par creusement du sol ;*
- *extension des pâturages comme gestion de base pour le développement d'un paysage mosaïque de prairies humides et sèches calcaires et de fourrés ;*
- *sur les 'vrais' sols de polders de Lenspolder et les terres en lisière des dunes intérieures et des polders, des forêts semi-naturelles de randonnées peuvent être plantées (forêt de frênes et d'ormes).*

3.2.1.4. « Plan Phoque » pour l'embouchure de l'Yzer

À la fin de 1993 Natuurpunt a proposé sous le même nom, un plan d'action pour la réserve naturelle l'embouchure de l'Yzer à Newport. Comme un résultat des mesures de restauration ont ensuite été exécutés par l' ANB qui ont conduit à une augmentation de la biodiversité dans et autour l'embouchure de l'Yzer et qui ont contribué au retour des phoques.

En 1999, l'embouchure de l'Yzer a été désigné comme réserve naturelle flamande la nature flamande. De Septembre 1999 à Mars 2003, des travaux de restauration de la nature ont été effectués, y compris la démolition de l'ancienne base navale, l'excavation d'un dépôt de terres et de boues, la démolition de la cale de halage.

3.2.1.5. Plan d'acquisition pour les dunes côtières flamandes et zones adjacentes

Ce plan formule les intentions stratégiques relatives à ces sites sur la base de l'évaluation géomorphologique et biologique de 37 complexes de dunes côtières. (De Loose et al. 1996). Divers grands massifs de dunes de la territoire concerné par l'étude sont très appréciés tant géomorphologiquement que biologiquement. Par ailleurs, ils étaient considérés alors comme ayant considérablement besoin d'une gestion. Pour ces raisons, selon cette vision, l'acquisition de ces sites dunaires est clairement prioritaire.

3.2.1.6. Perspective d'écosystème pour la côte flamande (Belgique)

La perspective d'écosystème constitue le document de base pour la gestion de de la nature de la côte. La partie « Développement de la nature » (Provoost et al. 1996) est un manuel pratique destiné au gestionnaires des sites naturels et aux utilisateurs de l'écosystème côtier. Concernant le territoire concerné par l'étude actuel, les propositions suivantes sont pertinentes :

- Possibilités de permettre des processus géomorphologiques côtiers de, notamment « la dynamisation accompagnée de la dune bordière » (De Westhoek : projet exécuté, à savoir création de deux entrées de mer) ;
- Possibilités de mobilisation du sable à grande et à petite échelle ;
- Valorisation de gradients macro-écologiques précieux liés à une constellation géomorphologique unique, pratiquement 'irremplaçable', par ex. dunes « jeunes » et « anciennes » de La Panne, Ter Yde et les environs de l'Embouchure de l'Yzer ;
- Présence et potentiels de développement de terrains dunaires humides ;
- Potentiels de développement de la nature à partir de zones écologiquement précieuses :
 - Jeune végétation basse des vallées dunaires
 - prairies maigres humides/ végétation de dépressions intradunales anciennes
 - Prairie dunaire mésophile riche en calcaire
- Différents sites dunaires qui sont à prendre en considération pour des projets de développement de milieux naturels (voir plus loin, projets réalisés) ;
- Relations et gradients écologiques à renforcer prioritairement sur la côte flamande, également dans un contexte transfrontalier (cf. parc naturel transfrontalier, environs de Ter Yde et Doornpanne, IJzermondig).

3.2.1.7. Baies flamandes - Projet Complexe "Perspective littorale"

Dans le cadre du projet Vlaamse Baaien (Baies flamandes), on travaille actuellement à l'élaboration d'une (nouvelle) perspective d'écosystème côtier qui doit offrir un cadre d'évaluation pour des mesures concrètes qui seront prises dans le cadre de ce projet.

Suivi/remplacé (?) par le Projet Complexe "Perspective littorale" du Département de la Mobilité et des Travaux Publics (MOW).

3.2.1.8. Plan intégré d'approvisionnement en eau et de développement des milieux naturels (GWEN) pour la côte occidentale.

L'objectif hydrogéologique le plus important consistait à trouver une alternative au captage d'eau de la nappe phréatique naturelle dans les dunes de la côte occidentale (Degezelle et al. 2003). C'est pourquoi on a étudié dans quelle mesure le captage d'eau et le développement des milieux naturels étaient possibles et conciliables dans la Plaine d'estran recouvert (Overdekt waddenlandschap) (La Panne) et dans le Lenspolder (Nieuport). À cette fin, des cartes de végétation potentielles ont été rédigées selon différents scénarios de captage d'eau et de gestion (fauchage, pâturage, non-intervention). Une analyse multicritère explique les avantages et inconvénients des différents scénarios.

Dans ce document, la plus grande plus-value écologique attendue vient d'un paysage pâturé. L'extension des pâturages entraînera un paysage semi-ouvert nettement plus différencié que les autres mesures de gestion.

Les résultats des analyses multicritère hydrogéologiques et écologiques conduisent aux conclusions suivantes :

- *Écologiquement, la situation sans captage est la meilleure, mais elle n'offre pas de réponse à l'objectif ;*
- *Dans la plaine d'estran recouvert (Overdekt Waddenlandschap), le scénario 6, où l'eau est captée au sud et à l'est de l'étang existant (ancienne exploitation de sable) est meilleur écologiquement et hydrogéologiquement que la situation avec captage d'eau dans le Westhoek (scénario 2 avec 1 243 290 m³/an de captage dans le bois de Calmeyn, répartis de manière homogène sur l'année) ;*
- *Le scénario 3 (avec infiltration dans la Doornpanne et réduction du captage d'eau dans le bois de Calmeyn jusqu'à 1 000 000 m³ par an) est évalué comme écologiquement souhaitable face aux alternatives de captage d'eau locales tandis que le scénario s'en tire relativement bien quant au critère hydrogéologique ;*
- *Les alternatives de captage d'eau au sein de la « plaine d'estran recouvert », où l'on travaille par infiltration et puits de pompage autour du Langgeleed (scénarios 4, 5 et 8) ou dans la zone entre le canal et les dunes de Cabour (scénario 7) ne font pas mieux que la situation actuelle avec captage d'eau dans les dunes et ne sont donc pas prises en compte comme alternative.*

3.2.1.9. Développement récréatif dans l'Overdekt Waddenlandschap (paysage de « vasières » recouvertes) Adinkerke/La Panne

En 2006, un dossier a été rédigé à l'initiative de la province de Flandre occidentale en vue de réaliser la jonction récréative entre les dunes du Westhoek et les Moëres. Plusieurs points d'action, dont la grande majorité a été exécutée depuis lors, ont été proposés dans le cadre du programme Interreg IV A France-Wallonie-Vlaanderen – projet Réseau récréatif et fonctionnel transfrontalier – approuvé le 29 juin 2010. Ce projet avait l'ambition de mieux relier les réseaux existants de voies lentes des deux côtés de la frontière en Flandre et dans le nord de la France. Les objectifs dans le territoire concerné par l'étude étaient :

- *Réaménagement et mesures ralentissant le trafic dans la Maerestraat, la liaison entre le pont au-dessus du canal Duinkerke et le tunnel sous l'autoroute E40/A18 dans le cadre de l'extension d'un réseau récréatif transfrontalier*
- *Voie d'accès au tunnel sous l'A18/E40 côté Cabour / Dune fossile ;*

- Voie d'accès au tunnel sous l'A18/E40 côté Groot Moerhof ;
- Pont au-dessus du canal Duinkerke/Furnes dans le cadre de l'extension d'un réseau récréatif transfrontalier ;
- Voie d'accès jusqu'au pont au-dessus du canal du côté de la Smekaertstraat ;
- Aménagement de l'ancienne zone de chemin de fer Duinkerke–Adinkerke en itinéraire cycliste touristico-récréatif (du côté français, initiative de la CUD).

3.2.1.10. « Plan de gestion pour la réserve naturelle flamande du bois de Hannecart intégré dans une perspective de site pour le complexe des dunes Ter Yde à Oostduinkerke »

Cette étude (Hoffmann et al. 1999) constituait la base de l'actuel plan de gestion de la réserve naturelle flamande « Ter Yde » (Van Nieuwenhuysse 2003).

La perspective de site a pour but d'exprimer au mieux la diversité biologique en fonction des circonstances abiotiques actuelles et potentielles. Pour réaliser cet objectif, il a été choisi de prendre le paysage semi-naturel comme type de paysage cible, dans lequel priorité est donnée à la conservation à petite échelle ou à la promotion de certains stades de succession avec les espèces cibles qui leur sont associées. Le choix de ce type de paysage cible repose sur les constatations suivantes :

- la surface limitée de la zone d'étude (< 500 ha) ;
- la perturbation de la géomorphologie naturelle ;
- le niveau de la nappe phréatique abaissé (moyen) ;
- l'utilisation récréative ;
- l'écosystème incomplet (il manque de grands herbivores et prédateurs, présence d'espèces étrangères invasives).

En d'autres termes, il s'agit d'un écosystème fortement influencé par l'homme. La gestion sera dès lors fortement pilotée par l'homme, toutefois avec un pâturage intégral tout au long de l'année comme une gestion de base, et l'activation locale de la dynamique éolienne du sable, ce qui permettra d'exprimer les processus naturels et contribuera à optimiser la biodiversité.

3.2.1.11. « Paysage côtier métropolitain 2100 »

Le projet a pour objectif d'étudier les défis que doit relever la côte et dans quelle mesure ils peuvent mener à des éléments d'une vision de développement partagée pour l'ensemble du paysage côtier, y compris la mer et l'arrière-pays. Le projet est mis sur pied par Ruimte Vlaanderen, le Vlaams Bouwmeester et le Département Mobilité et Travaux publics. À partir de la phase 2 du projet, L'Agence des Services maritime et de la côte, compétente pour la défense du littoral s'est joint au partenariat.

→ *Quatre futurs possibles sont envisagés pour la zone côtière 2100 avec des conclusions globales. Ceci constitue la base de l'élaboration d'actions concrètes qui s'inscrivent dans la problématique du changement climatique d'une part et qui tiennent compte des défis des secteurs divers d'autre part, pour une vision à long terme respectueuse de l'ensemble de la zone côtière, qui concerne les divers acteurs et niveaux politiques.*

3.2.1.12. Le plan spatial marin

La plage au sein du territoire concerné par l'étude fait partie du type d'habitat « Replats boueux ou sableux exondés à marée basse » (1140). La partie sous-littorale du territoire concerné par l'étude tombe entièrement dans la sous-zone A de la zone de la directive habitat « Trapegeer Stroombank » (181 km²), étendue aux « Vlaamse Banken » (bancs flamands) (1100 km²). La sous-zone A est un complexe de bancs de sable, type d'habitat « Bancs de sables à faible couverture d'eau marine » (1110). Au sein du dernier type d'habitat cité, on peut distinguer le type d'habitat « Récifs » (1170),

avec des agrégations de vers tubicoles *Lanice conchilega*. Cependant, il n'y a pas unanimité parmi les biologistes marins. Dans les zones de protection spéciales et les zones spéciales destinées à la préservation de la nature, les activités qui n'occasionnent aucun dégât significatif sur l'une des espèces ou l'un des habitats pour lesquels la zone a été indiquée sont autorisées. L'alimentation artificielle en sable de l'estran a un effet négatif local sur les coquillages (mollusques) qui n'a pas encore disparu complètement après 2-3 ans. Cela peut être important pour les oiseaux marins qui se nourrissent de coquillages, comme la macreuse noire. Une partie de la zone du projet, de La Panne à Nieuport, rentre dans la zone de protection spéciale marine de la Directive oiseaux Nieuport (BEMNZ0002) (110 km²). La zone de la Directive oiseaux se situe entièrement dans la zone Directive habitat. Pour les espèces présentes dans les zones de la Directive oiseaux, le maintien de la surface actuelle et de la qualité du milieu de vie suffit ; cependant, la directive Habitat est également en vigueur dans la zone du projet.

Lors de la demande des permis pour les activités ayant un impact sur les zones Natura 2000, il convient toujours de rédiger une 'évaluation appropriée', en plus ou dans le cadre de l'évaluation des effets sur l'environnement.

Pour la côte près de La Panne, une « Zone de test dite de protection contre les inondations marines » a été aménagée pour pouvoir vérifier notamment l'effet du remblaiement des bancs de sable sur la sécurité de la côte.

La partie belge, vers la mer du territoire concerné par l'étudier entre intégralement dans la « Zone 1 pour la pêche avec des techniques adéquates ». Au sein de cette Zone 1, l'utilisation de nasses sur rouleaux est obligatoire pour la pêche côtière, ce qui remue moins le sol et, pour la pêche à la crevette, l'utilisation d'un chalut de séparation est obligatoire, ce qui permet aux poissons plats juvéniles de s'échapper. À 4,5 milles nautiques le long de la côte, seuls des bateaux de moins de 70 tonnes sont autorisés.

3.2.2. En France

3.2.2.1. La stratégie d'intervention 2015-2050 du CDL

La stratégie d'intervention du Conservatoire du littoral à l'horizon 2050 a été validée le 9 juillet 2015 par le Conseil d'administration. La stratégie d'intervention 2015-2050 se compose à la fois du document national et de documents par Conseil de rivages :

- Le document national de synthèse présente une analyse externe de l'évolution de l'environnement littoral, un bref bilan de l'action puis les deux grands objectifs de long terme du Conservatoire ainsi que les modalités de leur mise en oeuvre au travers d'orientations opérationnelles et thématiques.
- Les documents territoriaux, à l'échelle de chaque Conseil de rivages, présentent une synthèse des orientations stratégiques retenues pour ces rivages et précisent ensuite, pour chaque unité littorale, la stratégie territoriale. Celle-ci est illustrée par une carte des enjeux et des pressions et par une carte des zonages stratégiques qui précise les futures zones d'intervention.

Stratégie d'intervention 2015-2050 Rivages de Nord Pas-de-Calais Picardie

(www.conservatoire-du-littoral.fr/101-delagation-de-rivages-manche-mer-du-nord.htm)

Orientations stratégiques :

- Renforcer la fonctionnalité écologique des sites,
- Développer un accueil raisonné du public

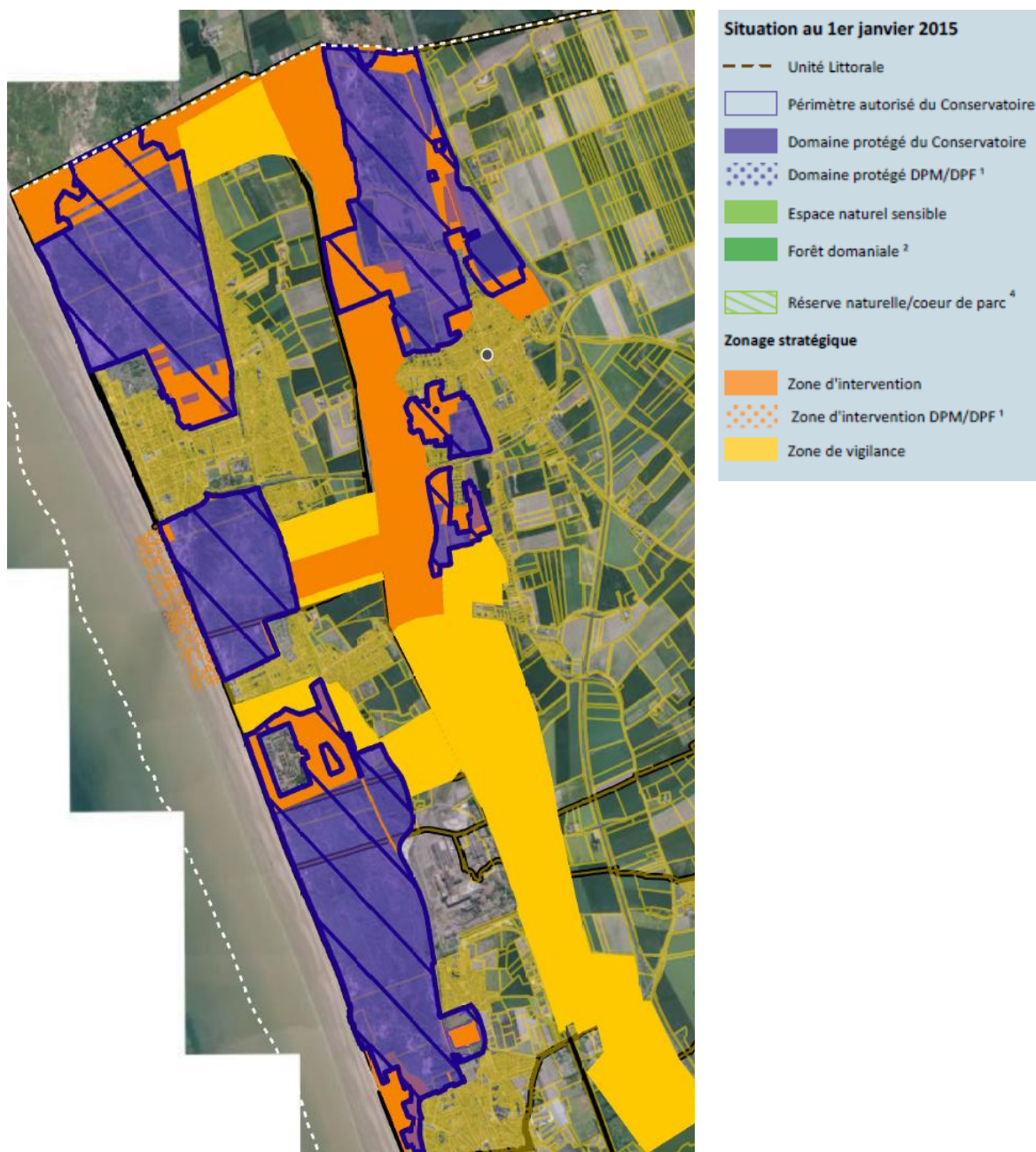
Le Conservatoire concentre son action sur la constitution d'un réseau de sites interconnectés. Les rares coeurs de nature étant protégés, c'est à la préservation ou à la restauration des continuités écologiques qu'il convient désormais de travailler :

- les liaisons entre les Dunes de Flandres, la dune Fossile et le domaine Cabour (qui en constitue le prolongement en Belgique), sont un enjeu majeur des prochaines années.
- Le besoin de nature d'une population dense, l'évolution des pratiques de sports et loisirs ainsi que le risque de surfréquentation des espaces naturels devenus trop rares conduisent le Conservatoire à engager sur ce territoire une politique à la fois volontariste et raisonnée d'ouverture au public à l'échelle la mieux adaptée.

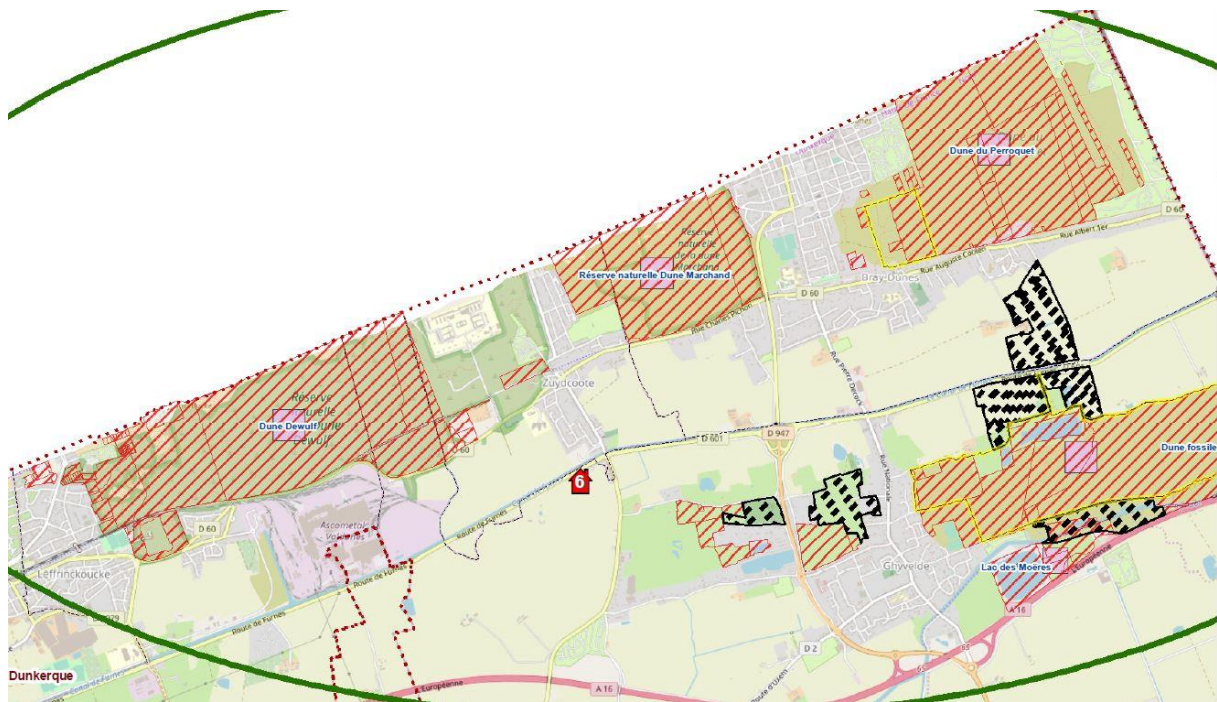
3.2.2.2. Politique du département du Nord concernant les Espaces Naturels Sensibles

Le 1er Juillet, 2019, en cadre de la politique sur les Espaces Naturels Sensibles le département du Nord a décidé de soutenir la stratégie 2015-2050 du Conservatoire du Littoral. En ce sens, il fonde sa politique sur la carte 3.3. Elle peut venir en appui de la stratégie du Conservatoire du Littoral, notamment avec le projet de création de la nouvelle zone de préemption (hachures noires sur la carte 3.4 des orientations foncières. La partie française de la zone du territoire est un domaine qui nécessite des efforts supplémentaires pour la nature (entouré d'un cercle vert)

Carte 3.3. Carte de la stratégie du CDL 2015-2050 (aplats orange/prioritaire et jaune/à étudier) superposée avec les périmètres d'intervention et propriétés du CDL (périmètres bleus avec hachuré/périmètre autorisé et aplats bleus/propriétés)



Carte 3.4. Cartes des orientations foncières pour le département (avec zoom sur le littoral) qui ont été validées lors de la délibération en cadre de la politique sur les Espaces Naturels Sensibles du 1^{er} juillet 2019. Elle peut venir en appuis de la stratégie du Conservatoire du Littoral, notamment avec le projet de création de la nouvelle zone de préemption (hachures noires sur la carte).



Stratégie départementale

-  Engagement départemental renforcé
-  Nouveaux partenariats à envisager
-  Partenariat avec la MEL

Surface en propriété ou gestion ENS

-  0 - 9 (Surface en Ha)
-  10 - 49
-  50 - 290
-  Domaine naturel départemental
-  Gestion ENS
-  Contours de zone de préemption ENS
-  Création de zone de préemption ENS
-  Contour des EPCI
-  Localisation des garderies ENS

3.2.2.3. Le Schéma Régional de Cohérence Écologique

Le SRCE doit respecter les orientations nationales pour la préservation et la restauration des continuités écologiques ainsi que les éléments pertinents des SDAGE.

Le SRCE de la Région Nord-Pas-de-Calais a été approuvé par le préfet de Région le 16/07/2014.

Les futurs documents d'urbanisme doivent prendre en compte le SRCE approuvé.

Le SRCE – TVB (Trame Verte et Bleue), outil d'aménagement du territoire, est un réseau des continuités écologiques terrestres et aquatiques. Il vise à préserver les services rendus par la biodiversité, à enrayer sa perte en maintenant et restaurant ses capacités d'évolution et à la remise en bon état des continuités écologiques.

Le terme « SRCE » est complété de « TVB » pour inscrire l'élaboration du Schéma en filiation des travaux Régionaux.

3.3. Protection et gestion : Antécédents

3.3.1. En France

3.3.1.1. Les premiers achats et protections des dunes

Les premières interventions relatives à la protection des dunes à l'est de Dunkerque reviennent à la Communauté Urbaine de Dunkerque (CUD) qui est devenue propriétaire dès le milieu des années 1970 d'espaces dunaires sur les massifs de la dune Dewulf (34,22 ha à Zuydcoote, Ghyvelde et Leffrinckoucke), de la dune Marchand (6,2 ha à Bray-Dunes) et de la dune du Perroquet (81,9ha et 65 ha à Bray-Dunes) revendus par la suite au Conservatoire du littoral entre 1987 et 1989.

L'Etat protégeait les mêmes massifs sur de plus larges périmètres par les outils réglementaires de classement et d'inscription à l'inventaire des sites protégés. Et en décembre 1974 la dune Marchand a été classée Réserve Naturelle sur 21 ha, agrandie à 83 ha en 1990. La protection des dunes se traduisait aussi dans les Plans d'Occupation des Sol et Plans Locaux d'Urbanisme qui valident les différents projets.

Malgré la protection et l'achat des Dunes Flamandes, une gestion profonde n'a débuté que 15 ans plus tard. Tout à fait dans l'esprit du temps, la première protection visait à mettre la nature « sous cloche ». Mais cette attitude « attentiste », qui consiste à penser que la nature n'a pas besoin de l'homme, a vite montré ses limites. Comme en Flandre, au début des années 1990, les dunes se trouvaient fortement menacées par l'embroussaillage généralisé qui affecte l'ensemble des milieux dunaires (Lemoine, 2005).

3.3.1.2. Les prémices de la gestion

La loi du 2 mars 1982 relative aux droits et libertés des communes, des départements et des régions ouvrit la voie à un profond bouleversement de la répartition des pouvoirs au profit des acteurs locaux. La loi a permis aux collectivités départementales d'acquérir des espaces naturels remarquables pour les protéger et les ouvrir au public et de favoriser le développement de la randonnée.

Pour leur en donner les moyens, la loi du 18 juillet 1985 permet aux Conseils généraux de percevoir une taxe sur les constructions neuves, la taxe Départementale des Espaces Naturels Sensibles (TDENS)¹.

Le Département du Nord devient gestionnaire

Le Département du Nord devenait gestionnaire des terrains en propriété du Conservatoire du littoral suite à la convention de partenariat du 5 octobre 1982 qui définit les conditions de gestion des terrains confiés au Département. Cette convention précise que le Département est chargé de réunir

¹ Les **espaces naturels sensibles** des départements (ENS) sont un outil de protection des espaces naturels par leur acquisition foncière ou par la signature de conventions avec les propriétaires privés ou publics mis en place dans le droit français et régis par le code de l'urbanisme. Ces espaces sont protégés pour être ouverts au public, mais on admet que la surfréquentation ne doit pas mettre en péril leur fonction de protection. Ils peuvent donc être fermés à certaines périodes de l'année ou accessibles sur rendez-vous, en visite guidée. Certaines parties peuvent être clôturées pour les besoins d'une gestion restauratoire par pâturage. La loi du 18 juillet 1985 (lois de décentralisation) a confié la politique des ENS à l'assemblée départementale, en lui affectant le produit de la taxe dont elle fixe librement le taux entre 0 et 2 %. La loi dispose qu'outre l'acquisition, elle peut être utilisée pour la restauration, l'aménagement ou la gestion des sites. Le Conseil Général du Nord a décidé en mars 2003 de fixer le taux à 1,2% .

les concours techniques et financiers nécessaires à l'exécution de sa mission et que cette mission s'applique aux domaines suivants :

- le gardiennage et la surveillance,
- l'entretien des milieux naturels et des équipements,
- l'animation et les services d'accueil du public,
- le suivi et la coordination du dispositif de gestion

Le Département délègue la gestion

La convention du 7 janvier 1983 cosignée entre le Département du Nord et la Communauté Urbaine de Dunkerque (CUD), l' Association Espace Naturel Régional (ENR) et l' Agence d' urbanisme de la région dunkerquoise (AGUR) précise que le Département du Nord confie à la CUD le gardiennage et la surveillance ainsi que l'entretien des milieux et des équipements des terrains qui sont propriétés du Conservatoire et du Département. ENR est chargé d'assurer l'animation et de mener les actions pédagogiques et de participer au suivi du dispositif de gestion. L'AGUR est chargé d'apporter une assistance technique et scientifique à la gestion des sites. Cette convention quadripartite n'est plus renouvelée à la fin des années 1990. Cette démarche permet d'harmoniser les pratiques de gestion (Lemoine, 2005).

3.3.1.3. Une action foncière volontariste

Les compétences départementales

Afin de préserver la qualité des sites, des paysages, des milieux naturels et des champs naturels d'expansion des crues et d'assurer la sauvegarde des habitats naturels selon les principes posés à l'article L.110², le département est compétent pour élaborer et mettre en œuvre une politique de protection, de gestion et d'ouverture au public des espaces naturels sensibles, boisés ou non. Pour la mise en œuvre d'une politique prévue de protection, le conseil départemental peut créer des zones de préemption (www.legifrance.gouv.fr). Ces zones de préemption peuvent être instaurées au profit du Département sur les espaces naturels pour les acquérir, les protéger, les gérer et les ouvrir au public.

En plus le Département est autorisé à percevoir la TDENS et à créer, aménager et entretenir un réseau de chemins de randonnée dans le cadre du Plan Départemental des Itinéraires de Promenade et de Randonnée.

L'intervention sur le littoral

Au milieu des années 1980 il existait deux organismes ayant le même objectif, celui d'acquérir, protéger, rendre inaliénables et ouvrir au public des espaces naturels. Par exemple le Conseil Général a créé une zone de préemption sur la dune du Calvaire à la demande explicite du Conservatoire du littoral. En outre le Département a pris l'initiative d'instaurer 6500 ha de zones de préemption pour mener la même action sur l'ensemble du territoire départemental. La protection de la dune fossile de Ghyselde en fait partie (1986).

Donc dès lors on observe deux opérateurs fonciers travaillant en parallèle sur le littoral.

1. Le Conservatoire du Littoral qui sollicite selon le cas :

- La CUD pour acquérir par voie d'expropriation la partie Est de la dune du Perroquet enclavée entre les terrains acquis et la frontière belge (dune du Westhoek) ;
- ou le Département du Nord pour la création de nouvelles zones de préemption sur les dunes bordières de la plaine maritime flamande et la revente à son profit des terrains ainsi acquis.

² LOI n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages.

2. Le Département du Nord, qui crée ses propres zones de préemption pour sa stratégie départementale de préservation d'espaces naturels, comme pour la dune fossile.

Vers un seul propriétaire foncier

Il était logique de n'avoir à terme qu'un seul propriétaire foncier sur le littoral. A la demande du délégué du Conservatoire du Littoral, le Département du Nord en date des 30-31 janvier et 6-7 février 1989 décide :

- d'autoriser, à la demande du Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres, la vente à son profit des propriétés départementales de la dune fossile de Ghyvelde ;
- d'autoriser l'intégration des terrains ainsi cédés à la liste des terrains du Conservatoire (160 ha) dont la gestion est confiée au Département du Nord et précisant l'usage de la TDENS pour leur gestion.

3.3.1.4. Une simplification des acteurs et des procédures

Une gestion en régie départementale

La convention quadripartite du 7 janvier 1983 n'était plus renouvelée dans les années 1990. Cette démarche répond également au souhait d'un affichage clair et précis de l'intervention foncière et financière du Département sur le littoral. Elle permet également d'harmoniser les pratiques de gestion. La gestion de la Réserve Naturelle de la dune Marchand ayant entre-temps été confiée par le Ministère de l'Environnement au Département par convention en date du 12 février 1993.

Un seul propriétaire foncier et un seul gestionnaire

La simplification des partenariats amène alors le Conseil Général et le Conservatoire du Littoral à passer une nouvelle convention (3 mai 1993) qui reprend les grands objectifs de la convention du 5 octobre 1982 mais précise par ailleurs que :

- Le Conseil Général du Nord établira un **plan de gestion**, qui sera validé par le Conservatoire, pour chacun des sites dont il a la charge. Ce plan sera établi à partir de la synthèse des connaissances scientifiques recueillies pour chaque site. En plus le CG59 mettra en place un **Conseil de gestion** ayant un avis consultatif et d'information sur la politique menée par le Département. L'exercice **de la chasse** sera uniquement autorisé dans le cadre de plans de chasse concertés avec la Fédération Départementale de chasse et les sociétés locales de chasse, et ce dans le respect de disposition réglementaires de la législation des Espaces Naturels Sensibles.

La grande innovation en terme politique foncière apparaît à l'article 9 qui précise que le Département pourra réaliser des acquisitions prioritaires de terrains et les rétrocéder ensuite au Conservatoire qui remboursera le Département selon un échéancier étalé dans le temps³... La transmission du patrimoine foncier départemental au profit du Conservatoire permet d'un autre côté de bénéficier d'un statut de protection foncière fort grâce à l'inaliénabilité des terrains de l'Etablissement Public. Précisons également que le droit de préemption peut être exercé par le Conservatoire dans des cas différents⁴.

³ Loi littoral relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral », loi n°86-2 du 3 janvier 1986

⁴ Le Conservatoire peut exercer le droit de préemption dans trois types de zones, à l'intérieur de son périmètre de compétence : les zones de préemption délimitées par le conseil général au titre des espaces naturels sensibles (sous certaines conditions), les zones délimitées à l'initiative du Conservatoire, et dans les ZAD (Zones d'aménagement différé). Le domaine de compétence du Conservatoire du littoral vient d'être élargi par un amendement à la loi du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité. Le Conservatoire du littoral peut déterminer des zones de préemption à l'extérieur des zones délimitées par le département ou des zones urbaines ou à urbaniser délimitées par les PLU. Par la suite, le périmètre est adressé, pour avis, au département et à la commune (ou l'EPCI) concernés. Le texte institue également qu' "afin de promouvoir une gestion plus intégrée des zones côtières, le Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres peut également exercer ses missions sur le domaine public maritime qui lui est affecté ou confié" (www.legalnewsnotaires.com Hélène Baussard)

Une nouvelle convention était validée le 17 novembre 2003. La convention était actualisée en fonction des acquisitions réalisées (616 ha propriété du Conservatoire à ce moment) , des expériences et constats de 20 années de gestion et de l'élargissement des compétences du Conservatoire du littoral suite à la loi du 27 février 2002² qui a réaffirmé les missions de l'Établissement.

Les principaux enrichissements concernent :

- la mention de la réalisation d'un programme d'actions foncières partagé et concerté avec les élus locaux ;
- la délégation de la gestion au Département (aussi pour la zone maritime) ;
- la réalisation de la gestion conformément aux plans de gestion ;
- le maintien de la présence d'un Comité Consultatif de Gestion présidé par le Département ;
- le rappel des responsabilités du Conservatoire en sa qualité de propriétaire (baux de chasse et baux agricoles, autorisation ou interdiction de pratique ou d'activités...)

Les sites, fin de 2016, propriétés du Conservatoire du Littoral sont :

- **La dune Dewulf** (Leffrinckoucke, Ghyvelde, Zuydcoote : 243.32 ha sur une surface totale de 275 ha de massif dunaire protégé)
- **La dune Marchand** (Zuydcoote-Bray-Dunes) : 108,8 ha op sur une surface totale de 113ha de massif dunaire protégé.
- **La dune du Perroquet** (Bray-Dunes) : 181 ha sur une surface totale de 240 ha de massif dunaire protégé
- **La dune fossile de Ghyvelde** (incluant le Lac des Moères) : 205 ha. La superficie de ce site protégé sur le plan foncier est de 233 ha (superposition entre les acquisitions du Département du Nord et le domaine d'intervention du Conservatoire du Littoral). Cette surface couvre donc 65% du site cohérent.

3.3.2. En Flandre

3.3.2.1. Les premières acquisitions de terrains , les décrets concernant la protection des Dunes et une perspective d'écosystème

Dès 1935, les dunes du Westhoek étaient protégées comme paysage. Le 29 août 1957 était créée la grande réserve naturelle domaniale de 335 ha (réserve naturelle de l'État) du Westhoek. Il s'agissait de la première réserve naturelle étatique dans la partie flamande de la Belgique. En 1977, 5 ha de dunes rachetées furent ajoutés à la réserve. Depuis 2014, le site du Westhoek (361 ha depuis lors) fait partie de la réserve naturelle flamande Dunes et Bois de La Panne (env. 660 ha).

Il aura fallu attendre l'expropriation du Hannecartbos à Coxyde (A.R. du 3 octobre 1980) et l'acquisition qui s'ensuivit de 31,88 ha par l'État belge (1981) avant que d'autres sites dunaires soient acquis. Ensuite, il aura fallu attendre jusqu'en 1988 pour que des dunes soient de nouveau achetées dans la zone du projet. À l'époque, la Région flamande acheta les Houtsaegerduinen (77,6 ha) et, un peu plus tard, d'autres parties du Hannecartbos et un morceau de l'Embouchure de l'Yzer (IJzermonding). La gestion de ces sites consistait alors surtout à en réguler l'accessibilité.

Par l'approbation entre 1975 et 1977 des premiers plans de secteur, des sites dunaires importants du territoire concerné par l'étude furent affectés comme espace naturel ou réserve naturelle ou parc, par ex. De Houtsaegerduinen, Ter Yde. En outre, plusieurs centaines d'hectares de sites dunaires précieux du point de vue écologique reçurent une assignation en tant que zone résidentielle, zone d'extension résidentielle (par ex. le Kerkepannebos, les Oostvoorduinen-Ouest), zone pour récréation (résidentielle) (la partie la plus orientale des Oostvoorduinen, à présent recouverte par le village de vacances « Sun Parks Oostduinkerke ») et Domaine Militaire. En 1993, l'Institut pour la conservation de la nature dressa un inventaire des conflits entre la conservation de la nature et les plans de secteur dans la région des dunes maritimes. Les sites dunaires menacés identifiés furent utilisés comme base pour désigner les zones protégées dans le cadre du « Décret concernant la protection des Dunes » du 14 juillet 1993 (MB 31/08/93). La désignation des zones protégées s'est faite en plusieurs phases. Au total, les décrets du 21/12/94 (MB 30/12/94) et du 29/11/95 (MB 30/11/95) ratifiaient définitivement la désignation de 336 ha de « site dunaire protégé » et de 769 ha de « zone agricole importante pour le site dunaire ». La préparation de ces décrets et le débat consacré à cela finirent par conduire à un tournant fondamental dans la protection des sites dunaires encore restants et donna un nouvel élan à la politique d'acquisition des dunes littorales et à la gestion des sites naturels.

Un développement durable de la nature du littoral belge exige cependant plus qu'une protection légale des sites dunaires. Il faut avant tout une structure territoriale globale dans laquelle le développement de la nature bénéficie d'un maximum de chances face aux considérations des autres secteurs. En 1996, la perspective d'écosystème pour la côte flamande (Provoost & Hoffmann, 1996) préconisa le développement d'une structure naturelle cohérente du point de vue écologique au sein de la région des dunes. À cet égard, l'acquisition et la gestion de terrains par les autorités ou des associations privées de défense de la nature semblent être une nécessité pour pouvoir mener une gestion adéquate tournée vers la nature. Les priorités d'acquisitions de terrains de dunes ont été définies par De Loose et al (1996). La perspective d'écosystème pour la côte flamande fournissait dès lors les directives générales de gestion des différents habitats des dunes et d'évaluation de la politique menée.

3.3.2.2. Politique d'acquisitions, organisation de la gestion de la nature et situation actuelle

La décision du Gouvernement flamand du 3 février 1998 créait l'instrument d'acquisition des dunes côtières et des zones adjacentes au sein de la Division Nature de l'époque, lequel consistait en un article du budget spécifique pour l'acquisition de dunes côtières (fonds MINA, article 5320, budget annuel d'env. 2,5-4,5 millions d'euros) et une équipe de deux membres de personnel chargée, d'une part, du traitement des dédommagements dus en exécution du décret concernant la protection des Dunes et, d'autre part, de l'acquisition des dunes côtières.

En 1994, la Région flamande était propriétaire de 489,7 ha dans le territoire concerné par l'étude FLANDRE. Entre 1994 et 2015, 454 ha de sites supplémentaires furent acquis par la Région flamande. L'instrument d'acquisition des dunes côtières a permis, entre 1998 et 2008, des acquisitions importantes dans la zone du projet, par exemple Ter Yde (1999, 37 ha), les Schipgatduinen-Doornpanne (1999, 22 ha) et les De Noordduinen (2004, 45 ha) à Coxyde. En outre, dans la même période, des progrès furent réalisés dans les projets d'acquisition des Oostvoorduin en à Coxyde, extrêmement morcelées en termes de propriété, mais très précieuses en termes de valeur naturelle.

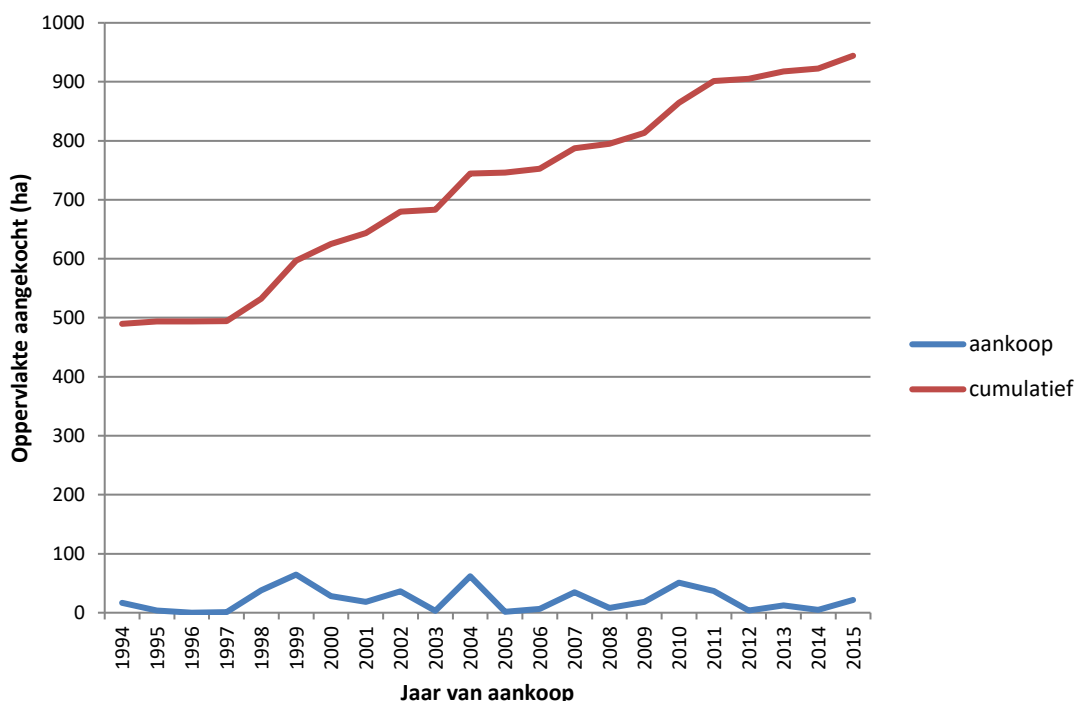


Fig. 3.1. Résultats de la politique d'acquisition flamande de sites dunaires protégés entre 1994 et 2015 dans la zone de projet FLANDRE (bleu: achat (ha) par année, rouge: achat cumulatif). Début 1994, 489,7 ha de sites dunaires étaient la propriété de la Région flamande (le prédécesseur juridique de l'ANB). Sur une période de 22 ans, 454 ha de sites dunaires (y compris la plage, les vasières salées et prés-salés) ont été achetés (en moyenne 20,66 ha/an). Fin 2015, la Région flamande possédait 944,2 ha de sites dunaires. Les années marquées par un pic dans les acquisitions à la côte Ouest sont 1999, 2004 et 2010 (ensemble 177 ha).

En 1994, le prédécesseur juridique de l'Agentschap Natuur en Bos était le gestionnaire de 504,61 ha de dunes. Entre 1994 et 2015, 822 ha supplémentaires de sites dunaires furent repris en gestion. En d'autres termes, l'ANB reçut également la gestion de la propriété de tiers. Par le biais de conventions

de gestion avec la société de distribution d'eau IWVA par exemple, des dunes supplémentaires furent encore reprises en gestion dans le territoire concerné par l'étude FLANDRE à partir de février 2005, à savoir « Ter Yde » à Oostduinkerke (26 ha) et « Cabour » à Adinkerke (88 ha). Fin 2015, l'ANB administrait plus de 1327 ha de terrains dans la zone de projet FLANDRE.

Ces efforts importants tant sur le plan de l'achat que de la gestion des ressources naturelles sont le fruit d'un enthousiasme accru et du bon fonctionnement de la cellule gestion de la zone côtière et de l'existence de moyens financiers et techniques suffisants (voir plus loin au point 3.3.2.3).

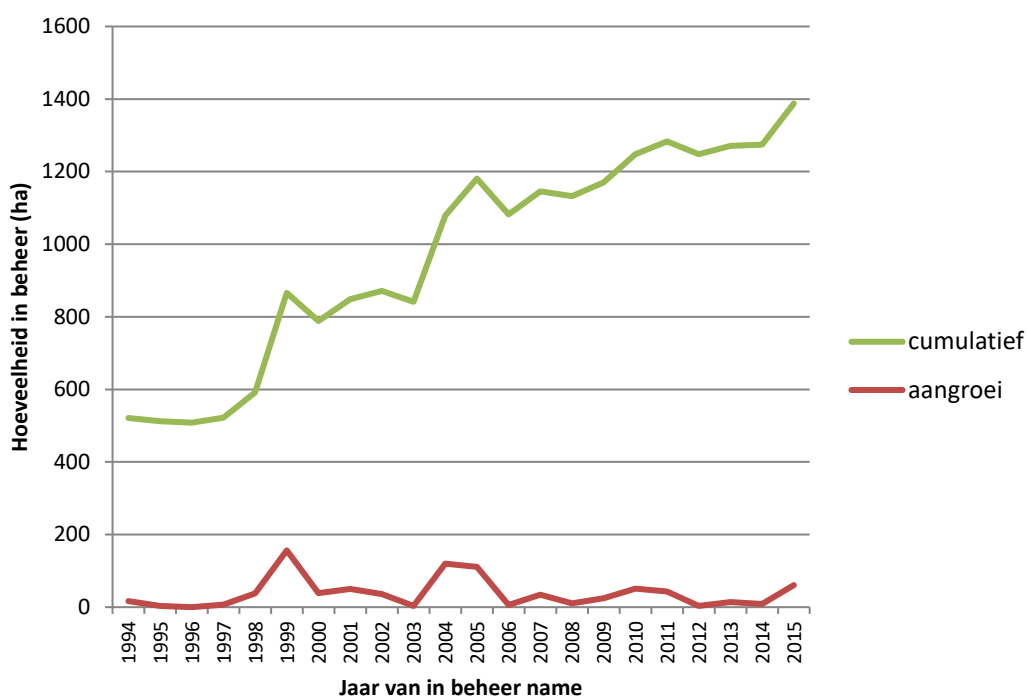


Fig. 3.2. Outre les dunes en propriété, l'Agentschap Natuur en Bos gère encore d'autres zones. Ce graphique montre l'augmentation constante entre 1994 et 2015 de la surface gérée dans la zone de projet Flandre (en vert). En 1994, 504,6 ha de dunes étaient déjà gérés. Sur une période de 22 ans, 822 ha de zone naturelle (y compris la plage, les dunes, les vasières salées et prés-salés, zones de transition dunes/polders) ont été rajoutés (en moyenne 37,4 ha/an, augmentation annuelle, ligne rouge)). Fin 2015, l'ANB gérait 1327 ha dans la zone de projet.

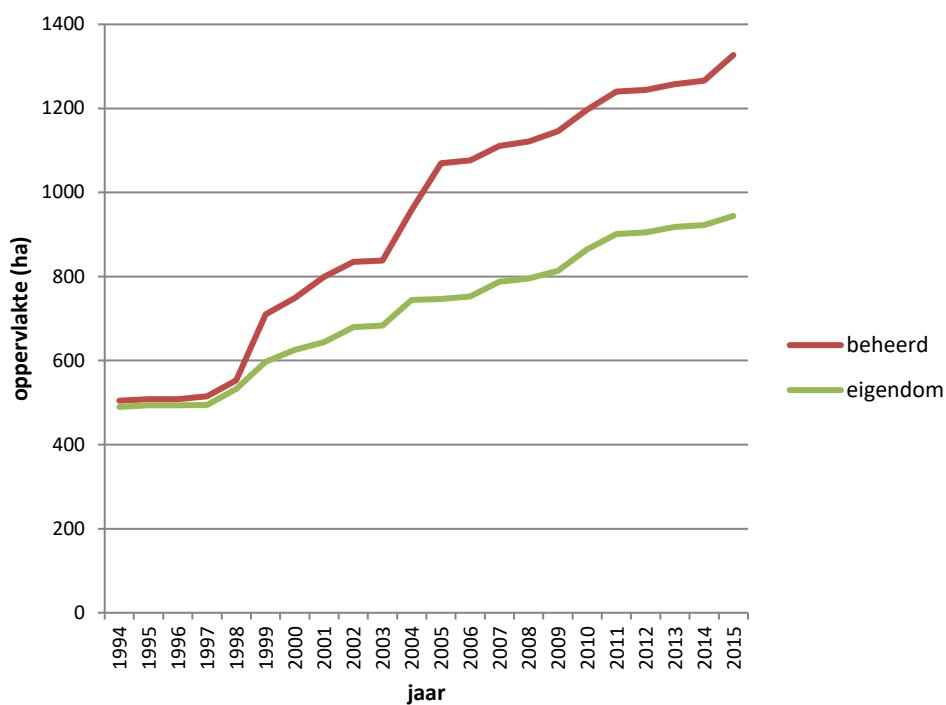


Fig. 3.3. Grâce à la reprise en gestion propre de propriétés d'autres institutions publiques comme la Défense (domaines militaires à Lombardsijde et à Coxyde), l'AMDK (Ijzermunding), l'IWVA (Cabour, Ter Yde) et la commune de La Panne (Oosthoekduinen), la surface de dunes gérées (ligne rouge) par l'ANB, et son prédécesseur juridique la Division Nature, augmenta plus rapidement dès 1999 que l'acquisition de propriétés (ligne vert).

3.4. La gestion des dunes

3.4.1. En France

Les premiers besoins identifiés en termes de gestion (au sens large du terme) furent le gardiennage, l'entretien des équipements et le nettoyage des sites. La gestion des habitats naturels n'apparaissait donc pas comme une priorité au cours des années 1980 (cf. 1.1.), et le manque de moyens humains et financiers la rendait encore plus accessoire aux autres actions précitées.

Les premières interventions de gestion des milieux naturels reviennent donc à *l'intervention bénévole et volontaire* du premier garde du Littoral Nord qui fut réalisée avec l'aide et les conseils des membres d'une association de protection de la nature du littoral de Dunkerquois: l'Adelfa. Les premières actions de débroussaillage manuel d'une panne dunaire au sécateur sur quelques mètres carrés donnèrent de bons résultats avec le retour de plantes remarquables et protégées. Ces résultats présentés aux techniciens du Département, les convainquirent rapidement de la nécessité d'étendre spatialement les opérations entreprises. Avec l'aide d'une multitude de bénévoles, de très nombreux chantiers de gestion furent organisés (Lemoine, 2005).

Suite aux *chantiers manuels*, la très forte réactivité des milieux dunaires permit également d'envisager de gros travaux de restauration de milieux embroussaillés, voire pré-forestiers, grâce aux financements du Ministère de l'Environnement : en 15 années (c. 1990-2005), **35 ha** furent ainsi *débroussaillés* et localement terrassés pour la création de pelouses sèches et de bas-marais alcalins. La plupart des opérations de réouverture "majeures" ont été réalisées entre 1988 et 1998, avec une seconde phase en 2003-2004 (Cher 2013a-c).

La gestion des espaces débroussaillés mécaniquement (dès 1991) et manuellement (dès 1988), fut primée en 1994 par l'obtention du Label de qualité *Eurosite*, consacrant cette gestion comme l'une des meilleures opérations européennes de restauration de milieux naturels. Elle permit, grâce à la réapparition de riches communautés végétales et animales, l'émergence de nouveaux partenariats surtout en termes de suivi de la nature. Elle permit aussi un partage d'expériences c.-a.-d. le Département du Nord a contribué à une évolution des techniques de gestion traditionnelle des espaces verts afin que soient prises en compte les techniques employées sur les milieux naturels. Les techniciens de la Région flamande pouvaient également profiter de ces connaissances et apprendre de ces expériences pour l'organisation de leur travail.

3.4.1.1. De l'éco-jardinage aux perturbations mécaniques à coups de bulldozers

La restauration des pannes

La première démarche envisagée fut l'ouverture de micromilieux d'embroussaillage récent pour sauvegarder une mosaïque d'espaces riches en espèces caractéristiques de l'hydrosère et de la xerosère et disséminés dans l'ensemble des massifs dunaires. Cette démarche pourrait être qualifiée d'« éco-jardinage » ; elle concerne 9 ha d'habitats exceptionnels répartis sur une vingtaine de microsites (Lemoine, 2005).

La deuxième démarche entreprise visait à réaliser des décapages. Ces travaux de décapage ont été réalisés en priorité dans des pannes où les cortèges herbacés avaient disparu sous les fourrés hygrophiles à Saules des dunes⁵ et à argousiers d'une hauteur inférieure à 1,5m, où quelques individus des cortèges typiques des bas-marais alcalins subsistaient dans les fourrés en cours de fermeture. Ces opérations réalisées initialement à la bêche sur des surfaces d'environ 4 m² ont permis finalement la recolonisation des espèces des habitats des sables humides. Après cette

⁵ *Salix repens* subsp. *dunensis*

expérience, de vastes opérations de décapage mécanique furent programmées. Il s'agissait d'exporter la matière organique et humifère accumulée en surface et de faire des décaissements superficiels de 10 à 50 centimètres de profondeur à la pelle mécanique. Ces interventions ont été effectuées sur plus d'un hectare. Les terrassements ont été réalisés à des profondeurs variables afin de valoriser la mise en surface des banques de graines en dormance et les déplacer vers les zones favorables à la germination des semences. L'objectif de ces travaux était aussi de rapprocher le niveau du sol de celui qu'atteint la nappe phréatique en fin de printemps afin de recréer sur ce système les conditions hydriques propres au système des pannes dunaires caractérisé par un ennoyement hivernal et un assèchement progressif au cours du printemps. Les excellents résultats de ces opérations de gestion ont mis en évidence les très fortes potentialités des milieux dunaires (Lemoine, 2005).

La restauration des pelouses sèches

Comme pour les pannes on décida de restaurer des vastes milieux ouverts par la destruction et l'évacuation du couvert végétal pré-forestier. Pour ce faire, un tracteur forestier fut équipé d'une chaîne. La rotation de celle-ci cassa la végétation en deux passages successifs. Les morceaux de bois produits, longs de 0,20-0,40m présentaient l'avantage de pouvoir être facilement remobilisables. Les morceaux de bois furent ensuite rassemblés grâce à une griffe, spécialement créée à cette occasion, pouvant ratisser jusqu'à 0.20m de profondeur et extirper l'ensemble des souches et racines sans pour autant mélanger les différents horizons sableux. Les andains formés suite au ratissage furent brûlés et les cendres évacuées.

Les travaux permirent ainsi de restaurer de 1994 à 1998 7 ha de milieux ouverts dans la zone centrale de la Réserve Naturelle de la Dune Marchand.

Pour réaliser un travail de finition le Conseil Général établit alors, pour aider l'équipe départementale en place, une convention auprès d'une association locale de réinsertion sociale (Ecoflandres).

Il était primordial dès la première année d'effectuer manuellement des fauches répétées avec exportation des produits de coupe afin d'amaigrir les sols et de limiter le développement d'espèces nitrophiles. Ces travaux furent accompagnés par des opérations de dessouchage manuel ponctuel. Par la suite et parallèlement au fauchage annuel, la mise en place d'un pâturage extensif équin permit de contenir et éliminer les quelques rejets ligneux et de poursuivre la réduction du développement des espèces nitrophiles.

Variations sur le thème de gestion

- *Perturber à l'aide des pelleteuses*

Dans l'hiver 2003-2004 17 ha étaient concernés (e.a. dune du Perroquet, dune Marchand) pour un bouleversement à coups de bulldozers. Le Département voulait « perturber » significativement le milieu dunaire en détruisant et terrassant à l'aide d'engins lourds de vastes espaces de façon à recréer les conditions de départ d'une dynamique végétale en découvrant ainsi de grandes surfaces de sable nu. La dune est ensuite abandonnée à son propre dynamisme sans aucune intervention, en dehors de la mise en place d'un pâturage sur 50% des surfaces décapées. Aucune exportation des arbres et arbustes n'a été réalisée. Il s'agissait, en stockant ces produits de coupe sur 5% des espaces débroussaillés, de limiter les coûts des travaux d'exportation et d'ouvrir plus de milieux. L'étape suivante prévue était de réduire la stabilité du cordon dunaire bordier et encourager les siffles-vents ou caoudeyres (red. une excavation circulaire) (Lemoine, 2005).

- Pâturage extensif

Les gestionnaires se sont parfois préoccupés par la dynamique des peuplements de certaines plantes surtout des graminées envahissantes comme les calamagrostides (p.ex. *C. epigejos*) mais aussi les avoinides (p.ex. *Arrhenaterum elatius*) et parfois même le *Carex arenaria* et *Festucoides* (*F. rubra*).

Pour faire face à cette menace on peut mettre en place une gestion par pâturage équin, bovin ou ovin extensif.

C'était p.ex. le cas sur la dune fossile de Ghyvelde où le Département du Nord s'associait avec un propriétaire de chevaux (race Haflinger) pour mettre en place une gestion par pâturage équin extensif. Une convention de mise à disposition gratuite d'un espace de près de 80 ha fut alors établie. Elle stipule notamment les engagements du propriétaire des chevaux à ne faire aucun apport de fourrage ou d'aliments et à minimiser les traitements sanitaires sur les 11 poneys installés sur le site. En 1999, 20 ha supplémentaires furent mis en pâturage sur le même massif où 15 animaux pâturent alors. L'expérience de la restauration des pelouses sèches se poursuit par la mise en place d'un pâturage ovin sur une nouvelle propriété acquise par le Département à l'est de la dune fossile (sur la frontière Franco-belge). Huit moutons pâturent depuis juin 2004 sur 7ha.

3.4.1.2. La préservation des lisses de mer et des dunes embryonnaires

Les dépôts naturels constitutifs de la lisse de mer (algues, coquillages, bois flottés non travaillés par l'homme) ne doivent pas être ramassés. Ils font partie intégrante du système littoral et participent à la lutte contre l'érosion. Ne sont concernés par le nettoyage que les déchets produits par l'activité humaine. Une expérience menée sur 1,5km linéaire et 15-20m de large face aux dunes Marchand et du Perroquet montre les potentialités de restauration spontanée de certains milieux naturels des hauts de plage de la Mer du Nord et leur faune et flore spécifiques. Ces expériences de gestion sont réalisées depuis une dizaine d'années à l'initiative du Conseil Général du Nord.

3.4.2. En Flandre

3.4.2.1. De l'immobilisme à la première gestion des ressources naturelles et les conséquences de l'augmentation de la pression touristique

La supervision de la gestion de la réserve naturelle domaniale du Westhoek était confiée au Conseil supérieur des réserves naturelles domaniales, ultérieurement Conseil supérieur pour la conservation de la nature. Il était impossible à ce conseil de s'occuper de l'organisation pratique et des détails de la gestion des ressources naturelles dans chacune des réserves naturelles au nombre grandissant. C'est pourquoi un arrêté ministériel établit une commission de conseil scientifique avec des scientifiques mais aussi des gens connaissant la situation locale. Pour le Westhoek, cela se passa en 1970. Cela signifia un tournant important pour la gestion de la réserve.

L'organisation de la gestion fut attribuée à la Direction des Eaux et Forêts de l'époque, cantonnement de Bruges. La gestion se limitait à quelques interventions en faveur de la visibilité de la zone : entretien des sentiers de promenade, placement et entretien de la signalisation et des clôtures. Encore entièrement dans l'axe de la vision classique⁶, la gestion de la nature jusqu'à la moitié des années 1970 n'envisageait qu'un minimum d'interventions sur la nature. L'interdiction de laisser au fermier Maesschael la possibilité à ses bovins (env. 35 têtes) de paître sur la grande « prairie » de 11 ha dans la partie sud du Westhoek par exemple était typique de cette façon de voir les choses.

À partir de la deuxième moitié des années 1970, sous la pression de la commission de gestion débuta la gestion par fauche de quelques dépressions dunaires. Cela se justifiait surtout par la croissance incontrôlée des fourrés dans les pelouses et vallées dunaires, ce qui menaçait différentes espèces végétales particulières, comme l'orchis à un bulbe. Le concept de paysage semi-naturel de l'école dite néerlandaise (Westhoff et al.), c.-à-d. des écosystèmes qui ont vu le jour et fonctionnent par un échange intrinsèque entre l'homme et la nature, permettait de comprendre que les dunes sont aussi des paysages semi-naturels et que par conséquent, les interventions humaines étaient nécessaires pour en préserver la biodiversité. Les défrichements à plus grande échelle des fourrés et la réintroduction des pâturages à partir de 1997 se basaient également sur cette idée et sur les premières expériences de gestion de la nature dans les dunes (Comm. M. Leten).

Dès la fin des années 1960, le Westhoek se trouve progressivement coincé entre le béton et d'autres structures artificielles :

- extension du camping dans les dunes dites « du Perroquet » voisines en territoire français;
- captage d'eau dans les Krakeelduinen situées côté est (1967) ;
- extension progressive des renforcement en béton du pied de dunes (milieu des années 1970) ;
- lotissement du Westhoek dans le nord-est ;
- urbanisation et extraction de sable en bordure sud et dans la zone de transition entre dunes et polders (Duinhoekstraat).

Ni la législation ni la pratique de la gestion des ressources naturelles ne purent y changer quoi que ce soit.

⁶ D'après le Prof. Jean Massart, la gestion des dunes exigeait rien de moins que l'interdiction des influences humaines : “ Pour conserver à ce coin du littoral ses caractères originels, il suffirait d’y supprimer tout à fait le pâturage (...) et surtout d’y défendre la chasse (...) La largeur de la bordure des dunes est telle qu’on peut impunément laisser le vent remanier à son gré les rapprochés de la plage. Même si la mer y faisait une brèche, elle serait arrêtée par les collines suivantes.”

3.4.2.2. Expérimentations et études scientifiques comme base d'une gestion future de la nature

Les premières expériences de gestion de la nature effectuées à la main dans le Westhoek dans les années 1970-1980 étaient d'une grande importance pour le choix ultérieur et l'exécution de la gestion de la nature dans les sites dunaires de la zone du projet. De même, des visites à des exemples dans les pays environnants, tant aux Pays-Bas que, plus tard, en France, furent également riches en enseignements (Letencomm. orale).

Dès 1974, la nappe phréatique dans la zone de captage d'eau des Krakeelduinen et du Westhoek avoisinant fut étudiée (Lebbe & De Breuck). En 1980-1981, la première étude scientifique de la flore et de la végétation du Westhoek fut réalisée (D'Hondt, A. 1981). Dans les années suivantes, plusieurs espèces végétales fragiles et indicatives furent recensées avec précision par le garde-nature ultérieur, M. Leten. Toutes ces données collectées de manière scientifique constituèrent la base d'une gestion relictuelle très détaillée au cours de la décennie suivante. En outre, elle offrait également une base pour pouvoir démontrer la grande influence négative du captage d'eau sur la flore des milieux dunaires humides. Une autre donnée à ne pas sous-estimer était la possibilité offerte à plusieurs de ces jeunes chercheurs de rester impliqués au plan professionnel dans la gestion des dunes au cours des années suivantes. Frank De Raeve, figure de proue de l'époque, dont les notes et réflexions critiques profitèrent aussi bien à la commission de gestion qu'aux services de l'administration, inspira de nombreux étudiants et gestionnaires dans leur réflexion et leur action en faveur la préservation de la nature.

En 1978, la gestion par fauchage commença dans le Westhoek. On fauchait dans des parties de « prairies » embroussaillées et également dans quelques petites panes dunaires (en tout 1100 m²), dont les zones de pique-nique (trois zones d'environ 25 m²) dans la partie nord de la réserve, qui sont encore fauchées aujourd'hui. Au début des années 1980, quelques nouvelles panes furent ajoutées à la liste des sites à faucher à l'initiative de D'Hondt (1981). On commença également à débroussailler des fourrés çà et là (par ex. la panne située à l'ouest du complexe nord des dunes en parabole) et à faucher des végétations dominées par le Calamagrostis. Ces activités de gestion avaient pour but la préservation de reliques de populations des espèces végétales Orchis musc, Choin noirâtre et Gentiane des marais/amaire (?). La superficie totale des unités de gestion à faucher périodiquement s'élevait à environ 6 ha en 1994. Dès 1995, une nouvelle stratégie de gestion sera suivie (voir plus loin).

En 1979, la West-Vlaamse Vereniging voor de Vrije Tijd étudia en détail l'aspect récréatif et le recensa (WVT, 1979). Ce n'était pas tant le nombre de visiteurs que leur comportement qui posait problème. Plus de la moitié des visiteurs ne respectaient pas l'obligation de rester sur les sentiers et encore moins les autres interdictions. L'étude constitua la base d'une approche innovante en termes d'accessibilité du Westhoek au cours des années 1980 avec, par exemple en 1989, un dédoublement du tracé des cavaliers et des promeneurs du Grenspad. Le nombre d'accès fut réduit de 10 à 5. Sous l'impulsion du service touristique communal, des promenades guidées furent organisées dans la réserve dès les années 1970.

3.4.2.3. Un nouveau cadre décrétoal, des réformes administratives et une cellule de gestion de la zone côtière enthousiaste et zélée

L'élan qui caractérisait la gestion des dunes flamande à partir du milieu des années 1990 est le fruit d'un concours de circonstances entre les opportunités qui se sont présentées et les chances qu'ont saisies les instances et gestionnaires responsables de la gestion des dunes grâce à leur enthousiasme (interview déc. 2015, J.L. Herrier, E. Dewulf & M. Leten) :

- La protection supplémentaire de sites dunaires par l'entrée en vigueur des décrets concernant la protection des dunes, protégeant quelque 1000 ha de sites dunaires supplémentaires;
- Quelques réorganisations successives de l'administration responsable de la gestion de la nature et des forêts (initialement nationale, puis régionale) qui résultèrent en 1995 en une Division Nature (« afdeling Natuur » responsable de la gestion de la nature et de la politique de conservation de la nature) et une Division Forêts et Espaces Verts (« afdeling Bos & Groen » responsable de la politique et de la gestion des bois et des espaces verts publics flamands) au sein d'AMINAL⁷. Une conséquence importante pour la conservation de la nature consista à transférer l'exécution de la gestion des réserves naturelles entièrement à la Division Nature. Cela impliqua donc que la Division Nature fut également responsable, outre de la rédaction des plans de gestion, de leur mise en œuvre sur le terrain ;
- En exécution des dispositions du nouveau décret concernant la conservation de la Nature (1997), le personnel cadre des départements mentionnés s'étoffa. L'ancien chef de service, ir. K. Desmet fut appelé à créer une cellule « Gestion de la zone côtière » au sein de la Division Nature, service externe Flandre occidentale, dont Jean-Louis Herrier fut le premier fonctionnaire dirigeant⁸. Des ouvriers et garde-nature supplémentaires furent engagés pour gérer le terrain, dont Marc Leten. Sous l'impulsion de J.-L. Herrier et M. Leten, de nombreuses initiatives furent prises pour une meilleure protection et gestion des dunes côtières et des zones adjacentes au sein de la zone du projet. Une caractéristique importante de la réussite de la politique en faveur des dunes fut l'approche systématique et logique ayant permis de former la politique, en ce compris la gestion. De nombreuses études furent commanditées et exécutées dans le but de rédiger des plans de gestion pour les nombreux sites dunaires achetés systématiquement par la Région flamande. Ensuite, l'ordre fut donné de réaliser d'éventuels travaux d'aménagement à grande échelle et d'organiser avec le personnel propre la gestion récurrente des domaines. Et pour clore l'approche en trois volets, une mission de suivi scientifique et d'évaluation de la gestion exécutée fut également souvent commanditée ;
- La possibilité et les initiatives qui ont été prises pour financer la politique et la gestion des ressources naturelles avec les moyens européens, notamment dans le cadre des « programmes

⁷ AMINAL : acronyme d'une instance publique qui signifie : Administratie Milieu,- Natuur-, Land- en Waterbeheer van de Vlaamse Overheid. Avec le projet de renouvellement Beter Bestuurlijk Beleid (BBB) de 2006, AMINAL fut remplacé par le Département Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE, département de l'environnement, la Nature et l'Energie, remplacé à son tour à partir de 2017 par le Département Omgeving (département de l'Environnement) résultant de la fusion avec le Département de l'Aménagement du Territoire). En 2006, les 2 divisions Nature (afdeling Natuur) et Forêts et Espaces Verts (afdeling Bos en groen) fusionnèrent en une entité, l'Agence Nature et Forêts (Agentschap Natuur en Bos (ANB)) organisme autonome interne de l'Autorité régionale flamande.

⁸ Avant la réorganisation qui eut lieu à l'automne 2007 au sein de l'Agentschap voor Natuur en Bos, la cellule Gestion de la zone côtière consistait en 4 membres de personnel de niveau A, 3 de niveau B, 8 de niveau C et 14 membres de personnel de niveau D (ouvriers). Leurs tâches résidaient dans l'acquisition, le planning de gestion et l'exécution de la gestion des zones naturelles de la zone côtière et dans la communication à ce propos. Au sein de la cellule Gestion de la zone côtière de l'époque, il y avait une entité bicéphale aux services centraux chargés du traitement des dédommagements en exécution du décret concernant la protection des Dunes et de l'acquisition des zones naturelles de la côte. Depuis la réorganisation de l'automne 2007, ces tâches ont été intégrées dans la Division « Gestion » des Services centraux de l'ANB et le personnel a été ramené à 1,2 ETP pour l'acquisition des zones naturelles côtières.

« LIFE » européens, étaient tout aussi cruciaux (J.-L. Herrier, med.)⁹. Sur la proposition de l'unité de gestion Modèle mathématique de la Mer du Nord (MUMM, T. Jacques et J. Haelters) et de l'université d'Anvers (Prof. P. Meire), il fut décidé de soumettre, en collaboration avec les ONGs « Natuurreservaten vzw » (prédécesseur de « Natuurpunt vzw ») et WWF, une première proposition de projet LIFE en 1996 qui fut approuvé et mis en exécution dès 1997 sous l'acronyme ICCI : Integral Coastal Conservation Initiative. Le succès de cette approche a entraîné encore plus de demandes de soutien européen et l'approbation des projets introduits (voir plus loin).

Enfin, conformément aux dispositions du décret sur la conservation de la nature, il a été possible de fonder la commission consultative scientifique appelée officieusement commission de conseil consultatif « Westkust » (« Côte Ouest »). Celle-ci pouvait assister le fonctionnaire de l'administration chargé de la gestion des réserves en lui prodiguant des conseils et propositions en matière de gestion, d'élaboration des plans de gestion ainsi qu'en stimulant la recherche et l'éducation relative à la nature dans le groupe de réserves naturelles flamandes au sein de la zone du projet, notamment « De Westhoek », « De Houtsaegerduinen », « Hannecartbos », « Ter Yde », « De IJzermonding » et d'autres réserves naturelles flamandes situées sur le territoire des communes de La Panne, Coxyde et Nieuport. Cette commission consultative a été créée pour une période de 6 ans par Arrêté ministériel du 21 mai 1999.

3.4.2.4. Excavatrices et abatteuses à l'œuvre grâce à LIFE

Les **directives européennes Oiseaux et Habitat** sont déterminantes depuis longtemps en matière de politique de conservation de la nature. Depuis 1997, des mesures de restauration de la nature à grande échelle ont contribué à mettre en œuvre ces directives dans la région côtière. Cette restauration à grande échelle de la nature a été rendue possible par l'instrument de financement européen LIFE Nature qui a soutenu plusieurs projets.

Ces projets LIFE accélèrent la gestion des dunes dans le territoire concerné par l'étude: le personnel cadre, les moyens de gestion, l'acquisition de terrains et la gestion indispensable purent se développer à un rythme supérieur.

ICCI : Integral Coastal Conservation Initiative (1997 – 2001)

L'idée consistait à développer une réserve côtière intégrale constituée des bancs de sable en mer, de la plage et des dunes. Toutes sortes d'actions y furent associées, par ex.

- En mer :

- la recherche de la possibilité de protéger une zone marine par surveillance ;
- la délimitation d'une réserve de plage et marine le long de la côte occidentale ;
- un plan pour l'accueil des mammifères marins échoués avec le manuel correspondant et le monitoring en mer ;

- Sur terre :

- l'acquisition d'environ 20 ha de sites dunaires au sein du territoire concerné par l'étude actuel par l'ancienne Division Nature (AMINAL) et Natuurreservaten vzw. Cela concerne les sites suivants : COC et Oosthoekduinen à La Panne, , Doornpanne et Zeebermduinen à Coxyde et le Schuddebeurze (Westende, par Natuurreservaten vzw) ;
- l'élaboration d'un plan de gestion pour la réserve naturelle flamande Hannecartbos inscrit dans la perspective de site pour le complexe dunaire de Ter Yde ;

⁹ Programmes LIFE : Fonds européen pour le soutien financier d'actions environnementales. Les programmes LIFE 2 à 4 ont été importants pour le gestionnaire des dunes flamand, mais aussi français. LIFE II : 1996–1999, LIFE III: 2000–2006. À partir du quatrième opus, il est question de LIFE+ 2007–2013. Dans l'intervalle, une 5^e phase est en cours, avec une attention spécifique à l'adaptation et atténuation au changement climatique.

- restauration de la nature dans le Westhoek, les Houtsaegerduinen et Ter Yde par le débroussaillage de 30 ha; mesures destinées aux espèces pour le crapaud calamite et le triton crêté, notamment le creusement de mares ;
- le suivi scientifique de l'effet des mesures de restauration sur la flore, la végétation, la faune et le milieu abiotique ;
- restauration dans la réserve naturelle flamande de l'Embouchure de l'Yzer (De IJzermonding) : la restauration des vasières, prés salés et dunes par le démantèlement de l'ancienne base navale et l'excavation des dépôts de boue de dragage.

FEYDRA Fossil Estuary of the Yzer Dunes Restoration Action (2002 – 2005)

Le projet a été exécuté durant la période de 2002 à 2005 et visait la restauration des habitats dunaires typiques par les mesures suivantes :

- Groenendijk : la démolition de la station d'épuration d'eau, qui n'était plus utilisée depuis 1996, à Nieuport suivi du réagencement du terrain afin de restaurer les mares dunaires et les bas-marais alcalins ;
- Hannecartbos : le défrichage d'une plantation d'aulnes et de peupliers dépérissante sur une superficie d'environ 6 ha afin d'y restaurer les bas-marais alcalins et les pelouses dunaires et le nettoyage du ruisseau dunaire « Beek-zonder-naam » (le « Ruisseau-sans-nom ») suivi de l'installation de deux seuils réglables afin d'obtenir un régime de la nappe phréatique plus naturel dans le complexe de dunes de « Ter Yde » ;
- Ter Yde : le défrichage de 4 ha de fourrés d'argousiers dans le but de restaurer les dunes à oyats et les prairies dunaires sèches.

Deux projets LIFE approuvés et exécutés plus tard se situent sur la côte orientale. Il s'agit des projets ZENO (2007-2010) et ZTAR (2011-2015). Bien qu'ils n'aient pas de lien direct avec le territoire concerné par l'étude FLANDRE, ils ont été intéressants par leur impact sur les effectifs et les moyens mis en œuvre pour soutenir les actions de l'ANB en matière de gestion des dunes à la côte belge. En revanche, le projet FLANDRE, le plus récemment attribué et en cours d'exécution exerce une influence certaine sur la zone du projet. Outre la présente étude, ce projet prévoit également l'élaboration d'un plan de gestion pour les sites dunaires relativement récemment acquis ou pris en gestion par l'ANB (la plupart après 2006) sur le territoire des communes de Coxyde, Nieuport et Middelkerke (entité de Westende). Enfin, l'exécution de différentes actions sur le terrain tant dans la partie flamande que française du territoire concerné par l'étude est programmée :

- Acquisition de 88 ha de terrains dunaires supplémentaires ;
- Mesures concrètes d'aménagement et de gestion de la nature : Belgique : restauration de 2 ha La Pannes humides par des travaux de terrassement sur d'anciens champs cultivés dans les Oostvoorduin-Oost; France : débroussaillages sur une superficie de 65 ha et installation d'enclos de pâturage sur une superficie de 30 ha afin de restaurer la dune grise en les pannes humides, creusement de 10 marres afin de fournir des milieux de reproduction au Crapaud calamite et au Triton crêté ;
- Suivi de l'impact des actions du projet sur l'économie locale et les services écosystémiques ainsi que sur les habitats naturels et espèces cibles ;
- Stimulation de la prise de conscience publique et diffusion des résultats du projet.

Un projet de restauration en régie propre de l'ANB : ANDREA

Les travaux de restauration exécutés début 2010 dans le domaine Cabour étaient prévus dans le plan de gestion de la nature qui a été approuvé fin 2008. Les travaux faisaient partie du projet « Ancient Dunes Restoration Action » (ANDREA) de l'ANB Flandre occidentale qui a également été introduit pour un soutien de LIFE, mais n'a pas été approuvé par la Commission européenne. Ce projet comprend les travaux de restauration de la nature dans trois massifs de dunes fossiles le long du

littoral belge : D'Heye à Bredene, le Schuddebeurze à Westende et Cabour-Garzebekeveld à Adinkerke.

3.4.3. Un quart de siècle de gestion des dunes dans le territoire concerné par l'étude résumé

Il ressort de ce qui précède que la gestion des dunes dans la partie belge du territoire concerné par l'étude FLANDRE prit son envol dès le milieu des années 1990, la perspective d'écosystème formant alors le fil conducteur de l'élaboration systématique des plans de gestion de tous les sites naturels déjà en propriété de la région flamande ou acquis ultérieurement. Les plans de gestion à leur tour étaient contraignants et formaient le cadre de fonctionnement et de contrôle de la gestion de la nature dans ces sites. Il n'était pas rare que la gestion récurrente de la nature soit précédée d'importantes mesures de restauration de la nature, dont le coût élevé pouvait être financé par des moyens européens. Une forme de pâturage saisonnier extensif ou de pâturage tout au long de l'année fut retenue comme gestion de base pour de nombreux sites naturels. Quand la conservation et/ou le développement d'espèces particulières étai(en)t en jeu ou quand les circonstances n'autorisaient pas de pâturage, on choisissait souvent la gestion du fauchage avec évacuation des fauches. Souvent, ce fauchage se faisait d'ailleurs en complément du pâturage.

Les tableaux ci-après résument 25 années de gestion des dunes dans la zone du projet, réparties en rubriques de planning de gestion et d'exécution de gestion et incluant les mesures d'aménagement uniques et la gestion effectuée de manière récurrente, notamment le pâturage et le fauchage. Une partie non moins importante du temps de travail disponible consacré à la gestion est utilisée pour l'entretien de l'équipement récréatif et de l'infrastructure des pâturages, y compris le contrôle vétérinaire et le suivi des troupeaux et la signature des contrats d'utilisation.

Tableau 3.2. État des lieux des sites dunaires gérés ou en propriété d'ANB, Conservatoire du Littoral et Département du Nord. La superficie totale du site dunaire visé repose sur les données de De Loose (1996) et des plans de gestion français. Les superficies de De Loose correspondent aux sites dunaires protégés du point de vue planologique (plan de secteur et décrets concernant la protection des dunes).

FLANDRE (situation 2018)	Eigendom Propriété (ha)	Beheerd Géré (ha)	Opp/Sup (ha) Tota(a)l
Vlaanderen (Belgisch)	ANB	ANB	
Duinen en Bossen van De Panne	511.9	672,02	1095.7
Noordduinen - Simpelaerduinen - Belvédère	86.1	100,1	186.7
Schipgatduinen - Doornpanne - Sint-André - Hoge Blekker	72.0	82,8	274.1
Ter Yde	193.4	234,3	399.7
Simluiduinen-Groenendijk-Sandeshoved	38.3	59,7	171.9
IJzermonding – Sint-Laureinsduinen	43.1	227,3	204.6
Schuddebeurze		14,51	299.5
Overige kleine gebieden (autres petits sites)			92.6
	985,44	1511,18	2724.8
Frankrijk	propriétés CDL	gestion CD59	
Dune Dewulf	243,4	243,4	275
Dune Marchand	108,3	108,3	113
Dune du Perroquet	183,2	183,2	240
Dune fossile Ghyvelde + Lac des Moères	210,2	210,2	240
	CD-59		
Dune fossile Ghyvelde + Lac des Moères	1,3	1,3	
	746,4	746,4	868
Tota(a)l	1731,84	2257,58	3472.8
Tota(a)l %	49,86	65,01	100

3.4.3.1. Planning de gestion

Le tableau 3.3. donne un aperçu des sites pour lesquels des plans de gestion ont été élaborés depuis 1992, éventuellement revus ou corrigés (plan de gestion 2), et approuvés.

Commune	Nom du site	Début des acquisitions (ANB)	Plan de gestion 1	Plan de gestion 2
Vlaanderen/La Flandre				
La Panne	Duinen en Bossen La Panne			
La Panne	De Westhoek	1956	1996	2013-2023
La Panne	ZwarteHoek	1999	2007	2013-2023
La Panne	Oosthoek-Calmeynbos		2004	2013-2023
La Panne	Houtsaegerduinen	1988-89		2013-2023
La Panne	Cabour-Garzebeke	2001-05	2008	2013-2023
Koksijde	Noorduinen etc	-		
Koksijde	Kwartier Adj VI F. Allaey			2019-2043
Koksijde	Belvédère	1998	1999-2019	
Koksijde	Belvédère- Belvédèreduin	1998	1999-2019	2019-2043
Koksijde	De Noorduinen	2000	2007-2027	
Koksijde	Schipgatduinen-Doornpanne etc.			
Koksijde	Hoge Blekker	1984	2001-2021	2019-2043
Koksijde	Schipgatduinen	1997	2001-2021	2019-2043
Koksijde	Doornpanne	1986	2001-2021	2019-2043
Koksijde	Ter Yde			
Koksijde	Ter Yde	1996	2003-2023	
Koksijde	Zeebermduinen	1996	2003-2023	
Koksijde	Karthuizerduinen	1983	2003-2023	
Koksijde	Plaatsduinen	2006		2019-2043
Koksijde	Hannecartbos	1981	2003-2023	
Koksijde	Oostvoorduinen	2004		2019-2043
Nieuwpoort	Simliduinen-Groenendijk etc.			
Nieuwpoort	Groenendijk	2002	2006-2026	
Nieuwpoort	Simliduinen (+Lenspolder)	2000		2019-2043
Nieuwpoort-Middelkerke	IJzermonding-Sint-Laureins			
Nieuwpoort	IJzermonding	1999	2006-2026	
Middelkerke	Lombardsijde	1999	2002-2024	
Middelkerke	Sint-Laureinsduinen	2015		2019-2043
Frankrijk/La France (CL)				
Leffrinckoucke (+Zuydcoote+Ghyvelde)	Dune Dewulf	1977+	1996-2006	2015-2024
Bray-Dunes(+Zuydcoote)	Dune Marchand	1977+	1996-2006	2015-2024
Bray-Dunes	Dune du Perroquet	1977+	1996-2006	2015-2024
Ghyvelde	Dune fossile Ghyvelde		1997-2007	2009-2019
Les Moères	Lac des Moères			2009-2019

3.4.3.2. Exécution ou implementation de la gestion

Mesures d'aménagement

Dans les années 1990, il y eut une prise de conscience qu'il ne suffisait pas de préserver les espaces libres de la construction galopante pour restaurer l'écosystème de nos dunes fortement spatialement morcelées par les constructions et les infrastructures, mais qu'il fallait aussi démolir les bâtiments gênants pour le bon fonctionnement de l'écosystème. Avec la démolition en 1995 du Home Georges Theunis à Oostduinkerke, un bâtiment abandonné et situé dans le massif dunaire « Ter Yde », assigné comme « site naturel » par le plan de secteur, fut démolie pour la première fois afin d'assainir l'espace libre et de restaurer la nature. Dans les 10 années qui suivirent, les bâtiments et voiries de l'ancienne base navale de Lombardsijde à Nieuport, l'ancienne station d'épuration des eaux (RWZI) à Nieuport et divers plus petits bâtiments (notamment sur le Hoge Blekker à Coxyde) furent démolis par la Division Nature de l'époque. Plus récemment, notons l'évacuation de quelques campings, par ex. Cosmos et Cristal Palace (2009) dans les Sint-Laureinsduinen (Middelkerke) par la Division Littoral de MDK et « Eugène » au pied du Hoge Blekker à Coxyde par l'ANB, suivie par le reprofilage et la restauration réussis comme vallée dunaire des sites assainis. Le reprofilage dans le but de développer des milieux dunaires humides et des mares fut déjà appliqué en plusieurs endroits : Noordduinen (env. 3,6 ha) et Oostvoordduinen (env. 1,3 ha, Coxyde), Groenendijk (Nieuport, 4 ha), Lac des Moères (env. 4,56 ha, Ghyvelde).

A partir de la moitié des années 1990, le débroussaillage et la déforestation furent des mesures d'aménagement importantes dans le but de restaurer les habitats dunaires ouverts. Dans la zone du projet, quelque 107 ha de dunes ouvertes ont été restaurées de cette manière au cours du quart de siècle dernier (tableau 3.4). L'intervention technique se répartit en plusieurs phases de travaux :

1 : abattage et débroussaillage à la machine

2 : fraisage ou enlèvement des souches et racines

3: en préparation de l'étrépage, un débroussaillage est possible avec suppression de la biomasse

4: avec une excavatrice, la litière et la couche d'humus sont raclées et le matériel emporté.

Des travaux de terrassement avec reprofilage considérable du relief ont eu lieu notamment dans Cabour-Garzebekeveld, Zwarte Hoek, Hannecart, Noordduinen, Sint-Laureinsduinen, Duinzoom Oosthoek, etc.

5 : une plus longue période (3-5 ans ou plus) de soins avec interventions ponctuelles : fauche/élimination des pousses d'arbres récurrentes.

De nombreux kilomètres de clôtures ont été placés afin de mettre en pratique la gestion par pâturage. Cela s'accompagnait souvent aussi de débroussaillages et de terrassements par bandes.

Une autre mesure d'aménagement importante qui peut être considérée comme une sorte de gestion des espèces spécifiques concerne le creusement de mares comme lieu de reproduction des amphibiens comme le triton crêté et le crapaud calamite. Dans la zone de projet, plus de 200 furent creusées ou reprofilées pendant la période 1992-2015.

Le tableau 3.4. donne un aperçu des sites où l'on débroussaille et/ou déboise depuis 1992 jusqu'à 2019 en fonction de la restauration des habitats dunaires ouverts. Les périodes et superficies (ha) sont chaque fois indiquées si elles sont connues.

Site dunaire	Zone	Année/période	Superficie	Travaux uniques
Duinen en Bossen van De Panne	Houtsaegerduinen	1999	10	déboisement
Duinen en Bossen van De Panne	Houtsaegerduinen	2002	0,58	débroussaillement
Duinen en Bossen van De Panne	Houtsaegerduinen	2016-18	6,14	débroussaillement/décapage/ terrasement
Duinen en Bossen van De Panne	De Westhoek	96-02	3,14	déboisement
Duinen en Bossen van De Panne	De Westhoek	(83)92-00	6,06	débroussaillement
Duinen en Bossen van De Panne	De Westhoek	97-00	17,56	débroussaillement
Duinen en Bossen van De Panne	De Westhoek	2008-14	1,47	déboisement
Duinen en Bossen van De Panne	De Westhoek	2015	0,35	débroussaillement/décapage
Duinen en Bossen van De Panne	De Westhoek	2016-18	7,08	débroussaillement/décapage
Duinen en Bossen van De Panne	Cabouduinen	09-12	18,4	déboisement
Duinen en Bossen van De Panne	Garzebekeveld	2015	1,38	déboisement
Duinen en Bossen van De Panne	Oosthoek	2007	0,7	débroussaillement
Noord- Belvédèreduinen-Belvédère	Noordduinen	06-07	3,38	déboisement
Schipgatduinen-Doornpanne-Hoge Blekker	Doornpanne IWVA	96-15	2	débroussaillement
Ter Yde	Ter Yde s.s.	94-15	4	débroussaillement
Ter Yde	Ter Yde s.s.	94-15	1	déboisement
Ter Yde	Hannecartbos	04-06	6,1	déboisement
Ter Yde	Hannecartbos	2018	1,24	déboisement/décapage
IJzermonding	Kwartier Lombartsijde	2001-07	1,27	déboisement/décapage
			91,85	
Dune Dewulf			4,56	débroussaillement
Dune Dewulf			2,58	débroussaillement + terrasement
Dune Dewulf		13-18	26,3	Débroussaillement (Life Flandre)
Dune du Perroquet		03-04?	10,6	débroussaillement
Dune du Perroquet		03-04?	8,47	débroussaillement + terrasement
Dune du Perroquet		13-18	15,5	Débroussaillement (Life Flandre)
Dune Marchand		88-90	0,3	débroussaillement
Dune Marchand		91-96	6,34	débroussaillement
Dune Marchand		03-04	1,45	débroussaillement
Dune Marchand		13-18	9,6	Débroussaillement (Life Flandre)
			85,7	
Superficie totale (ha)			177,55	

Gestion récurrente

La conservation de la biodiversité caractéristique des pelouses dunaires et des végétations des dépressions humides intradunales n'est pas possible sans gestion active. Ne rien faire conduit à l'enherbement, à l'embroussaillage et au boisement spontané. Des espèces peu compétitives comme la parnassie, la polygala vulgaire ou le serpolet commun sont mises sous pression par la concurrence pour l'accès à la lumière et l'augmentation des litières. Afin de résorber l'excès de biomasse, on a souvent opté au cours des dernières décennies, surtout en Flandre, pour le pâturage comme gestion de base, complété par le fauchage (tableaux 3.5 et 3.6). En effet, le pâturage seul est rarement suffisant pour pouvoir réaliser tous les objectifs de gestion. Avec le pâturage seul, les fourrés ne peuvent régresser suffisamment ou être maintenus sous contrôle. Il n'y a que quand de grandes surfaces de fourrés dépérissent que les herbivores empêchent que les espèces végétales très productives ne viennent dominer ces lieux. Les prairies ou végétations basses des vallées dunaires peuvent alors s'y développer. L'ouverture de zones débroussaillées réussit rarement sans fauchage complémentaire du faciès d'embuissonnement.

Le fauchage est combiné sur plusieurs terrains à un pâturage tout au long de l'année ou saisonnier, surtout dans les vallées dunaires et les prairies de fauche dans les lisières intérieure des dunes.

Le tableau 3.5. donne un aperçu des sites où le pâturage est appliqué comme gestion d'entretien.

Site dunaire	zone	Période	Sup (ha)	Remarques
Duinen en Bossen van La Panne	Oosthoek	xxx-2018	36,39	pony/cheval, bovin, mouton
Duinen en Bossen van La Panne	Houtsaegerduinen	1997-2018	76,87	âne/mouton
Duinen en Bossen van La Panne	De Westhoek	1997-2018	180,45	pony, bovin, (âne)
Duinen en Bossen van La Panne	Zwarten Hoek	xxx-2018	8,50	pony/cheval
Duinen en Bossen van La Panne	Cabouduinen/ Zuidmoerhoek/Veldhoek	1997-2018	90,63	pony, bovin, mouton
Duinen en Bossen van La Panne	Garzebekeveld	xxx-2018	13,30	pony, mouton
Noord- Belvédèreduinen-Belvédère	Noordduinen	xxx-2018	52,64	pony, âne, cheval
Noord- Belvédèreduinen-Belvédère	Belvédère	xxx-2018	7.05	bovin
Schipgatduinen-Doornpanne-Hoge Blekker	Pylyserlaan	xxx-2018		(cheval), bovin
Ter Yde	Ter Yde s.s.	1998-2018	56,07	pony, mouton
Ter Yde	Hannecartbos	1994-2018	30,12	pony
Ter Yde	Oostvoorduinen	xxx-2018	15,82	bovin, cheval
Ter Yde	Labeurhoek	xxx-2018	5,73	bovin, cheval
Simliduinen-Groenendijk-Sandeshoved	Groenendijk	08-15	3,21	pony, bovin
Schuddebeurze		xxx-2018	6.40	pony, bovin
IJzermonding – Sint-Laureinsduinen	IJzermonding	99-04	41	mouton
			624,17	
Dune Dewulf	Dune Dewulf	05-09	19	pony
Dune Dewulf	Dune Dewulf	10-15	19	pony+mouton
Dune Dewulf	Dune Dewulf	17-..	23,4	pony+chèvre+mouton
Dune Marchand		95-02	changeable	pony
Dune Marchand	centrale	02-15	23	pony
Dune du Perroquet	Dune du Perroquet	05-10	15	pony
Dune du Perroquet	Dune du Perroquet	11-14	15	pony+chèvre
Dune du Perroquet	Dune du Perroquet	14-15	15	pony+chèvre+mouton
Dune du Perroquet	Dune du Perroquet	17-..	6,6	pony+chèvre
Dune fossile Ghyvelde	s.s.	96-15	91.8	pony
Dune fossile Ghyvelde	Dune aux Pins	XX-15	6.4	mouton

Dune fossile Ghyvelde	Mahieu		20.2	
Dune fossile Ghyvelde	Debruyne	07-15	10.5	pony+chèvre-mouton
Dune fossile Ghyvelde	Dubois/ La Garenne	04-15	7.4	mouton
			223.3	
Superficie totale (ha)			847,47	

Le tableau 3.6. donne un aperçu des sites où le fauchage (fanage) est appliqué comme gestion d'entretien. En outre, le fauchage se fait encore sur des surfaces considérables en fonction des soins à apporter lors du débroussaillage et du déboisement, comme forme de gestion d'appauvrissement en nutriments ou pour répondre aux obligations légales (notamment la lutte contre les cirses).

Site dunaire	Zone	Année	Sup (ha)	Remarques
Duinen en Bossen van La Panne	Oosthoek	2015	0,8	Fauchage dune
Duinen en Bossen van La Panne	Oosthoek	2015	4,4	Fauchage/paturage
Duinen en Bossen van La Panne	Houtsaegerduinen	2015	0,4	Marktlaanpanne
Duinen en Bossen van La Panne	De Westhoek	2015	6,7	
Duinen en Bossen van La Panne	Zwartten Hoek	2015	0,6	
Duinen en Bossen van La Panne	Zwartten Hoek	2015	1,4	Fauchage/paturage
Duinen en Bossen van La Panne	Cabouduinen	2015	1,3	Fauchage/paturage
Duinen en Bossen van La Panne	Garzebekeveld	2015	0,6	
Noord- Simpelaereduinen-Belvédère	Noordduinen	2015	1,7	Fluithoek
Noord- Simpelaereduinen-Belvédère	Belvédère	2015	1,4	Fauchage/paturage
Schipgatduinen-Doornpanne-Hoge Blekker	Doornpanne ANB	2015	3,7	
Ter Yde	Ter Yde div.	2015	3,2	
Ter Yde	Hannecart	2015	5,8	
Simliduinen-Groenendijk-Sandeshoved	Groenendijk	2015	0,4	
A REVOIR			32,4	
Dune Dewulf	Dunes	2015	6	
Dune Dewulf	Fort des dunes	2015	4,3	fauche annuelle
Dune Marchand		2015	3,5	
Dune du Perroquet		2015	9,1	
Dune fossile Ghyvelde		2015	-	
			23,7	
Superficie totale (ha)			55.1	

Gestion d'espèces

Des mesures spécifiques de protection d'espèces sont parfois nécessaires pour satisfaire aux obligations des Directives européennes dites « Habitat » et « Oiseaux ». Dans le planning de gestion, une attention particulière est consacrée aux amphibiens, en l'occurrence au triton crêté (l'annexe II de la directive « Habitat ») et au crapaud calamite (l'annexe IV de la même directive). Plus de 200 plans d'eau et mares ont notamment été nettoyés ou creusés durant les dernières décennies dans les dunes pour ces espèces. À part comme lieu de reproduction pour les amphibiens, ils font office de point d'eau pour les herbivores utilisés pour la gestion par pâturage et d'habitat pour la faune et la flore aquatique comme les libellules et les characées.

Un grand nombre d'espèces de chauve-souris sont également reprises dans l'annexe IV de la Directive habitat. Des bunkers faisant office de lieu d'hivernation ont été aménagés en divers endroits de la zone des dunes pour ce groupe d'animaux. Si elles sont conçues intelligemment, la protection et la gestion du patrimoine biologique et archéologique militaire peuvent se conjuguer parfaitement. L'occupation des bunkers comme lieu d'hivernation reste très limitée pour l'instant.

Enfin, il y a la problématique spécifique relative aux espèces exotiques envahissantes. Dans la deuxième génération des plans de gestion, une grande attention a été consacrée à la lutte contre les espèces allogènes envahissantes ou les espèces parasitaires. Ce sont surtout des buissons comme le

mahonia, le cerisier tardif, l'églantier rugueux et diverses variétés de cotonéaster qui sont souvent présents pour former de la végétation et repousser la végétation indigène. Vu l'ampleur du problème dans certaines zones, une approche locale à grande échelle est indispensable.

3.5. Monitoring

3.5.1. En France

3.5.1.1. Historique du monitoring

Dès le début, les résultats de la gestion des dunes, à savoir des débroussaillages, et les effets du pâturage furent suivis par le "Centre régional de phytosociologie" (CRP) actuellement le « Conservatoire Botanique National de Bailleul » (CBNB/CRP à Bailleul). Le CBNB/CRP a été très sollicité depuis pour effectuer ce genre d'études ailleurs également.

Dans l'intervalle, la faune a également su conquérir les sites dunaires gérés. C'est ce qu'ont pu démontrer des études de monitoring détaillées qui ont été menées notamment par le « Groupe Ornithologique et Naturaliste du Nord/Pas-de-Calais » et divers étudiants des universités de Lille, Duinkerke et Gand (voir également 3.5.2.1).

Le monitoring transfrontalier qui a été effectué par l'université de Gand s'est fait à l'initiative volontaire des chercheurs, mais en concertation avec les anciens gestionnaires des dunes (F. Truant & G. Lemoine). Les recherches se concentraient essentiellement sur les effets du pâturage (Lamoot 2004 et Cosyns 2004) et l'écologie de diffusion des araignées dans la dune fossile (Bonte 2004). De même, il y eut un rapport sur les oiseaux nicheurs dans la Dune Fossile et dans la dune du Perroquet (Bonte et al. 2001).

Dans le plan de gestion « des dunes flamandes » qui comprend aussi bien les sites dunaires jouxtant la mer que les dunes fossiles de Ghyvelde, le bureau d'étude « Biotope » (1996) a proposé les possibilités de monitoring suivantes :

1. Examen du terrain pour une espèce pour laquelle une gestion spécifique sera menée dans le but d'améliorer sa diffusion ;
2. Exécution de comptages annuels des populations d'espèces rares ;
3. Suivi des populations d'une espèce de manière diffuse pour pouvoir comprendre les tendances du développement de la population. Pour ce faire, une méthode semi-quantitative qui serait utilisée tous les 4-5 ans pour l'évaluation est proposée ;
4. Suivi de la répartition superficielle des habitats dunaires tous les 5 ans sur base de photos aériennes récentes ;
5. Suivi d'un milieu dunaire dont l'évolution est insuffisamment connue pour l'instant ;
6. Procéder à des relevés phytosociologiques chaque année ;
7. Chaque année, effectuer une prise d'échantillon d'insectes avec une estimation semi-quantitative de l'abondance relative des espèces ;
8. Vérifier si un type de dune encore manquant ou mal développé se développe suite aux mesures de gestion effectuées spécifiquement à cette fin ;
9. Effectuer chaque année une étude des amphibiens dans les masses d'eau avec une estimation semi-quantitative des nombres ;
10. Réaliser chaque année un inventaire quantitatif d'une sélection d'espèces d'oiseaux indicative ou singulière (cf. espèces prioritaires) ;
11. Évaluation de l'influence positive ou négative du pâturage sur la végétation ;
12. Suivi de la dynamique et de l'impact des espèces dites allochtones ou d'autres espèces menaçant l'équilibre écologique des dunes ;
13. Exécution d'une étude complète de certains groupes de mammifères : espèces présentes, populations, dynamique, comportement alimentaire, reproduction, déplacement (transit), etc.

Le tableau d'ensemble reprenant les mesures de gestion indique les endroits où est prévu un monitoring d'après ce plan de gestion sur base du numéro de code mentionné précédemment (SE1, SE2, etc.).

Le « Bureau d'études ALFA Environnement » a émis un rapport en 2013 sur les actions de monitoring proposées en vue de créer de nouveaux plans de gestion de la nature pour les sites dunaires de la partie française du territoire concerné par l'étude (Cher et al. 2013 a, b et c).

3.5.1.2. Initiatives de monitoring récentes

Les résultats de gestion font l'objet de « bilans d'évaluation de gestion ». Dans ces rapports, la gestion des dunes est évaluée par un bureau d'étude externe (voir notamment Cher et al. 2013 a-c). Dans un proche avenir, ces rapports seront utilisés pour effectuer une évaluation intermédiaire après 5 ans de la nouvelle série de plans de gestion, dont la durée est fixée à 10 ans. Dans ces rapports, une grande attention est accordée à la biotique et (bien) moins à l'abiotique. Rien d'étonnant à cela vu que les facteurs abiotiques sont à peine suivis ou étudiés. Seul le niveau de la nappe phréatique dans quelques piézomètres est suivi avec une certaine régularité.

Parmi les importantes instances impliquées dans le monitoring figurent les institutions scientifiques, notamment le Centre Régional de Phytosociologie (CRP), des organisations de bénévoles (par ex. l'association Goeland), des centres éducatifs (CPIE) et les gestionnaires eux-mêmes (CD59 : gardes, ouvriers, personnel, etc.)

Cher et al. 2013 ont fait remarquer que le monitoring des dernières années visait essentiellement à documenter la richesse des espèces des différents sites dunaires. Cela concernait non seulement de l'étude des plantes, mais aussi de différents groupes d'insectes comme les libellules. En témoignent les cinq rapports qui sont parus en rapport aux différents groupes cibles tels que les amphibiens, la malacofaune, les petits mammifères, les bryophytes, les hépatiques, etc. et le suivi annuel de la végétation. A l'exception de la recherche sur la végétation, un programme de suivi structuré et scientifiquement étayé (avec un plan statistiquement solide) fait donc presque totalement défaut.

À l'échelle départementale, « l'Observatoire de la biodiversité du Nord - Pas-de-Calais » publie chaque année depuis 2011 une « Analyse des indicateurs de biodiversité », comparable au rapport sur la nature que l'INBO présente chaque année pour la Flandre (Observatoire, 2013). Ces rapports évaluent l'état du patrimoine naturel du département sur la base de l'évolution des habitats et des populations de groupes d'espèces et d'espèces rares. Ces documents peuvent être considérés comme un cadre auquel confronter et mettre en perspective les données de monitoring de la zone côtière. Les connaissances de l'Observatoire sont également utilisées pour l'évaluation biologique des zones dans les processus de planning géographiques, notamment du SCoT (cf. État des lieux de la biodiversité dans les territoires des Schémas de cohérence territoriale (SCoT)).

3.5.2. En Flandre

3.5.2.1. Historique du monitoring

Les germes du suivi et de l'évaluation scientifiques des résultats de gestion résident dans un certain sens dans l'attitude des gestionnaires des dunes et de la commission de conseil scientifique à mener la gestion des dunes de manière rationnelle (voir 3.4.2.2.). Diverses études ont été effectuées dans les années 1980 et au début des années 1990 (notamment Dhondt 1981). Elles concernaient des études de la nappe d'eau phréatique (dans le cadre des captages d'eau phréatique problématiques) et leur signification pour la flore et la végétation (e.a. De Raeve et al. 1983). C'est surtout F. De Raeve qui posa les bases scientifiques de la gestion des dunes au travers de différentes publications (De Raeve, 1989a, De Raeve, 1989b, De Raeve 1991). Dans l'intervalle, il démontra au moyen d'articles botaniques-écologiques l'importance de connaissances et d'avis scientifiques (par ex. De Raeve, 1979). En 1989, Lommaert signalait déjà l'importance d'un retour d'information au planning de gestion après l'exécution de travaux de gestion: dans quelle mesure la gestion menée a-t-elle contribué à la réalisation des objectifs ?

Une fois qu'un plan de gestion a été dressé pour les diverses réserves naturelles flamandes (notamment Hoys et al. 1996 a, b) avec la perspective d'écosystème (Provoost & Hoffmann 1996) comme fil conducteur et base scientifique, le pâturage (tout au long de l'année) a été introduit pendant cette période dans plusieurs réserves naturelles flamandes comme mesure de gestion principale. Depuis l'introduction des grands herbivores jusqu'en 2005, leur impact a été suivi par deux programmes de monitoring successifs.

Le premier projet de monitoring était intitulé « Monitoring des effets sur la végétation, la flore et la faune de la gestion dans les réserves naturelles et domaines régionaux le long de la côte flamande » (octobre 1996 - septembre 1999) et donna naissance à un rapport final en trois volets (Bonte et al. 2001, Cosyns et al. 2001, De Maeyer et al. 2001). Ensuite, en octobre 1999, la mission de recherche intitulée « Evaluation Pâturage Dunes côtières » (EBeKus) commença. En outre, c'est surtout le laboratoire d'écologie terrestre de l'université de Gand qui mena beaucoup de recherches scientifiques dans les dunes côtières de la zone du projet, lesquelles s'inscrivaient entièrement ou partiellement dans la mission des projets de monitoring. À part dans les dunes belges, des recherches ont également été menées dans certains cas dans les dunes françaises, notamment dans les dunes fossiles de Ghyvelde. Des recherches ont également été menées sporadiquement dans d'autres sites dunaires. Depuis 1996, quelque quarante thèses MSc (travaux de fin d'étude ou mémoires) et divers doctorats (e.a. Bonte 2004, Cosyns 2004, Lamoot 2004, Ebrahimi 2007, Erfanzadeh 2009, Somers 2009 et Dhondt 2011) ont été finalisés qui, à leur tour, entraînent une centaine de publications internationales et nationales.

Les deux programmes de monitoring ont trait à la zone de projet « FLANDRE » actuelle. L'objet d'étude du programme de monitoring était triple :

- la sélection de l'habitat et de la diète des bovins, chevaux, ânes et lapins,
- les effets des diverses espèces et densités de bétail sur la flore, la végétation, la faune et les processus biotiques,
- la diffusion des diaspores et la présence des invertébrés dans les excréments du bétail.

Un troisième programme de monitoring spécifique, notamment la mission de recherche « Monitoring Natuurherstel IJzermonding » – MONAY, était destiné à étudier la restauration de la nature après des mesures d'aménagement intenses et de pâturages appliqués de moutons (et accidentellement de chèvres) (Hoffmann et al. 2005). Dans le même esprit, la restauration de la nature au sein du projet FEYDRA Life fut évaluée au travers d'un projet de monitoring éponyme de trois ans où l'hydrologie, la flore et la végétation et plusieurs groupes d'animaux (oiseaux, araignées et une sélection de groupes d'insectes) furent suivis en détail.

En 2007 démarrait le projet PINK, pour « Permanente Inventarisatie van de Natuurreservaten aan de Kust ». Ce projet était exécuté par l'INBO (Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek) à la demande de l'ANB. Le but consistait à dresser un inventaire biologique des sites dunaires, des prés-salés, vasières salées et polders attenants gérés par l'ANB dans le but d'évaluer la gestion menée. PINK comprend uniquement le monitoring des éléments biotiques : une cartographie détaillée de la flore prioritaire, une cartographie de la végétation à répéter tous les 10 ans env. et le suivi de différents groupes de faunes : oiseaux nicheurs (cartographie du territoire), amphibiens (e.a. le triton crêté, le crapaud calamite et la rainette verte) et une sélection d'organismes invertébrés (papillons de jour, sauterelles, libellules dans les mares, etc.). La base de la sélection des espèces prioritaires est fournie par l'ouvrage « Levende duinen, een overzicht van de biodiversiteit aan de Vlaamse Kust » (Dunes vivantes, un aperçu de la biodiversité sur la côte flamande) (Provoost & Bonte 2004). Depuis, deux programmes de monitoring PINK ont été finalisés (Provoost et al. 2010 et Provoost et al. 2014). Le but est d'intégrer le futur monitoring des dunes côtières dans le projet ANB_INBO « Monitoring Natura 2000 en beheer » (Provoost, 2014).

À part dans les rapports et publications scientifiques, les résultats des monitorings et notamment leur signification pour la gestion ont également été présentés régulièrement à un public varié, à savoir les gestionnaires (gardes) et ouvriers des dunes, les nombreux bénévoles qui fournissent des données, d'autres chercheurs et des personnes intéressées. Il s'agit d'un aspect important et non négligeable du monitoring.

3.5.3. Comparaison France-Flandre

Une comparaison du monitoring dans les parties flamande et française du territoire concerné par l'étude indique une différence notable dans l'approche globale des divers aspects (tableau 3.7).

Tableau 3.7. Comparaison des initiatives de monitoring dans les parties flamandes et françaises du territoire concerné par l'étude pour quelques aspects majeurs.

Aspect	La France	Flandre
Maître d'ouvrage	Département du Nord	ANB
Format	Moins standardisées et formalisés selon les suivis	Fortement standardisées: Méthode INBO pour chaque élément (INBO – programme PINK)
Effets des mesures de gestion	Détecter les changements quantitatifs et qualitatifs (aussi des aspects phytosociologiques) à l'aide des quadrats permanents en fonction des types de gestion différentes (suivi annuel par le CRP)	Détecter les changements quantitatifs et qualitatifs à l'aide des 7 sites de recherche intensives de 50x50m en vertu de régimes de gestion différents dans les Houtsaegerduinen et le Westhoek. Chaque fois avec 3-5 quadrats permanents (INBO)
	cartographie de la végétation dans le cadre des plans de gestion et Bilan & DOCOB (Traduction ? en habitats « Natura-2000 ») (bureau Alfa)	cartographie de la végétation Prévu tous les 10 ans (PINK, INBO).
		Cartographie détaillée de la flore (espèces cible) tous les 10 ans (PINK, INBO).
Cohérence et coordination	Plusieurs intervenants (mais 1 exécutant pour les effets de gestion: CRP); moins de coordination	1 exécutant (INBO) Plus de coordination (INBO même et entre INBO et ANB)
Thèmes sur lignes principales		
Piézomètres	Nombre de piézomètre limité, contrôle parfois irrégulier	Vaste réseau de suivi: collaboration ANB-INBO Contrôle 2 x/mois banque de données centralisée (projet WATINA- INBO) → Rationaliser dans les années suivantes
Biodiversité cotière Espèces cibles		

Objectifs	Vaste inventaire de groupes et d'espèces cibles pour les plans de gestion	Inventaire spécifique des espèces cibles ou quelques espèces d'une même groupe fonctionnelle dans le cadre d'une approche hiérarchique (programme INBO – PINK)
Information rajoutée (biodiversité)	Relevés supplémentaires selon l'intérêt des specialists et bénévoles, ONG's et bénévoles individuels, spécialistes (p.ex. GON).	ONG's et bénévoles individuelles, spécialistes (p.ex. Natuurpunt (plusieurs groupes de travail)
Information rajoutée: échange d'information	contacts de plate-forme de données numériques pour la flore (digitale) mais pas complètement aboutis pour la faune. Contacts mutuels	contacts de plate-forme de données numériques "waarnemingen.be" (non structurés) Contacts mutuels
Quels groupes d'organismes?	(voir tableau 3.8 & 3.9)	

Le tableau 3.8 donne un aperçu plus détaillé du monitoring tout en indiquant les facteurs et organismes étudiés, les régions, par qui et dans quelle période.

Tableau 3.8. Disponibilité des données de surveillance pour la période 1995-2015 dans la région du projet FLANDRE- pour les espèces (ou groupes d' espèces) et les habitats Européens indiquant la méthode utilisée et classées en fonction de points d'intérêt pour la gestion de la dune et pour la politique sur la biodiversité (source: Provoost 2014).

Espèces/habitats indicatives selon thème	Méthode appliquée	La France	Flandre
Fixation du paysage dunaire			
Superficie sable nu/ dune fixée	Interprétation des photos aériennes	Interprétation des photos aériennes &DTM (cfr Plans de Gestion, Bilan & Docob)	Interprétation des photos aériennes &DTM (cfr PINK & plans de gestion)
Eu-habitat (2110)-2120	Cartographie de la végétation	Tous les sites (Biotope/ALFA Environnement)	Presque tous les sites (PINK)
Espèces indicatrices (2110)-2120		Peu ou pas d'information systématiquement collectée	Espèces indicatrices pertinentes (insectes, oiseaux, plantes vasculaires)
Espèces indicatrices Estran-laisse de mer		Seulement des études spécifiques p.ex. Labidura arenaria (Forficule)	
Végétation hautes herbes -fourrés - bois			
Cartographie de la végétation (structure) Eu-habitat 2160-2170-2180	Interprétation des photos aériennes + relevés du terrain- Cartographie de la végétation	Tous les sites (Plans de Gestion, Bilan & Docob 2002-2013, Biotope/ALFA Environnement)	Presque tous les sites (PINK)
Composition de la végétation	Echantillons des quadrats permanents	Suivi par CBNBI	Suivi par INBO (dunes de Westhoek, Houtsaeger & IJzermondig)
Extension ou disparition des espèces indicatrices	Surtout présence ou absence des espèces (information observations fiables – analyses des meta base de données)	Données disponibles dans des différentes bases de données	Données disponibles : collectées systématiquement par INBO: PINK-base de données : libellules, papillons, oiseaux nicheurs+ flore vasculaire)
Changement climatique			
Expansion ou disparition des espèces indicatrices	Surtout présence ou absence d'espèces (données fiables – analyses des meta bases de données)	Données disponibles dans des différentes bases de données	Données disponibles : collectées systématiquement par INBO: PINK-base de données : libellules, papillons diurnes, oiseaux nicheurs+ flore vasculaire)+ "waarnemingen.be"
Expansion des espèces invasives (exotique)			

Cartographie détaillée	Localisation GPS, SIG-geodatabase	Moins pertinent, pas systématiquement échantillonnées	Cartographie pour presque tous les sites (PINK)
Hydrologie			
Eau nappe phréatique			
Eu-habitat indicatif: 2190-2170	Cartographie de la végétation	Tous les sites (Plans de Gestion , bilan & Docob, Biotope/ALFA Environnement)	Presque tous les sites (PINK)
Composition de la végétation	Echantillons des quadrats permanents	Suivi par CBNBI	Suivi par INBO (dunes de Westhoek, Houtsaeger & IJzermonding)
Expansion ou disparition des espèces indicatrices	Surtout présence ou absence des espèces	Certaines espèces sont suivis systématiquement depuis 2003: Gentianella uliginosa/amarella, Schoenus nigricans, Equisetum variegatum, Liparis loeselli, Herminium monorchis, Parnassia palustris, Dactylorhiza spp.	Beaucoup d'information à cause d'une cartographie détaillée floristique PINK-databank)
Eau surface			
Qualité d'eau	Analyse d'échantillon dans le laboratoire		Set minimale par INBO
espèces indicatrices	Analyse semi-quantitative Characées, amphibiens, libellules, plantes aquatiques	Groupe d'espèces indicatrices analysées p. ex amphibiens projet Popamphibien (depuis 2012)	Groupe d'espèces indicatrices analysées (PINK)
Autre			
Cartographie de la végétation: Eu-habitat dune grises 2130 (Calcaires-décalcifiées)	Interprétation des photos aériennes + relevés du terrain- Cartographie de la végétation	Tous les sites (Plan de gestion, bilan & Docob 2002-2013, Biotope/ALFA Environnement)	Presque tous les sites (PINK)
Composition de la végétation	Echantillons des quadrats permanents	Suivi par CBNBI	Suivi par INBO (dunes de Westhoek, Houtsaeger & IJzermonding)
Extension ou disparition des espèces indicatrices	Surtout présence ou absence des espèces	Certaines espèces sont suivis systématiquement depuis 2003: Botrychium lunaria, Gymnadenia conopsea, Colchicum autumnale	Beaucoup d'information grâce à la cartographie détaillée floristique PINK-databank)
Cartographie de la végétation: Eu-habitat 1310-1330	Interprétation des photos aériennes + relevés du terrain- Cartographie de la végétation	habitat non présent	Monitoring IJzermonding+PINK

espèces indicatrices	Echantillonnage qualitative et semi-quantitative	habitat non présent	Cartographie détaillée des espèces cibles INBO (IJzermonding)
Hanneton foulon (Polyphylla fullo)	Etude détaillée	Dans la Dune du Perroquet	
Vertigo angustior	Etude détaillée	effectuées récemment (2013-2014)	Etude en cours
Oiseaux nicheurs		Suivi qualitative: effectuées au cours de visites sur place Attention particulière aux rapaces et des limicoles + Rôle d'eau, bécasse,	Suivi quantitative (incl. cartographie des territoires) PINK e.a.
Entomofaune		Certains groupes étaient étudiés spécifiquement (par Biotope : odonates, orthoptères, rhopalocères, ...)	groupes et espèces cibles au sein de PINK (voir tableau espèces cible : papillons, sauterelles, libellules,...)
Entomofaune		Papillons de nuits: pas systématiquement	Etudes de Papillons de nuits en cours par des bénévoles (Sierens et al.)
Entomofaune		Coléoptera: pas systématiquement	Coléoptera (suivi au cours de la commande pour la planification de la gestion)

3.5.4. Vers un monitoring transfrontalier?

Des deux côtés de la frontière, il y a un intérêt pour une coopération transfrontalière en termes d'approche, d'échange et de traitement des données en matière de monitoring et d'évaluation des effets de la gestion des dunes. Les partenaires français, dont le CRP, mais aussi le CERL et le D-59, expriment clairement un intérêt et une admiration face au suivi approfondi de la dynamique de la nappe phréatique au moyen d'un vaste réseau de tubes-sondes dans différents sites dunaires flamands. Cela vaut également pour le traitement géographique et l'interprétation des données topographiques dans un environnement SIG (interprétation des photos DTM et aériennes) associées aux niveaux d'eau souterraine et au développement (potentiel) de la végétation.

Du point de vue de la biodiversité et notamment du suivi de l'état des espèces et habitats européens protégés, il y a un intérêt des deux côtés de la frontière pour l'échange de connaissances et d'informations. Cela concerne aussi bien l'échange d'informations concernant les techniques de gestion utilisées et leurs effets que le suivi effectif de la dynamique de la population (transfrontalière) des espèces dans un contexte transfrontalier.

- Échange d'expériences (meilleur suivi en Flandre)
- L'utilisation plus efficace des ressources (financières, techniques et les forces de travail)
- Corrélation piézomètre /biodiversité/gestion de la nature
- Meilleure connaissance des habitats
- L'importance de la réflexion stratégique transfrontalier et hiérarchisation
- Plus d'échange (inventaires, notes, activités, connaissance des domaines de l'autre côté de la frontière)
- La collaboration est essentielle.

Du point de vue flamand (par exemple par ANB) il est également d'importance:

- d'utiliser des mêmes techniques et méthodes avec l'intention d'obtenir des données comparables ;
- être d'accord sur le choix des espèces indicatrices à suivre;
- avoir conformité d'autres paramètres potentielles à suivre.

Le BIPS (Biodiversité périurbaine / Biodiversiteit in de stadrand) est un bel exemple d'une collaboration transfrontalière en matière de biodiversité au sein de la zone du projet. Plate-forme transfrontalière pour l'échange, la démonstration et l'évaluation des méthodes pour la gestion écologique et l'aménagement des zones naturelles et agricoles en périphérie des villes.

'Transfrontalier', 'bilinguisme' et 'biodiversité' constituent un grand fil conducteur pour ce projet qui a démarré dans le cadre du programme tripartite européen INTERREG IV A (www.bipsweb.eu, 2009-2013). L'intention, les obstacles et les actions réussies de ce projet permettent de tirer des conclusions utiles pour la mise en place d'une collaboration réussie et d'un programme de monitoring transfrontalier pour la zone de projet FLANDRE.

3.5.5. Vision du futur sur le monitoring

Le suivi d'un nombre de paramètres abiotiques est important, notamment la géomorphologie et l'hydrologie, mais également le sol. Enfin, il peut être souhaitable de suivre des situations spécifiques plus en détail au moyen d'un monitoring plus pointu et généralement limité dans le temps. Voici un aperçu du monitoring présent au sein du VNR.

Tableau 3.9. Vue d'ensemble du suivi futur désiré basée sur les 8 considérations pour la politique et la gestion de l'écosystème côtier (selon Provoost, 2014) auxquels sont ajoutés les aspects pédologiques et la chasse. Il est indiqué dans quelle mesure les thèmes mentionnés sont déjà suivis dans la partie Française et flamands de la zone du projet.

Préoccupations pour la politique et la gestion des dunes: données nécessaires	Méthode souhaitable	France	Flandre
Fixation du paysage dunaire			
Dynamique éolienne du sable à grande échelle	Relevés du terrain annuelles ou triennales (DTM)	Données disponibles	Données disponibles régulièrement mettre à jour
Dynamique éolienne à petite échelle (sable nu)	Remote sensing		
Espèces indicatrices	Echantillonnage quantitative ou semi-quantitative d'un set représentatif		
Végétation hautes herbes -fourrés - bois			
Cartographie de la végétation (structure)	Interprétation des photos aériennes + relevés du terrain- Cartographie de la végétation	Effectué dans tous les sites (Plans de gestion, bilan & Docob 2002-2013, Biotope/ALFA Environnement)	Effectué dans presque tous les domaines (PINK)
Information mesures de gestion	Visite terrain+localisation+information du gestion effectuée (analyse databank, interviews)	Données disponibles, rapportée dans les Bilans 2013	Données disponibles p.ex. plan de gestion autre rapports (ANB & INBO)
Composition de la végétation	Echantillons des quadrats permanents	Suivi par CRP/CNBBI	INBO (Westhoek & Houtsaegerduinen)
Changement climatique			
Facteurs météo	Observations météorologiques (nationales, régionales)	Données disponibles (Dunkerque, Lille)	Données disponibles (Koksijde, Middelkerke, Ukkel)
Expansion ou disparition des espèces indicatrices	Echantillonnage quantitative ou semi-quantitative d'une set représentative + toutes données fiables – analyses des meta bases de données	Données disponibles différentes bases de données	base de données PINK & "waarnemingen.be"
Extension des espèces invasives (exotique)			
Cartographie détaillée	Localisation GPS, SIG-geodatabase	Moins pertinent, pas systématiquement échantillonnées	Cartographie pour presque tous les sites (PINK)

Mesures de gestion	GIS-Geodatabank		
Evaluation	Lier les données floristiques & les mesures de gestion		
Hydrologie			
Eau souterraine			
Géomorphologie	DTM (LiDAR-laserscanning)	DTM disponible	DTM disponible
Mesures effectuées	Réseau de piézomètres Données sont centralisées dans base de données (SIG) (geo-) databank	Nombre de données limitées, pas des suivis systématiques	Réseau étendu, suivis régulièrement pendant des années, centralisation dans base de données-WATINA (INBO)
Evaluation/analyse	Liaison DTM-données piézo = possibilités pour restauration ou création des panes humides		
Information mesures de gestion	Base de données en SIG- (Geodatabank)	Données disponibles	Données disponibles
Espèces indicatives	Echantillonnage quantitative ou semi-quantitative d'une set représentative		
Mares			
Qualité d'eau	Analyse d'échantillon dans le laboratoire		Set minimale par INBO
Espèces indicatives	Echantillonnage quantitative ou semi-quantitative d'une set représentative: Characées, amphibiens, libellules, plantes aquatiques	Groupe d'espèces indicatives analysées p. ex amphibiens projet Popamphibien (depuis 2012)	Groupe d'espèces indicatives analysées (PINK)
Information mesures de gestion	Base de données en SIG- (Geodatabank)	Données disponibles de mares creusées: cartographie et numérotées (plan de gestion)	ANB/INBO-base de données: mares numérotées
Evaluation	Liaison entre données qualité d'eau – mesures de gestion (et espèces indicatrices)		
Pressions récréative & touristique			
Mesures à effectuer	Comptages automatisés et ciblés de visiteurs	Données disponibles pour tous les sites dunaires (ULCO)	Analyses limitées, non systématisées (Westhoek, Houtsaegerduinen)
Espèces indicatrices	- oiseaux nicheurs, insects, plantes vasculaires		Recherche ponctuelle, relation de cause à effet (Bonte & Maes)
Habitats indicatifs	Cartographie et composition de l'estran, laisse de mer, dune embryonnaire, dune blanche, dune grise		
Chasse			Niet van toepassing in de beschermd gebied

Zones de chasse	Contrôl	Mission de control des gardes du littoral	
Gibier	Données sur la chasse (gibier abattu)	Donnés disponibles	
Espèces indicatrices	Echantillonnage spécifique : oiseaux aquatiques & autres oiseaux (cailles de perdrix, faisans, bécassines, pigeons) mammifères (lapin, lièvre, chevreuil & prédateurs p.ex. le renard)	Comptages des oiseaux aquatiques (comparaison situation zone de projet Flandre >> la France)	Données annuelles disponibles (hiver)
Intensification agriculture			
Mesures à effectuer (N,P,K)	Analyse chimique des échantillons du sol		Recherche ponctuelle dune-polder Oostduinkerke (INBO)
Composition de la végétation	Echantillons des quadrats permanents		
Espèces indicatives	Cartographie détaillée, localisation GPS, Base de données en SIG.		
Pollution atmosphérique			
Mesures à effectuer	Analyse chimique		Point de mesures VMM
Composition de la végétation	Echantillons des quadrats permanents		
Composition végétale des communautés d'épiphytes (mousse et lichen)	Echantillonnage spécifique des quadrats et cartographie		Etude de Hoffmann (1993) disponible
Conditions pédologiques			
Données de bases spécifiques	Caractéristiques du sol dans les PQ's		Set de données limitées (INBO)
Information pour toute la zone projet	Echantillonnage et analyse spécifique du sol		Données récentes disponibles pour quelques sites: Ampe&Langohr (Westhoek, Ter Yde, Hannecart)

4. Aspects socio-économiques

Le territoire concerné par l'étude offre à peine des services de production, mais bien des services culturels et services de régulations (par exemple l'eau) importants. La protection contre les inondations marines forme le service écosystémique principal des dunes bordières. L'ensemble de la zone côtière forme une destination touristique prisée. Le tourisme représente un pilier économique essentiel de la Flandre occidentale et dans une moindre mesure de la région Dunkerquois. Le captage d'eau est un service de production important dans la partie flamande (belge) du territoire concerné. Souvent, les services qui sont importants pour le territoire provoquent également un impact négatif significatif sur la biodiversité comme le tourisme et les loisirs et le captage d'eau. Ci-dessous, nous discutons brièvement les services écosystémiques les plus importants (selon De Nockere et al., 2015).

4.1. Protection contre les inondations

Pour cette étude, on a seulement regardé la protection contre les inondations de la mer en raison de l'absence de risque d'inondation de la rivière dans les dunes. En Belgique, les dunes jouent un rôle très important dans la protection contre les inondations: la majorité de la plaine côtière belge est 2m plus bas que le niveau d'une tempête annuelle moyenne (+ 5,5 m TAW). Environ la moitié de la côte belge (33 km au total) et la moitié de la partie de la France à l'est de Dunkerque (+/- 7 km) est protégée par des dunes qui se trouvent au sein de la zone de protection spéciale (ZPS).

La présence de ZPS a des effets différents sur la sécurité côtière:

- Réduction des risques de dommages et de victimes (risque limitée de dégâts et de victimes par l'absence de bâtiments, ... sur la digue)
 - Eviter que les dunes existantes soient encore creusées comme cela est arrivé dans le passé, et ainsi réduction du niveau de sécurité
 - Croissance naturelle des dunes est stimulée par la fixation des sédiments à la base des dunes par des mesures telles que l'entrée restreinte
 - Eviter que les dunes embryonnaires soient creusées au pied des dunes par exemple pour les loisirs
- En ce qui concerne les dunes situées dans la ZPS, à aucun endroit un risque de brèche et d'inondation de l'arrière-pays n'existe. Cependant, il y a des endroits où les dommages peuvent être prévus sur la première structure de protection depuis la plage. Dans ces endroits, ils se trouvent seulement un nombre limité de bâtiments, réduisant les dégâts et les pertes au minimum. Cela signifie que la présence du ZPS réduit complètement le risque de dégâts et de victimes.

4.2. Stabilisation niveaux des eaux-infiltration

L'infiltration d'eau de pluie est un service particulièrement important pour les dunes. D'une part, cela nous assure de l'eau de bonne qualité qui peut être utilisé pour l'approvisionnement en eau. D'autre part, il contribue à éviter la salinisation des eaux souterraines peu profondes. Les temps de séjour des eaux souterraines relativement longs font que les polluants et les nutriments sont éliminés par adsorption, procédés chimiques du sol et processus de dénitrification microbienne. Les eaux souterraines reviennent à la surface dans les vallées et contribuent ainsi au développement des pannes humides, un habitat tellement spécifique pour le territoire, ainsi qu'un nombre de services écosystémiques liés à des sols humides (séquestration du carbone, dénitrification).

Dans les dunes du territoire concerné infiltre environ 121 millions m³ par an, dont 69,7 millions de m³ en Belgique et 51,6 millions de m³ en France.

4.3. Approvisionnement en eau

L'approvisionnement en eau de la nappe phréatique est un service relativement important pour les dunes en raison de la présence d'un réservoir d'eau douce peu profonde et facile à exploiter. La perméabilité élevée de sable dunaire assure également une reconstitution rapide de la réserve d'eau souterraine. L'eau des dunes est très pure et répond naturellement aux normes de l'eau potable, à l'exception de la présence de fer.

Pour la partie française, aucune extraction directe ne se situe dans la zone du projet. Par contre, une extraction importante se trouve à moins d'1 km de la frontière de la ZPS et l'influence de l'extraction alors se fait sentir dans la ZPS.

Nous estimons la valeur totale de ce service à 0,2 à 0.6 million € / an, soit 62 à 180 € / ha. Nous estimons que les bénéfices sont plus larges pour la partie Flamande car cette zone est plus exploitée pour l'extraction directe de l'eau, mais il faut noter que l'estimation pour la partie française est plus incertaine.

4.4. Stockage du carbone au sol

Le service de stockage du carbone dans le sol peut être réalisé de deux manières. D'une part il y a la séquestration du carbone non minéralisé à partir de matières végétales mortes dans le sol où il est stocké à long terme dans des conditions anoxiques. Il y a aussi le stockage de carbone par enfouissement des sédiments dans les zones de marée. Plus de CO_2 atmosphérique qui est ainsi fixée dans le sol, moins il contribue au réchauffement climatique. Les avantages de ce service sont réalisés d'un côté en tant que conservation des stocks existants et d'autre en tant que séquestration supplémentaire de carbone dans le sol.

Les sols des écosystèmes naturels ont généralement de plus grandes C-stocks que celles en des terres d'utilisation intensive (p.ex. agriculture). Les stocks de C sont plus élevés dans les sols forestiers et les prairies naturelles que dans les prairies cultivées ou les sols agricoles. Surtout les marais et les sols tourbeux historiques ont de grandes quantités de carbone. Le développement de la tourbe, comme dans les vallées des dunes, crée des opportunités importantes pour ce service. Des zones de slikke et schorre (zone intertidal) et marais peuvent stocker des quantités importantes de carbone par sédimentation, mais constituent également une source importante d'émissions à l'atmosphère

En comparaison avec d'autres régions, la capacité de la zone des dunes pour le stockage de carbone à long terme est généralement faible en raison de la texture grossière du sable dunaire et des sols secs.

Une exception sont les marais et zone humides des polders qui peuvent être important pour la séquestration du carbone et le dénitrification. Au total peuvent être stockés dans la zone du projet 2760 tonnes de C par an, dont 910 tonnes par an en France et 1850 tonnes par an en Belgique. Cela signifie une valeur totale enregistrée de 0,6 à 1,5 million €/an.

4.5. Loisirs et tourisme

Le nombre élevé de visites à ces zones se reflète également dans les niveaux élevés pour la valeur monétaire, de 6 à € 40 millions pour l'ensemble de la zone. Parce que la partie belge attire plus de visiteurs, sa valeur est plus élevée. Nous pouvons aussi analyser la chasse dans la partie française. Sur la base de chiffres général pour la France, Chevasus, 2009, estime un bénéfice annuel de 55 à 69 €/ha.

4.6. Cadre de vie

Les maisons avec une vue sur et à proximité d'espaces verts et ouverts offrent une meilleure qualité de vie qui conduit à une valeur de marché plus élevée pour ces maisons. Cet effet a été amplement démontré dans la littérature.

Il en résulte un bénéfice pour la qualité du cadre de vie de 1 à 2 million €. Ces chiffres sont une estimation approximative basés sur les données de la littérature moyenne sur le type de végétation et de location.

4.7. Effets sur la santé

Il existe de nombreuses études scientifiques qui montrent que plus de zone verte dans le milieu de vie résulte- en moyenne - à une meilleure santé physique et mentale. Les effets sont plus importants pour la santé mentale et pour les zones vertes dans un rayon de 1 km.

5. Élaboration de la perspective

5.1. Synthèse : la côte en un mot

5.1.1. Typique de la côte

- S'inscrit dans un ensemble géomorphologique plus grand
Dunes entre Calais et Skagen : « The golden fringe of Europe »
(Udo de Haes et al. 1992).

- Le système physique : riche en gradients, paysage varié
(voir chapitre 1)
 - Complexe mer-plage-dune-polder
 - Processus écologiques du paysage très spécifiques
 - Mésoclimat du littoral
 - Géomorphodynamique marine et éolienne
 - Crues marines et autres influences salines
 - Hydrologie de l'eau douce avec eau d'infiltration riche en calcaire
 - Microclimat du milieu sableux

 - Variation inhérente à la situation et développement (récent) du paysage
 - variation de la macro et micro-géomorphologie
 - variation du sol (texture, humidité, teneur en calcaire et humus, trophie)
 - eau souterraine (courants, qualité)
 - microclimat
 - historique résidentiel : utilisation du sol / gestion

- Hotspot biodiversité
(voir chapitre 2)
 - Natura 2000 : nature transfrontalière : habitats et espèces eu
 - Espèces spécifiques à la côte d'importance régionale
 - Un mélange précieux, une variété d'espèces

5.1.2. Statuts et protection

(voir chapitre 3)

Dunes reconnues comme patrimoine naturel précieux, plage et polder moins évidents

- Initiatives à partir des années 1970 France & Belgique
- Bonne protection au niveau planologique (juridique & planologique : Natura 2000, législation sur la conservation de la nature, plans de destination : impact croissant Natura 2000 (→ base d'une collaboration transfrontalière ?)
- Interface Dune-Mer et Dune-Polder sont rarement assignés comme zone naturelle sur les plans de destinations des sols
- Protection comme base de la politique d'acquisitions et du développement de la vision de gestion (VI, 1995 et suiv.)
- Politique d'acquisitions France & Flandre : OK, moyens financiers durables via le Conservatoire du Littoral et les fonds Taxe d'Aménagement & MINA, axés sur l'acquisition de grandes unités

- Cependant, la plage¹⁰ et « le zone de polders » moins ou pas d'acquisition
- Fondamentalement, attitude différente par rapport à la chasse : (FL : pas dans les réserves naturelles, FR : autorisé sous conditions mais pas dans la seule réserve naturelle du site du projet, la “Dune Marchand”)

5.1.3. La gestion des dunes : parallèles et différences

- Superficies considérables en gestion (augmentation constante entre 1995 et 2015)
- Personnel via cadre propre et missions à des tiers
- Projets LIFE comme stimulant (ICCI, FEYDRA, FLANDRE)
- Accumulation de connaissances considérables par l'approche expérimentale France & Flandre (Belge), échange d'expérience et monitoring scientifique
- Du conflit au consensus (partenariat/respect) : diminution du captage d'eauphréatique, transfert de gestion, utilisation récréative conjointe. Ouverture (inhérente à l'achat en Fr, choix stratégique en FI)

5.1.4. Services d'écosystème

Le territoire concerné par l'étude offre à peine des services de production, mais bien des services culturels et de régulation importants. La protection contre les inondations marines forme le service d'écosystème principal du premier de l'avant-dunes et des dunes bordières. L'ensemble de la zone côtière forme une destination touristique prisée. Le tourisme représente un pilier économique essentiel de la Flandre occidentale et de la côte française.

Le captage d'eau est un service de production dans la partie flamande (belge) de la zone d'étude. Tant le tourisme que le divertissement ont un impact négatif significatif sur la biodiversité.

Points à méditer :

- Réseaux récréatifs (transfrontaliers) – expérience - accueil des visiteurs (projet interreg VEDETTE)
- Rapprochement et développement transfrontaliers
- Chasse (Fr)

5.1.5. Changement climatique & gestion (côte /nature)

Selon Van der Aa et al. 2015

Outre l'augmentation du niveau de la mer, l'impact du changement climatique sur l'écosystème des dunes côtières est relativement imprécis. Ce doute a trait à l'incertitude quant aux variables climatiques prévues (surtout en ce qui concerne le régime éolien ou les changements de précipitations), mais aussi par la relation complexe entre les mouvements éoliens de sable et les facteurs météorologiques et l'interaction avec le facteur d'apport de sable. En outre, l'écosystème des dunes côtières souffrira des mêmes limitations que l'écosystème des vasières et prés-salés, notamment l'impossibilité de s'étendre vers l'intérieur des terres en raison d'autres affectations de l'arrière-pays. Même dans le cas d'espaces disponibles, vers la mer ou vers la terre, le processus de formation sera difficilement prévisible et d'une autre dimension temporelle que ce dont tient compte la gestion des ressources naturelles actuelles.

¹⁰ La plage est domaine publique de plein droit, mais on tiens encore trop peu compte avec sa valeur naturelle (potentielle).

Le niveau de la mer est un facteur très important dans la formation et l'érosion des dunes. L'augmentation du niveau de la mer suite au réchauffement global de la terre est synonyme de pression supplémentaire sur la côte. Le système est donc coincé entre l'érosion croissante côté mer et le paysage façonné par l'urbanisation et d'autres infrastructures côté terre, un phénomène connu sous le nom de « coastal squeeze » (Doody 2004) ou resserrement/compression du littoral.

Une augmentation du niveau de la mer combinée à une fréquence supérieure des tempêtes provoque une modification de la dynamique de la côte et une hausse de l'érosion. Cette érosion rend la plage plus raide et donc plus étroite et plus humide. On s'attend à ce que ce processus entraîne une augmentation de l'énergie houlomotrice qui renforcera encore l'érosion. Cela signifie qu'il y aura moins de sable disponible pour les déplacements éoliens de sable. Ces plages toujours plus étroites sont déjà une réalité aujourd'hui et on y remédie en remblayant les plages. Des modifications dans la position de la ligne côtière peuvent influencer le volume, la stabilité et la mobilité des dunes (Psuty & Silveira 2010 ; Speybroeck et al. 2008 ; Hesp 2002).

Il existe globalement un lien entre la sécheresse et l'augmentation de la dynamique éolienne de sable (Arens et al. 2007). Une plus grande sécheresse combinée à davantage de vent augmente les déplacements éoliens de sable qui peut éventuellement conduire à l'émergence de nouveaux endroits avec des stades pionniers. En revanche, une augmentation des précipitations pourra favoriser la fixation des dunes blanches (voir fixation de la dune mobile dans le Westhoek). D'autre part, une fréquence accrue des tempêtes peut justement stimuler les déplacements éoliens de sable (Clarke & Rendell 2009).

Étant donné que l'on s'attend à une augmentation du niveau de la mer et à la survenance plus fréquente de tempêtes d'après les prévisions du changement climatique, l'assurance du service « protection de la côte » est moins garantie. Indépendamment des risques d'inondation, de fortes tempêtes peuvent également provoquer des victimes et de gros dégâts matériels (Provoost et al. 2014).

Une forte érosion côtière influencera également l'hydrologie des dunes. La ligne des hautes marées et, par conséquent également, la bordure du réservoir d'eau douce reculeront un peu en direction de l'intérieur des terres. Les niveaux de la nappe phréatique dans la zone dunaire baisseront donc, ce qui influencera également les modèles des flux d'eau souterraine.

Par ailleurs, une augmentation du niveau de la mer entraînera une élévation de la ligne des hautes marées et donc, une hausse des niveaux d'eau souterraine. L'augmentation ou la baisse définitive des niveaux d'eau souterraine sera déterminée par un équilibre entre les deux éléments, mais surtout aussi, par un changement des conditions météorologiques.

La géomorphologie des vallées dunaires (secondaires) est déterminée par les niveaux de la nappe phréatique au moment de leur formation. La végétation caractéristique des vallées dunaires est adaptée à cette relation. En cas de changement des précipitations et/ou des modèles d'évapotranspiration, il pourrait se produire aussi bien une augmentation qu'une diminution du niveau de l'eau souterraine. Dans les deux cas, cela entraînera des déplacements dans la composition des vallées dunaires. Dans le pire des cas, cela entraînera des déplacements géographiques des modèles en fonction de la microtopographie locale. C'est surtout une augmentation de l'amplitude de la fluctuation qui est préjudiciable aux espèces les plus sensibles parce que cela vaut pour l'ensemble du système de la vallée et un déplacement géographique des espèces ne constitue donc pas une solution. Les modèles climatiques actuels prédisent des étés plus secs et des hivers plus humides, ce qui entraînerait effectivement une augmentation des fluctuations annuelles.

Les espèces les plus caractéristiques des vallées dunaires exigent un niveau de la nappe phréatique moyen entre le niveau du sol et 60 cm sous le niveau du sol. Il est difficile de donner des chiffres précis en ce qui concerne les régimes d'eau souterraine. Chaque espèce dispose de son propre

optimum et de sa marge de tolérance pour le niveau d'eau souterraine de printemps, la période d'inondation ou le niveau estival le plus bas par exemple. Des différences géographiques relativement petites dans ces variables (par ex. 10 cm de niveau d'eau souterraine) peuvent déjà entraîner des différences dans la composition locale des espèces (Curelli et al. 2013 ; Raman et al. 2014). Cette variabilité, provoquée par la topographie locale et les modèles d'eau souterraine, est également déterminante pour la richesse écologique des vallées dunaires et est aussi nécessaire pour pouvoir compenser les fluctuations naturelles des niveaux d'eau souterraine. Dans les années pluvieuses, les stations le plus élevées d'une espèce seront importantes pour la survie de la population locale ; les années sèches, inversement, les stations les plus basses. Vu la situation actuelle déjà précaire du régime de la nappe phréatique, l'imprévisibilité des effets du changement climatique (notamment la répartition des précipitations estivales et hivernales) est vecteur d'incertitude quant aux perspectives d'avenir des habitats dunaires dépendants de la nappe phréatique , surtout si l'on considère la perspective relativement statique de la nature selon l'interprétation actuelle de la Directive habitat.

À ce stade, on constate déjà beaucoup de signes d'un changement phénologique et d'un déplacement des aires de distribution, mais on en sait encore peu sur l'effet de ces déplacements sur le fonctionnement de l'écosystème (Berry et al. 2002). Il est souvent difficile de distinguer des autres facteurs environnementaux les modifications d'espèces dans des zones du fait du changement climatique. C'est ainsi que l'on a observé récemment nettement plus de libellules et de demoiselles méditerranéennes à la côte de la Mer du Nord. Pendant la même période, le nombre de mares a certes fortement augmenté aussi. Quant aux plantes vasculaires, épingleons la catapode rigide, le pâturin bulbeux et la vulpie queue-de-rat, des espèces généralement de terrains plus ou moins rudéraux. D'autre part, des espèces avec une distribution plus nordique (élyme des sables et prêle panachée par exemple) qui sont présentes dans nos dunes, risquent à terme, d'être mises sous pression (Besse-Lototskaya et al. 2011).

5.2. Mission et objectifs stratégiques

5.2.1. Mission

Gérer les dunes en fonction de :

- **La Conservation et l'optimisation comme point chaud de biodiversité**
 - « Sommet qualitatif de nature » européenne et régionale
 - Dans de grandes unités
- L'Espace pour une utilisation récréative conjointe
- Le Choix pour une coopération efficace, durable, tournée vers l'avenir, transfrontalière

La conservation, la restauration et le développement durables de valeurs naturelles (et paysagères) sont les objectifs prioritaires de la politique européenne et nationale en faveur de la nature. Les valeurs naturelles sont des valeurs écologiques et géologiques. La priorité de cette mission repose sur la valeur écologique. On parle souvent de **biodiversité et de caractère naturel** comme critère de qualité pour la valeur écologique. Tous deux sont donc déterminants pour réaliser des choix stratégiques (Bal et al, Provoost & Hoffmann, 2006).

La biodiversité se mesure aussi bien au niveau des écosystèmes que des espèces et des gènes. La politique se concentre en grande partie sur la perte de biodiversité qui se mesure essentiellement aux espèces (potentiellement) menacées. À cet effet, des Listes rouges qui tiennent compte de la rareté et de la tendance sont mises au point comme instrument politique.

Au niveau européen, les habitats du réseau Natura 2000 et les espèces dans les annexes des directives Habitat et Oiseau servent de balises et sont également très importants pour cette mission. En ce qui concerne la sélection des espèces dites cibles ou prioritaires, au moins 2 niveaux d'échelle sont importants :

- l'échelle internationale : espèces qui méritent l'attention parce que l'axe prioritaire de leur distribution se situe en Europe du Nord-ouest ou qui ont une expansion européenne plus vaste, mais qui sont spécifiques à la zone côtière (= espèces i). Notre région a une responsabilité relativement grande pour la conservation de ces espèces.

- l'échelle nationale/régionale : espèces qui méritent l'attention en raison de leur statut précaire dans la zone considérée (rares ou menacées – exprimé par la mention dans la Liste rouge : espèces t et z : t = tendance en baisse (menace), z = l'espèce est rare).

Les espèces qui satisfont au moins à deux critères itz peuvent entrer en ligne de compte comme espèce prioritaire. Les espèces avec une zone strictement associée à la côte sont par définition rares en Flandre (belge) et en France et peuvent donc être considérées d'une manière ou d'une autre comme espèces prioritaires.

Caractère naturel : les systèmes naturels (intacts) offrent la meilleure garantie de conservation des espèces. C'est en effet là que se présentent les processus et conditions naturelles à l'origine de la richesse initiale des espèces. Le traité de biodiversité (UNEP, 1992) insiste également sur ce point. Le caractère naturel est généralement associé à la taille, l'intégrité et l'intégralité des écosystèmes. L'échelle et l'intensité de l'influence humaine sont cruciales (Bal et al. 1995). Le caractère naturel augmente lorsqu'un écosystème fonctionne sur une plus grande surface avec moins d'intervention humaine.

Opter pour des valeurs écologiques implique inévitablement un choix pour de « grandes zones naturelles ininterrompues » (Oloff & Piersma 2010).

En ce qui concerne le potentiel de développement de la nature dans la région côtière et dans le territoire concerné par l'étude en particulier, il est également important d'être conscient de la situation unique de la région en comparaison à l'arrière-pays (De Raeve 1991). Cela vaut sur base de la constellation abiotique et de son évolution historique et des récents développements.

Les environnements côtiers sont rares par définition en raison de l'étroite bande où ils sont présents à la frontière entre la mer et la terre et se caractérisent par des circonstances particulières (climatologiques et en termes de substrat). Ils sont donc irremplaçables dans une grande mesure (ailleurs à l'intérieur du pays). Le renforcement des processus écologiques et de la biodiversité liés au littoral est essentiel pour cette politique de conservation de la nature.

Du point de vue historique aussi, la région côtière occupe une position très distincte :

- la sédimentation du substrat actuel s'est faite alors que l'homme était déjà présent dans la région et fut probablement influencée par l'homme également ;

- le potentiel abiotique du développement de la biodiversité maximale et la durabilité optimale ne coïncident pas nécessairement avec les zones d'utilisation des terres traditionnellement les plus extensives. À cet égard, les zones de transition mer-plage-dune, dune-polder et rivière-zone de marées-dunes offrent plus d'opportunités. Il s'agit également des zones où l'influence de la force du vent, de la marée, de la tempête, des courants d'eau souterraine à grande échelle, etc., peut être utilisée pour le développement de la nature.

La combinaison d'une grande pression socio-économique et de la surface limitée de la région côtière a conduit, surtout au siècle dernier, à un déséquilibre dans l'aménagement du territoire et l'urbanisation et à une dégradation de l'infrastructure écologique.

Une approche transfrontalière du caractère naturel du territoire concerné par l'étude constitue une opportunité, du fait de la grandeur d'échelle et des différences culturelles subtiles, de renouveler la perspective des possibilités de développement de la nature dans le but de renforcer et de valoriser le territoire concerné par l'étude comme point chaud de biodiversité.

Dans la perspective de ce qui précède, 2 lignes directrices se dessinent clairement en matière de politique de la nature dans le territoire concerné par l'étude:

- renforcement de la structure de la nature : vers des complexes plus grands mieux reliés avec une plus forte contribution des processus naturels
- gestion et développement de la nature comme stratégie afin de conserver la biodiversité présente dans les zones cruciales et de la restaurer si possible. Cela revient essentiellement à valoriser les pools de gènes/réservoirs génétiques.

5.2.2. Objectifs stratégiques

- **La côte comme hotspot de biodiversité**
 - Gestion de la nature en fonction de la conservation/optimisation
- La côte comme patrimoine (paysage) historique et culturel
 - Patrimoine comme moyen de jonction (l'homme et son paysage : écologie historique)
- La côte comme pôle d'attraction touristique-récréatif
 - Utilisation conjointe durable sur base d'un moteur écologique
- La côte comme fournisseur de services d'écosystème

5.3. La côte comme point chaud de biodiversité

(lignes d'action à développer davantage dans le chapitre 6)

5.3.1. Optimisation de la structure de la nature au profit de la biodiversité

Opter pour des valeurs écologiques implique inévitablement un choix pour de « grandes zones naturelles ininterrompues » (Piersma & Olf 2010). Le renforcement de la structure de la nature pour en faire un ensemble robuste **doit principalement être réalisé près de la lisière intérieure des dunes et dans le polder adjacent**. Il y a le potentiel naturel intrinsèque à cette zone et la seule possibilité fréquente de relier à nouveau écologiquement et géographiquement les sites dunaires morcelés. Ces zones peuvent également contribuer à une réorientation globale de la récréation à l'air libre au littoral. La pression récréative sur les sites dunaires est actuellement trop grande et beaucoup de formes de détente ne sont pas compatibles avec la fonction de conservation de la nature. L'extension de grands complexes dunaires et la relocalisation de certaines formes de récréation sont des actions potentielles permettant d'atténuer la pression récréative.

En réponse aux défis que le changement climatique et, pour corollaire, l'augmentation du niveau des mers, entraînent, une extension des dunes vers la mer est actuellement à l'étude dans le cadre du projet « Baies flamandes », et son successeur le projet complexe "Perspective littorale"

. La plage et la dune bordière peuvent également contribuer aux jonctions écologiques souhaitées au sein et entre les complexes de dunes.

En résumé, cela signifie en substance :

- *La valorisation des grands complexes dunaires présents en fonction de la préservation de la nature (biodiversité)*
- *La valorisation des zones de transition*
- *La valorisation des sites protégés en mer*
 - *en complément à la composante terrestre*
 - *en raison des valeurs naturelles intrinsèques (biodiversité)*

5.3.2. Sites potentiels

Le territoire concerné par l'étude doit être considérée comme 1 grand « méta-site » du point de vue écologique paysager du fait de la nature et de l'analogie au concept de métapopulation. Il s'agit d'un site dont les zones partielles distinctes sont encore en quelque sorte reliées entre elles sur le plan écologique du paysage. Le renforcement de la cohérence et de l'« échange » écologique est un critère très important de la gestion et de la politique futures de la nature dans Le territoire concerné par l'étude (voir plus loin). Les zones partielles importantes du territoire concerné par l'étude vont de l'est à l'ouest (carte 5.1a-d) :

- Lac de Tétegem
- Dune Dewulf, Parc du Vent
- Dune Marchand
- Dune du Perroquet-Westhoek-Oosthoek-Ghyvelde-Cabour.
- Houtsaegerduinen
- Noordduinen- Belvédère
- Doornpanne s.l.-Schipgat
- Ter Yde s.l.-Lenspolder-Groenendijk
- IJzermonding-Sint-Laureins
- Schuddebeurze

- Les sites en mer

Le projet FLANDRE vise tout particulièrement à optimiser les connexions écologiques entre tous les sites dunaires et la cohérence écologique entre la dune et le polder et la dune et la mer.

Les sites essentiels à cet égard sont :

1. *Le complexe transfrontalier Oosthoekduinen, Westhoek-Perroquet- dune fossile de Ghyvelde-Cabour et la zone intermédiaire ou l'« Overdekt waddenlandschap » « (plaine d'éstran (de vasières) recouvert(es) ». Il s'agit du complexe central et également le plus grand du territoire concerné par l'étude où nous ambitionnons une seule grande zone naturelle ;*
2. *Le complexe Simpelaereduinen-Belvédère et Noordduinen (Coxyde) ;*
3. *Le complexe de dunes des Schipgatduinen, Sint-André, Doornpanne, Hoge Blekker ;*
4. *Les dunes de Ter Yde et Nieuport, y compris le « Lenspolder » ;*
5. *Le complexe des « IJzermonding, Hemmepolder et des dunes de Lombardsijde ainsi que des Sint-Laureinsduinen » ;*
6. *Le complexe « Dune Dewulf (avec le Parc du vent) Dune Marchand- Lac de Téteghem- Lac des Hérons » avec respectivement les zones de transition dune-plage-mer et dune-polder.*

En outre, il y a des sites en mer, notamment dans les zones intertidales et les zones peu profondes (bancs de sable) le long de la côte. Des deux côtés de la frontière, ils sont déjà repris dans le réseau Natura 2000.

5.3.3. Aspects prioritaires généraux et lignes d'action

1. L'optimisation de la structure de la nature implique l'**acquisition** supplémentaire ciblée **de terres** et/ou la prise en gestion comme site naturel ;
2. **Supprimer le morcellement** ou **atténuer les effets** : aux endroits qui l'imposent, l'infrastructure doit être retirée ou ses effets doivent être fortement atténués : par ex. Koninklijke baan (route du littoral en Belgique) ou les chemins en bordure intérieure des dunes, fermer ou combler localement les canaux de drainage (par ex. dans le cadre de la restauration hydrologique locale) ;
3. **Aménagement écologique** des sites comme condition indispensable à la restauration de la nature ;
4. **Réflexion** avec les autres secteurs, les utilisateurs de l'espace public (par ex. en fonction de l'hydrologie, l'affectation du sol, l'agriculture, la chasse, le zonage des fonctions d'utilisation, etc.).

En outre, il est extrêmement important que l'élaboration d'un plan d'actions soit basée sur des objectifs clairs en fonction de la préservation ou de la restauration d'habitats cibles sélectionnés et/ou d'espèces prioritaires et soit envisagée dans un contexte transfrontalier (que peut-on réaliser et où). Cela exige à son tour une connaissance approfondie du biota présent, de ses exigences écologiques, du potentiel abiotique présent et de la biotique qui y est associée.

Lignes d'actions générales potentielles :

→ *attention stratégique supplémentaire aux zones de transition (acquisition, aménagement et gestion)*

→ *approche transfrontalière visant à réaliser le plus grand complexe naturel du territoire concerné par l'étude: Westhoek-Perroquet-overdekt waddenlandschap- dune fossile Ghyvelde-Cabour – transition Moeren/Les Moères (carte 5.1b)*

→ *adaptation du cadre juridico-planologique aux endroits nécessaires pour des raisons écologiques (affectation comme zone naturelle)*

5.3.4. Possibilités de développement et priorités spécifiques (SWOT) par complexe de dunes distinctif

1. Le complexe transfrontalier « Oosthoekduinen-Westhoek-Perroquet- dune fossile de Ghyvelde-Cabour- Overdekt waddenlandschap » (carte 5.1.a)

points forts	Faiblesses		Opportunités	Menaces
Grand espace géographique encore relativement cohérent (env. 1950 ha) avec des noyaux naturels (883 ha gérés par l'instance publique)	Deux noyaux de dunes fragmentés géographiquement et écologiquement + fonctionnement écologique autonome entravé (arrêt de la dynamique éolienne du sable suite à la fixation spontanée par la végétation)		Très grand potentiel naturel : - superficie - gradients et variation du milieu - richesse en espèces	Perpétuation du camping en plein du territoire dunaire et une pression une pression récréative permanente
Dunes entièrement en zone Directive habitat : ZSC FR3100474 + FR3100475 + SBZ-H BE2500001 et partiellement en zone directive « Oiseaux » : SBZ-V BE2500121 Mer peu profonde et plage : ZSC FR3100474 SBZ-H BEMNZ001 ZSC FR3102002 ZPS FR3112006 +	En pratique : Plage et bancs marins insuffisamment protégés en fonction de la nature (zones de repos et de reproduction d'oiseaux de mer et mammifères marins)		Potentiel de restauration des habitats cibles dans la dune et les zones de transition moyennant une acquisition supplémentaire de terres Potentiel de restauration des habitats cibles dans les dunes et zones de transition (dune embryonnaire, dune blanche, pannes, dunes grises, fourrés et développement de forêts)	Une pression récréative permanente
Constellation géomorphologique unique combinée à une grande zone d'espace ouverte et des transitions paysagères plus ou moins intactes	fonctionnement écologique autonome obstruée (arrêt des mouvements du sable)		Potentiel de développement de la nature dans le territoire des polders : des développements à grande échelle par travaux de terrassement (biotopes humides), aménagement de la nature (Bufo calamita, Triturus	Zone de polders en France sous la pression croissante de l'agriculture : drainage, utilisation des pesticides et engrais Espace ouvert sous la pression de l'urbanisation

			crêtats, échassiers...), accords d'utilisation, petits éléments de paysage (bocage)	
Transition dune-plage-mer intacte en France (avec des bancs de sable). Renforcement du pied de dune VI côte	Transition dune-polder à hauteur des jeunes dunes interrompue par des routes et constructions, polder morcelé par le canal et les routes		Surface considérable en propriété, gestion pouvoirs publics, notamment zone dunaire : opportunités de restauration de la nature	Le Langgeleed assure un drainage (des polders) non voulu (menace pour la restauration écologique des biotopes humides)
Transition dune-polder à hauteur de la dune fossile intacte : aménagement naturel Cabour Nord & Sud. Ghyvelde nord : zones de chasse et domaines à valeur écologique			3 voies de communication est-ouest : fonction de différenciation possible (vélo/utilisation locale >< trafic transitoire) : possibilité de défragmentation locale	Pression croissante du trafic sur les routes, pas de zonage en fonction du potentiel de la nature et de l'utilisation récréative
Réserve naturelle de l'Overdekt waddenlandschap Zwartem Hoek	Canal avec rives abruptes et renforcées + voirie proche = rupture spatiale entre les noyaux de nature et dichotomie de l'Overdekt waddenlandschap : aspect récréatif quelque peu atténué au moyen du pont		Utilisation récréative conjointe : - zonage possible - combinaison avec le développement de la nature (mares et étangs pour oiseaux marins) Activités cynégétiques sous conditions (gestion de l'habitat et plan de tir pour la chasse)	Une pression récréative permanente
Zone à espace ouvert importante allant d'est en ouest et connexions écologiques	Fragmentation par des barrières matérielles (routes & autoroute)		Canal comme corridor écologique et réseau récréatif local	Péril imminent d'isolation à cause d'urbanisation supplémentaires

2. Le complexe Noordduinen et Belvedèrduinen-Belvédère (Coxyde)- (carte 5.1.b.)

Points forts	Faiblesses	opportunités	Menaces
Zone de superficie moyenne à grande (180 ha), maillon essentiel entre les complexes dunaires n° 1 et 3 (env. 100 ha gérés par l'ANB) Point chaud de biodiversité, zone de connexion biologique (crapaud calamite, triton crêté ? ...)	Très fragmenté par la voirie, bâtiments épars + infrastructure militaire	Potentiel de restauration naturelle des habitats cibles dans la dune et les zones de transition moyennant atténuation ou cessation des influences externes + aménagement supplémentaire	Le morcellement permanent limite les processus naturels (déplacements éoliens de sable, migration d'organismes ? ...)
Dunes entièrement en zone Directive habitat : SBZ-H BE2500001 + site VEN	Beaucoup d'influences de l'environnement urbain et de la fonction agricole des polders : régime de la nappe phréatique, espèces exotiques invasives, charge en azote...	Consolidation et optimisation par réhabilitation hydrologique, consommation de phosphate Habitat supplémentaire pour le crapaud calamite, le triton crêté	La pression externe sur l'environnement (hydrologie, espèces exotiques envahissantes...) reste grande : niveau d'eau dans le polder (Langgeleed). Influence d'un noyau résidentiel (épuisement + espèces exotiques invasives)
Transition dune-polder géomorphologique et paysagère unique : zone de contact mobile	Localment une frontière brusque (nature-agriculture) par laquelle les écopotentialités restent sous-utilisées.	Dune marchant pourrait encore se déplacer plus loin si ceci n'est pas bloqué	Pression récréative locale élevée (Fluithoek, Noordduinen)

3. Le complexe de dunes des Schipgatduinen, Sint-André, Doornpanne, Hoge Blekker (carte 5.1.b)

points forts	Faiblesses	opportunités	Menaces
Zone de superficie moyenne à grande (274 ha), maillon essentiel entre les complexes dunaires n° 2 et 4 (env. 237 ha propriété/gérés par l'ANB et IWVA ?)	Considérablement fragmenté à cause de la voirie N-S et E-O et des noyaux résidentiels	Potentiel de restauration naturelle des habitats cibles dans la dune et les zones de transition moyennant atténuation ou cessation des influences internes + aménagement supplémentaire	Le morcellement permanent limite les processus naturels (déplacements éoliens de sable...)
Dunes entièrement en zone « Directive habitat » et partiellement en zone « Directive Oiseaux » : SBZ-H BE2500001 + SBZ-V) BE2500121 Westkust + site VEN	Beaucoup d'influences de l'environnement urbain et effet permanent (réduit) du captage d'eau souterraine ...	Potentiel de défragmentation ou d'atténuation par un abaissement de fonction de la voirie et suppression des revêtements routiers en dur (Route du littoral & Guldenzandstraat)	La pression externe sur l'environnement reste grande : influence d'un noyau résidentiel p.ex. épuisement des eaux + espèces exotiques invasives
Transition géomorphologique mer-plage-dune relativement intacte	Mais longueur limitée enfermée par des lieux de baignade, d'où peu de tranquillité et de possibilités de développement	Potentiel de restauration de la nature zone dune-plage si zonage suffisant (y compris mise en place d'une zone inaccessible)	Pression récréative locale élevée : Hoge Blekker, Schipgatduinen-plage
Point chaud de biodiversité + zone de connexion biologique	Morcellé considérablement à cause du présence des routes et des noyaux urbanisées	Potentiel de restauration de la nature dune blanche (dune bordière locale Schipgat)	Le morcellement permanent limite les processus naturels et la conservation des habitats dunaires spécifiques p.ex. 2120 & 2190

4. Les dunes de Ter Yde et Nieuport, y compris le « Lenspolder » (carte 5.1b)

Points forts	Faiblesses	Opportunités	Menaces
<p>site de grande superficie (571 ha), dont env. 294 ha gérés par l'ANB) Point chaud de biodiversité + zone de connexion biologique (Apium repens, Bufo calamita, Triturus cristatus...)</p>	<p>Fragmenté par la voirie et limité à l'est et à l'ouest par de grands noyaux résidentiels</p>	<p>Grand potentiel naturel :</p> <ul style="list-style-type: none"> - superficie - gradients et variation du milieu - richesse des espèces <p>→ dune blanche et prairie dunaire mésophile riche en calcaire</p> <p>→ Pas de captage d'eau souterraine – pannes humides</p>	<p>Le morcellement permanent limite les processus naturels (ensablement, migration ? ...)</p>
<p>Dunes entièrement en zone Directive habitat : SBZ-H BE2500001 + partiellement (SBZ-V) BE2500121 Westkust</p>	<p>Beaucoup d'influences de l'environnement urbain et de la fonction agricole des polders : régime des eaux souterraines, espèces exotiques invasives, charge en azote...</p>	<p>Potentiel de restauration des habitats cibles dans la dune et les zones de transition moyennant une acquisition supplémentaire de terrains, aménagement de la nature</p>	<p>La pression externe sur l'environnement (hydrologie, espèces allochtones...) reste grande : niveau d'eau dans le polder (Waterloop zonder Naam). Influence d'un noyau résidentiel p.ex. épuisement des eaux + espèces exotiques invasives</p>
<p>Séquence mer-plage-dune-polder paysagère et géomorphologique unique et relativement intacte</p>	<p>Mais limité physiquement à cause des bâtiments environnants et des routes par lesquelles les potentiels naturels ne peuvent pas toujours être développés optimaux</p>	<p>Potentiel de restauration des habitats cibles dans la dune et les zones de transition moyennant atténuation ou cessation des influences internes + aménagement supplémentaire, avec élimination des phosphates dans le sol. Habitat supplémentaire possible pour Bufo calamita, Triturus cristatus.</p>	<p>Pression récréative locale élevée : dune bordière-plage et environs séjours de vacances</p>

5. Le complexe des « IJzermonding, Hemmepolder et des dunes de Lombardsijde ainsi que des Sint-Laureinsduinen et le Schuddebeurze» (carte 5.1b)

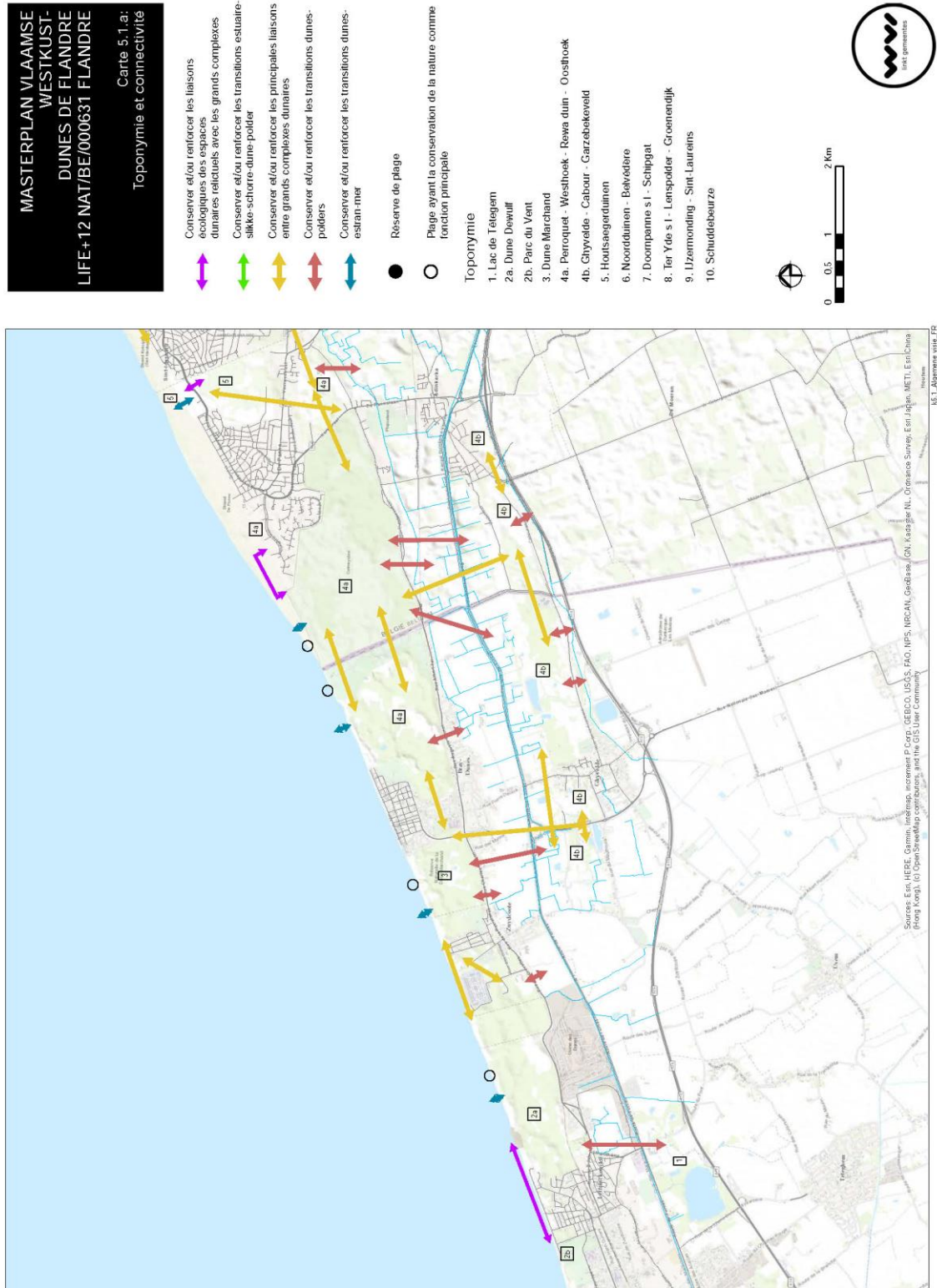
Points forts	Faiblesses	Opportunités	Menaces
<p>Site moyennement grand (env. 227 ha gérés par l'ANB, grande partie propriété de MDK-afdeling Kust)</p> <p>Dunes entièrement en zone Directive habitat et partiellement en zone Directive Oiseaux : SBZ-H BE2500001 + SBZ-V BE2500121 Westkust</p> <p>Point chaud de biodiversité (gradients : eau douce-salée, sec-humide, etc.) plus particulièrement l'embouchure de l'Yser.</p>	<p>Fragmenté par la voirie, infrastructure militaire + bâtiments épars</p>	<p>Grand potentiel naturel :</p> <ul style="list-style-type: none"> - superficie - gradients et variation du milieu - richesse des espèces <p>Consolidation et optimisation par la gestion des ressources naturelles et des mesures d'aménagement supplémentaires : par ex. vasières-prés-salés et pannes dunaires</p>	<p>Pression récréative locale élevée (zone de plage, dunes près du lieu de baignade)</p>
<p>Constellation géomorphologique et paysagère unique (mer-plage-vasière-pré-salé-site dunaire-polder)</p>	<p>Pris entre des infrastructures récréatives et militaires et pression récréative permanente</p>	<p>Expression de l'écopotentialité importante à condition d'une utilisation des terres ou des propriétés adaptés</p> <p>Zonage de loisirs pour la restauration d'un système naturel de la plage</p>	<p>Pression récréative permanente dans la zone de transition dune-plage.</p>

6. Le complexe « Dune Dewulf (avec le Parc du vent) Dune Marchand- Lac de Tétéghem- Lac des Hérons- » avec respectivement les zones de transition dune-plage-mer et dune-polder (carte 5.1a)

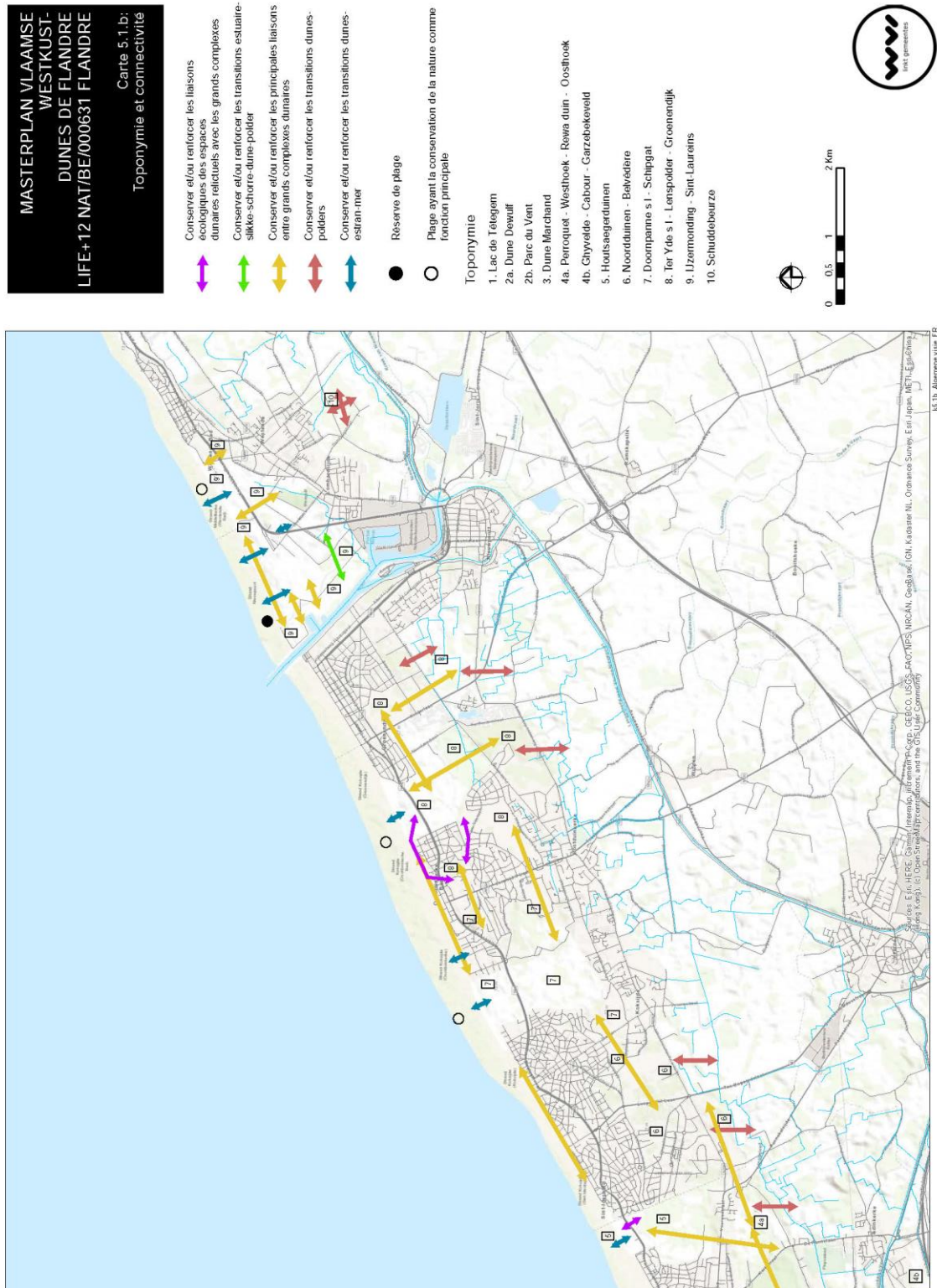
Points forts	Faiblesses	Opportunités	Menaces
<p>Grand espace géographique encore relativement cohérent avec 3 grands noyaux naturels (en tout env. 850 ha)</p> <p>Point chaud de biodiversité : habitats et espèces : bancs marins, plage-dunes- (polder)marais et étangs → ZNIEFF type 1 Dunes de Leffrinckoucke ZNIEFF type 1 Lac de Tétéghem Liparis loeselli, Bufo calamita, Triturus cristatus, Phoca vitulina</p>	<p>Deux noyaux dunaires quelque peu séparés et séparation ultérieure réelle (constructions, installations récréatives)</p>	<p>Grand potentiel naturel :</p> <ul style="list-style-type: none"> - superficie - gradients et variation du milieu - richesse des espèces 	<p>Zone de connexion potentielle entre les dunes sous la pression de développement locale et récréative</p>
<p>Dunes entièrement en zone Directive habitat : ZSC FR3100474 Eau peu profonde et plage : ZPS FR3112006</p>	<p>Zone de polder ouverte insuffisamment protégée</p>	<p>Potentiel de restauration naturelle des habitats cibles en mer, dans les dunes et zones de transition</p>	<p>Lac de Tétéghem : pas de protection en fonction de la nature : sous pression récréative et de développement autre (?)</p>
<p>Env. la moitié de la superficie déjà propriété (CL), gestion (D-59) pouvoirs publics, notamment site dunaire</p>		<p>Potentiel de développement de la nature dans la zone des polders : petits éléments du paysage, accords d'utilisation, Aménagement de la nature (Bufo calamita, Triturus cristatus)</p>	<p>Polders sous pression agricole croissante (drainage vers et via le Canal (de Furne), l'utilisation des pesticides et de l'engrais)</p>
<p>Transition dune-plage-mer intacte (avec des bancs de sable) Transition dune-polder partiellement intact</p>	<p>Plage et bancs marins insuffisamment protégés en fonction de la nature (zones de repos et de reproduction)</p>	<p>Situation de propriété et de gestion = opportunités réelles pour développer et restaurer de la nature ; Zonage des loisirs à fin de maintenir ou de restaurer une plage naturelle</p>	<p>Pression récréative permanente</p>
<p>Transition dune-polder partiellement intacte</p>	<p>Transition dune-polder interrompue par des routes et les bâtiments, polder morcelé en plus par le Canal et les routes Polder sous pression actuelle du fait de l'agriculture et de l'horticulture intensives.</p>	<p>Utilisation récréative conjointe :</p> <ul style="list-style-type: none"> - zonage possible - combinaison avec le développement de la nature (Lac de Tétéghem : oiseaux marins et marais et étangs alcalins, Lac des Hérons et environs) 	<p>Pression croissante du trafic sur les routes, pas de zonage en fonction du potentiel de la nature et de l'utilisation récréative</p>

	Espace ouvert sous la pression de l'urbanisation Une entreprise métallurgique occasionne une grande rupture paysagère et écologique		
Zone à espace ouvert importante allant d'est en ouest et connexion écologique : (mer) plage et dune bordière, dunes et polder (environs du canal)	Canal avec rives abruptes et renforcées cas entre (surtout entre les "Dune du Perroquet" et la "Dune fossile de Ghyvelde") + voirie proche = rupture spatiale entre les noyaux de nature et division du territoire polders aspect Au niveau récréatif quelque peu atténué au moyen du pont & tunnel	3 voies de communication est-ouest : fonction de différenciation possible (vélo/utilisation locale >< trafic transitoire) Canal comme corridor écologique et réseau récréatif local	Pression récréative (plage-dune côtière) et l'utilisation des terres dans les polders

Carte 5.1. a. Toponymie et connectivité (entre Dunkerque-La Panne). Le projet Flandre vise à optimiser les liaisons écologiques entre toutes les dunes et la cohérence écologique entre les dunes et polders et les dunes et la mer



Carte 5.1. b. Toponymie et connectivité (entre Coxyde - Westende). Le projet FLANDRE vise à optimiser les liaisons écologiques entre toutes les dunes et la cohérence écologique entre les dunes et polders et les dunes et la mer



5.3.5. Restauration et conservation des habitats cibles

- Natura 2000 : habitats et espèces cibles & espèces spécifiques à la côte
 - Rapprochement et développement transfrontaliers et responsabilité de choix
 - Conservation et extension d'habitats (Eu) précieux
 - Renforcement du milieu de vie d'espèces (Eu) fragiles
- Dunes FLANDRE comme maillon dans l'écosystème côtier du nord-ouest de l'Europe (voir les cartes 5.2.a-5.2.d)

A. Options de gestion avec une composante géographique explicite

5.3.5.1. Possibilités de formation de dune embryonnaire : Laisse de mer de marée haute - dunes embryonnaires (2110)

Conditions essentielles :

- Déplacements éoliens de sable;
- Alternance d'accrétion de la plage et des dunes et d'érosion ;
- Tranquillité dans au moins une partie du site (pour le Gravelot à collier interrompu caractéristique) ;
- Présence de laisse de mer organique ;

Sont indispensables pour la conservation à long terme des dunes embryonnaires : la dynamique éolienne , l'apport de sable (en valeur nette, il faut plus de sable qui se dépose qu'il n'en est emporté), laisse de mer organique (en raison des nutriments nécessaires) et inondations occasionnelles par l'eau de mer. Des circonstances favorables se présentent sur une côte sableuse en accrétion, dans des zones de plage avec alimentation (artificielle) en sable et dans des parties calmes de la côte.

À l'avenir, des opportunités supplémentaires pourraient s'offrir suite à la création de défenses côtières semi-naturelles (cf. projet Vlaamse baaien, suivi par le projet complexe "Kustvisie" ("Perspective pour le littoral")).

Dans la partie française du projet, on n'enlève plus la laisse de mer organique sur la plage devant les 3 grands sites dunaires (Dewulf, Marchand et le Perroquet), c.-à-d. dans une zone qui commence et termine systématiquement à 300 m des habitations (digue de mer). Dans ces sites, seul les déchets artificielles sont éliminés manuellement. Ailleurs, la plage est encore brossée à la machine. Côté flamand, la ligne de flot est encore enlevée mécaniquement, sauf devant les Zeebermduinen. Westhoek, les Schipgatduinen et l'Embouchure de l'Yzer: consulter à ce sujet Hannelore Maelfait ou Kathy Belpaeme

Endroits propices :

Tous les emplacements avec une zone de transition dune-plage encore intacte et suffisamment grande sont potentiellement adaptés à la préservation et/ou au développement de ce type d'habitat (carte 5.2.a-d) : la plage devant Dune Dewulf, Dune Marchand, Dune du Perroquet & Westhoek, Zeebermduinen, Schipgatduinen, IJzermonding et Sint-Laureinsduinen. En plus il y a des plages devant les digues de certaines stations balnéaires où des dunes embryonnaires et même bordières peuvent apparaître ou sont déjà présentes. Ces développements spontanés permettent de relier entre eux les sites dunaires qui sont séparés les uns des autres par les stations balnéaires. Mais pour permettre cela un changement de mentalité est indispensable des baigneurs, des résidents de la digue de mer et des autorités locales, qui souvent préfèrent une plage dénudée et égale et leurs vue

sur mer à des dunes végétées et même la protection que ces dunes offrent contre les inondations marines.

La mesure la plus controversée est la mise en place de zones de tranquillité (interdiction d'accès). Ceci n'est pas indispensable pour le développement spontané des dunes embryonnaires et même bordières cf développement à Heist mais la tranquillité est plutôt nécessaire pour l'(avi-)faune (P.ex. les phoques, les nicheurs de plage. Un zonage bien considéré des activités récréatives (par ex. non accessible, accès limité et accès non limité) peut également favoriser une intégration équilibrée de la fonction naturelle et récréative et du potentiel (vers un nouveau RUP de plage (Belgique) /SCOT ?).

5.3.5.2. Mobilité éolienne du sable durable: dunes blanches - dunes à oyats (2120) et formation des entrées de mer

Conditions essentielles :

- Dune bordière mobile, dunes ;
- Structure de végétation irrégulière ;
- Endroits avec sable nu entre la végétation ;
- Relief irrégulier ;
- étendue fonctionnelle optimale : à partir de dizaines d'hectares.

Pour une croissance vitale des oyats, il faut un apport régulier de sable frais sous l'effet de la dynamique des vents étant donné que l'oyat est très sensible aux agents pathogènes tels que les nématodes et les champignons qui croissent dans les sols stabilisés.

Les dunes blanches se retrouvent dans diverses constellations paysagères qui sont associées à quatre niveaux d'échelle géographique différents (De Raeve 1991) : échelle micro, méso, macro et méga et structures dunaires en parabole correspondantes. Maintenir ou restaurer la mobilité éolienne des dunes signifie, pour chacun des niveaux d'échelle au sein de la zone du projet, d'autres possibilités de choix tant en termes d'opportunités présentes que de possibilités et de restrictions. Le cadre essentiel est l'espace disponible, la situation de départ (végétation, teneur en humus, le volume de sable sec disponible (hauteur du sol par rapport à la nappe phréatique) et l'orientation (le sens des déplacements éoliens de sable est majoritairement au nord-est) (Provoost et al. 1996).

Sites propices :

Dans la zone du projet, un processus de fixation aussi bien naturel qu'artificiel des dunes est déjà en cours depuis des décennies. La recherche de sites favorables et de méthodes de gestion permettant de conserver la zone des dunes blanches représente un gros défi d'autant plus que toutes les conditions ne sont pas encore connues pour un maintien durable des processus de déplacements éoliens de sable dans la zone des dunes côtières. Une incertitude supplémentaire sont les effets du changement climatique

1. Mobilité éolienne du sable à méga-échelle (dunes mobiles)

Au sein de la zone du projet, le complexe transfrontalier dune du Perroquet-Westhoek forme probablement encore le seul site riche en opportunités (carte 5.2b) ; c'est notamment le cas pour la masse de sable (dune) qui se trouve dans la dune Perroquet près du Grenspad (« sentier frontalier »). Cependant, la route de liaison du camping « Le Perroquet » et la partie du camping située au nord (proche de la plage) ainsi que des plantations de peupliers et d'oyat sur les pentes de la dune du Perroquet constituent des obstacles importants.

Au sein du même complexe, dans le Westhoek, il y a une zone (env. 20 ha), plus ou moins centrale dans le site, qui entre en ligne de compte pour une réactivation (Cosyns et al. 2012).

2. À l'échelle macroscopique

Il s'agit de grandes structures dunaires comptant plusieurs panes. Il y a des opportunités de conservation et de réactivation à relativement grande échelle (> 1 ha, carte 5.2a-d) dans :

- Dune Dewulf : à l'est et au nord (dune bordière) du Chemin de la Batterie et éventuellement au sud-est du site (mais obstacle potentiel représenté par la D60, chemin de fer ?)
- Dune Marchand : en divers endroits dans les dunes bordières
- Le Perroquet : au sud et à l'ouest du camping municipal, dans la partie centrale au sud du site, les environs de la zone de l'ancienne entrée de mer
- De Westhoek : localement dans les dunes bordières, environs de l'entrée de mer

- Houtsaegerduinen : dune Marktlaan
- Noordduinen : partie orientale
- Hoge Blekker-Doornpanne
- Doornpanne : moitié sud-est
- Schipgatduinen : ensablement à relativement grande échelle encore quelque peu actif dans la dune bordière
- Plaatsduinen : moitié occidentale
- Ter Yde-Karthuizerduinen : différents endroits au sein d'une même structure macroparabolique
- Sint-Laureinsduinen : ensablement encore quelque peu actif çà et là

L'agreste, la Cicindèle maritime ... représentent les espèces cibles et prioritaire importantes pour ces habitats. Aux endroits mentionnés, des (méta-)populations doivent pouvoir être maintenues ou développées de manière durable.

3. Méso-échelle

Dans les structures à grande échelle déjà mentionnées au point 2, il y a également des sites où la mobilité éolienne de la dune peut être maintenu ou activé à plus petite échelle. En outre, il existe des possibilités supplémentaires dans les zones dunaires à la végétation clairsemée ou pour le moins ouverte. Dans le cadre du planning de gestion, ces zones peuvent être localisées plus précisément. L'essentielle est de toute façon maintenir ces zones ouvertes activement en les débroussaillant, en creusant localement, en les soumettant au pâturage et/ou en fauchant. Nous pensons à cet égard à une structure en mosaïque d'espaces de sable nu non-végété, de végétation d'oyats, de dune grise et de prairie dunaire sèche, de végétation basse de vallée dunaire. Des exemples de zones riches en opportunités sont : Parc Du Vent, coin sud-est de la Dune Marchand, parties au nord du site dunaire de Ghyselde-Cabour, parties du Oosthoek et des Houtsaegerduinen (est), Simliduinen, Warandeduinen...

4. Micro-échelle

Cela concerne souvent de petites surfaces de sable nu n'ayant jamais atteint le niveau de la nappe phréatique (quelques à 50 m²). Leur origine peut avoir plusieurs causes, souvent en combinaison avec les zones déjà mentionnées p.ex. dommage locale à la végétation en pietinant, perturbation par le lapin de garenne, des taches nues où les bovins se roulent... Ainsi ils peuvent apparaître n'importe où dans des endroits à végétation herbacée (dunes à oyat, dunes grises, pelouses dunaires...). Leur existence est souvent de courte durée. Leur signification écologique pour les organismes caractéristiques de dunes ouvertes et nues n'est probablement pas sans importance (corridor en pas japonais (stepping stone), biotope provisoire...).

Le petit nacré, le bembex à rostre et le criquet à ailes bleues et noires (Oedipode turquoise) représentent des espèces cibles et prioritaires importantes pour ces habitats.

Remarque : à la lumière des conséquences attendues du changement climatique, il est très difficile de déterminer le résultat de l'interaction entre les différents facteurs qui favorisent la mobilité éolienne du sable. La délimitation des zones potentiellement riches en opportunités s'explique plutôt par la présence constatée pendant ce projet de la dynamique des dunes, les volumes de sable suffisants et l'espace disponible.

5.3.5.3. Développement de végétations basses dépressions humides intradunales riches en espèces (2190)

Le type d'habitat est très varié : il concerne les eaux libres, les prairies humides, les végétations basses des marais et même les roselières qui sont présentes dans les creux de dunes. La grande variété écologique favorise le nombre élevé d'espèces caractéristiques. Il s'agit toujours d'un stade de succession relativement jeune ou d'un plagio-climax biotique sous une forme de gestion de la nature récurrente.

Conditions essentielles :

- Suffisamment d'espace pour que les espèces puissent se déplacer (« faire la navette »), c'est essentiel au maintien de la richesse en espèces ; c'est pourquoi il doit y avoir une variété suffisante au sein des pannes dunaires même et au sein du site dunaire dans son ensemble, avec des gradients qui vont idéalement des eaux libres aux dunes sèches ;
- Le maintien d'une grande variété de conditions de lieux de séjour : histoire des origines, âge, régime hydrique et teneur en calcium du sol et de l'eau de suintement. La profondeur d'eau, la structure végétale et la teneur en calcium sont déterminantes pour les différences entre les sous-types ;
- la formation de nouvelles dépressions humides intradunales (« pannes dunaires ») est indispensable : idéalement, un niveau du sol optimal peut être obtenu par voie naturelle (pulvérisation éolienne du sable) ou en creusant (par ex. après débroussaillage).

Sites propices :

Outre les pannes dunaires déjà gérées dans les différentes zones partielles, il y a encore des possibilités çà et là de restaurer et d'étendre la zone de ce type d'habitat (carte 5.2.a-d). Les vallées dunaires existantes derrière la dune bordière s'y prêtent notamment : les variations de l'eau souterraine y sont généralement limitées. Le potentiel et les futures actions de gestion doivent être planifiés sur la base d'études (de modèles) hydrologiques (installation et suivi de piézomètres). L'effet de l'élévation prévue du niveau de la mer doit être calculé. D'ailleurs, l'initiation du développement des pannes dunaires est idéalement aussi liée aux interventions qui ont pour but le maintien ou la restauration des mouvements éoliens de sable à grande échelle (voir supra).

Sites potentiels :

Côte belge : Schipgatduinen, Sint-Laureinsduinen, Zeebermduinen (?), Houtsaegerduinen (nord), Westhoek, Simliduinen
Côte française : Dune du Perroquet, Dune Marchand, Dune Dewulf

Le crapaud calamite représente une espèce symbolique importante pour ces habitats.

Remarque : il est très probable, à la lumière du changement climatique prévu, que les régimes d'eau souterraine changeront avec d'une part des fluctuations croissantes et d'autre part, on peut s'attendre globalement à une augmentation des niveaux moyens de la nappe phréatique du fait de l'élévation du niveau de la mer. Il est difficile actuellement d'évaluer les effets que cela engendrera au final. Les zones propices qui sont mentionnées ci-dessus ont surtout été sélectionnées sur base des données et avis hydrologiques et écologiques les plus récents.

5.3.5.4. Développement des marais d'arrière-dunes et des prairies de fauche (biotopes d'importance régionale)

Biotopes d'importance régionale possibles :

- Prairies humides mésothrophes – eutrophes avec des types de végétations du
 - *Lolio-Potentillion anserinae*,

- *Cynosurion crissatus*

Prairies soumises à un régime de pâturage ou à un régime mixte (fauche + pâturage)

Prairies pâturées de manière permanente (c. mai-nov), mais avec une faible charge en bétail (+/- 2 UGB/ha/an), peu ou pas fertilisées.

- Prairies mésophiles sur des sols fortement humides soumises à un régime de fauche strict (un rythme de 2 fauches/an, ou 1 fauche avec pâturage du regain)
 - Prés humides et marécageuses avec des végétations du *Calthion palustris* (formes dunaires avec des espèces des pannes humides)
- Prairies mésophiles, peu ou pas fertilisées sur des sols moyennement humides soumises à un régime de fauche strict ((un rythme de 2 fauches/an)
 - *Arrhenaterion elatioris*

On trouve également ce type de végétation sur les bords de route et dans certaines friches, mais le cortège floristique y est souvent plus simple que dans les stations typiques et fréquemment investi d'espèces rudérales. On trouve enfin une variante riche en vulpin des prés sur sol humide.

- Marais et mares avec :
 - laîche à épis pendants et roselière (en fonction des oiseaux nicheurs),
 - forêt marécageuse méso- à eutrophe ?

étendue fonctionnelle optimale : à partir de quelques hectares. La plupart des types d'habitats sont liés à un sol modérément riche en nourriture, humide-mouillé.

Préoccupations majeures à prendre en considération :

- possibilités de restauration hydrologique : étude nécessaire → décider des types cibles + aménagement de la nature (étrépage, creusage, marnage...)
- hautes teneurs en nutriments du sol ? : étude nécessaire : décider des types cibles + aménagement de la nature (extraction, excavation du sol (éventuellement en combinaison avec la restauration hydrologique), étrépage...)
- gestion définitive en fonction de ce qui précède

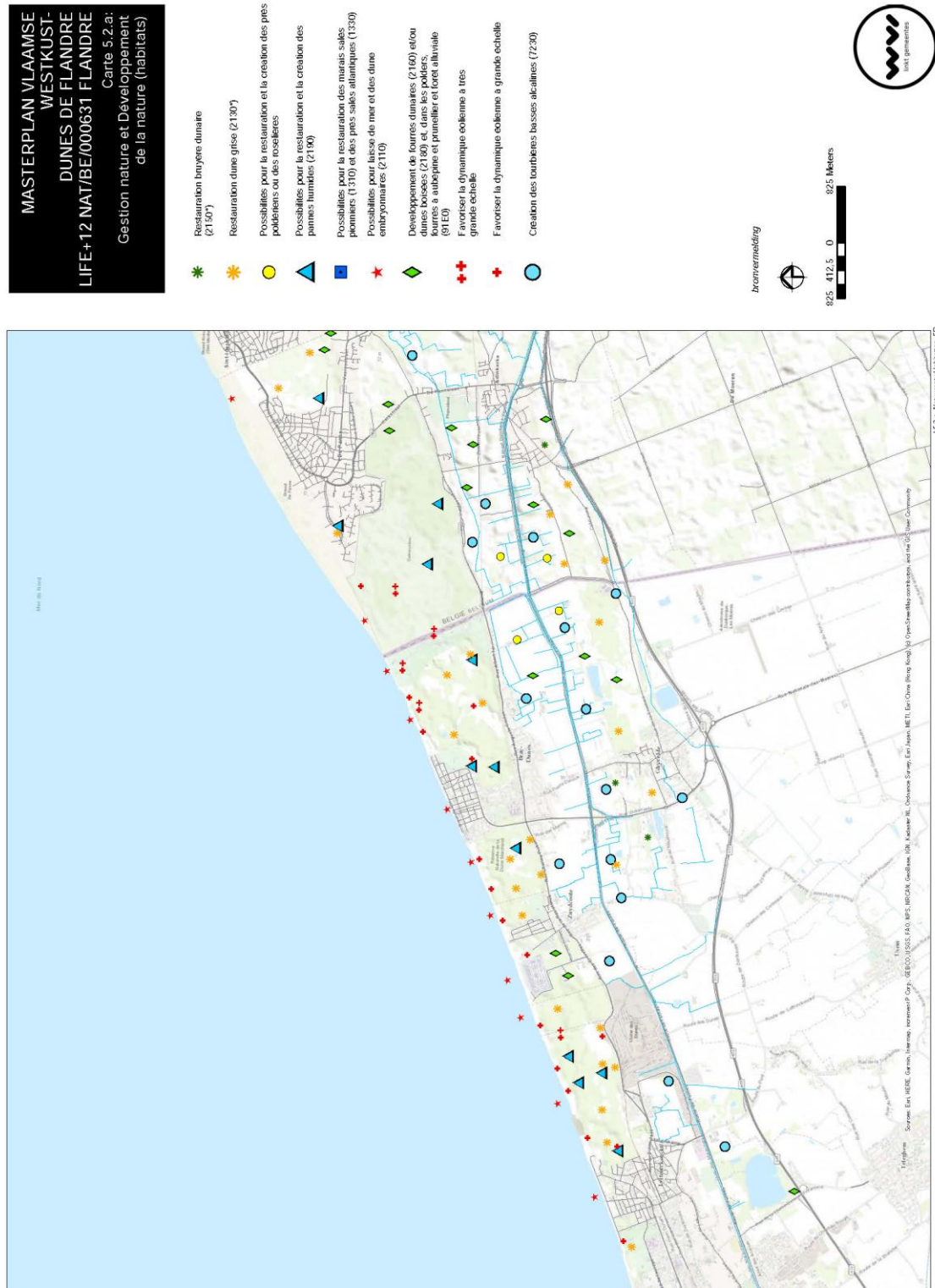
Zones propices déterminées géomorphologiquement et pédologiquement :

Côte belge : Overdekt waddenlandschap (plaine de vasière recouverte/d'estran recouvert à La Panne), zones de transition dune-polder à Coxyde et Nieuport (dans le Lenspolder: alentours du ruisseau nommé "Beek-zonder-naam").

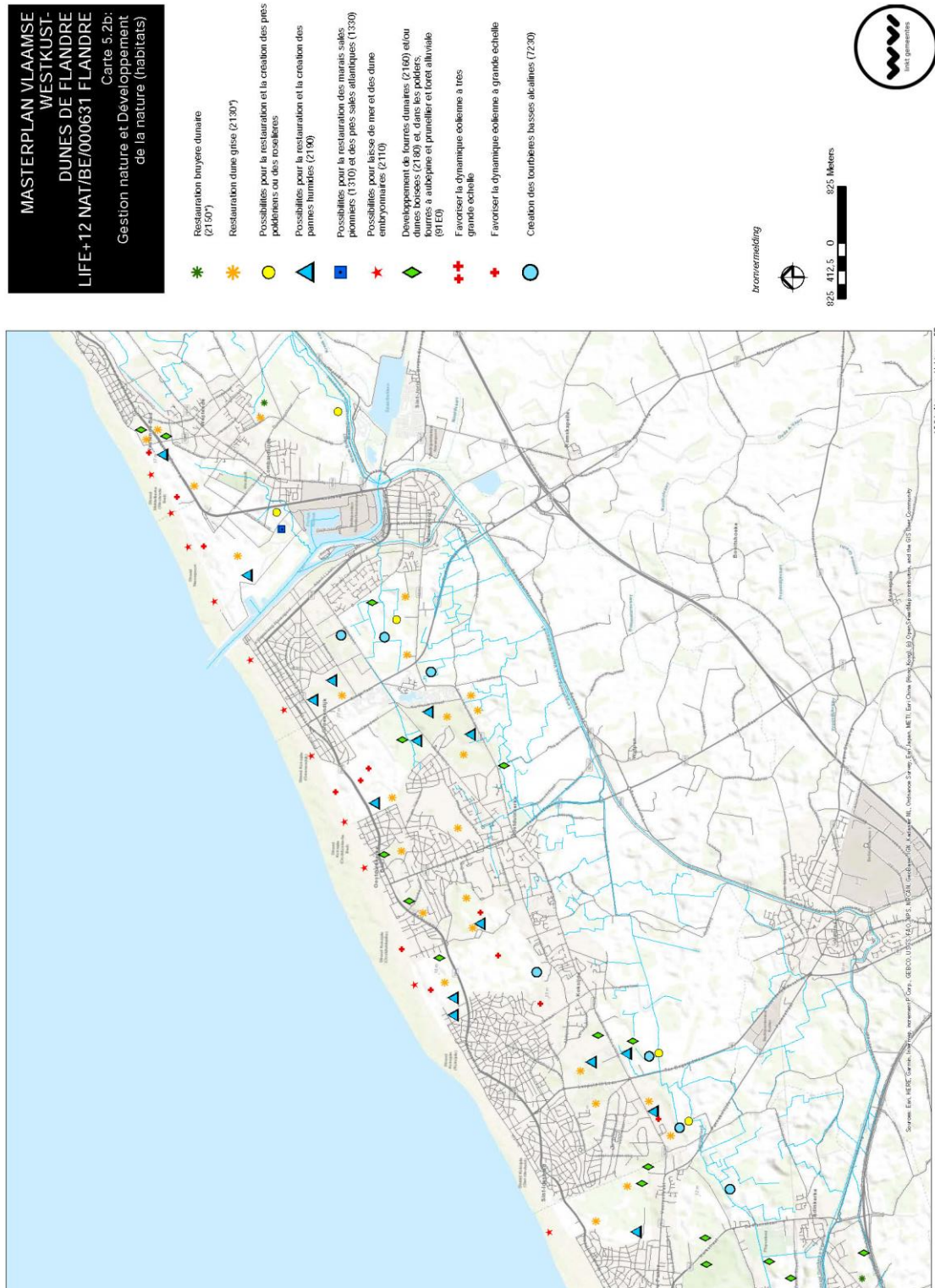
Côte française : transition sud-ouest Dune Marchand-polder, Dune Dewulf (au sud-est près de la Ferme Nord ?), entre la Dune fossile et le canal Dunkerque-Furnes.

Ces zones sont également importantes comme zone de jonction pour le triton crêté, qui représente une espèce symbolique importante (espèce de l'annexe 2 de la Directive européenne « Habitat »).

Carte 5.2.a. Vue d'ensemble des potentialités existants pour l'optimisation de la zone du projet (zone Dunkerque-La Panne) comme « hot spot » pour la conservation de la biodiversité par la gestion de la nature et le développement d'habitats européens protégés.



Carte 5.2.b. Vue d'ensemble des potentialités existants pour l'optimisation de la zone du projet (entre Coxyde-Westende) comme « hot spot » pour la conservation de la biodiversité partim gestion de la nature et le développement d'habitats européens protégés.



B. Options de gestion avec un choix de gestion explicite

5.3.5.5. Le développement de certains types de dunes grises- pelouses dunaires (2130)

La variation écologique de ce type d'habitat est grande, ce qui est notamment lié à la teneur en calcium (dans la couche supérieure du sol) et l'épaisseur de la couche d'humus. Sur cette base, on distingue 2 sous-types essentiels dans la zone du projet.

Dunes grises (riches en calcaire), c.-à-d. les pelouses dunaires à sol calcaire, peu à pas décalcifié.

Dunes grises (pauvres en calcaire), c.-à-d. des pelouses dunaires à sols qui sont pauvres en calcaire par nature ou dont la couche supérieure est décalcifiée. C'est surtout dans ce sous-type que des lichens occupent une place importante.

La typologie est liée au facteur temps (décalcifié face aux situations calcifères) et est donc aussi partiellement liée à la structure géographique, en plus du choix de gestion explicite.

Les végétations dominées par les bryophytes naissent surtout sur le substrat où aucune formation du sol n'a encore pu se faire. Les pelouses dunaires fermées naissent en des endroits plus stables avec moins d'ensablement ou de désablement.

Conditions essentielles :

- Végétation basse (tout au plus 50 cm en moyenne) ;
- Peu ou pas de faciès d'embuissonnement (< 25 % ; ne forme pas de végétation) ;
- pâturage par les lapins (espèce typique constante) ou gestion en remplacement ou en complément (pâturage par du bétail (ongulés) ou fauchage) ;
- Présence de surface de sable nu ou de parties saupoudré de sable ;
- Apport d'eau souterraine riche en alcalins pour maintenir un sol tamponné ;
- étendue fonctionnelle optimale : à partir de dizaines d'hectares.

L'élimination des bois et fourrés aux alentours directs peut contribuer à lutter contre l'établissement des arbres et buissons à partir de semences et à augmenter la dynamique.

Sites propices :

Dans tous les sites dunaires de la zone du projet, il y a des situations relictuelles, des situations restaurées ou des possibilités de restauration ou d'expansion (carte 5.2.a-d). Les pelouses et dunes grises à situations décalcifiées sont les plus rares. La dune fossile de Ghyvelde-Cabour-Adinkerke est la plus importante pour ce type et de loin le seul lieu de croissance significatif (carte 5.2.b). Le complexe Ter Yde et le complexe de la dune du Perroquet-Westhoek sont des sites très importants pour la conservation de surfaces considérables de prairies dunaires calcifères.

5.3.5.6. Fourrés dunaires (2160)

Outre l'argousier, d'autres buissons à couverture dense peuvent également apparaître, notamment le sureau noir, le troène commun, l'aubépine à un style et le Prunellier. La diversité des espèces de fourrés et de bois a fortement augmenté au cours des précédentes décennies, mais aucune espèce de fourré ou de bois ne peut être qualifiée comme spécifique à la côte. Pourtant, les fourrés et bois contribuent à la biodiversité générale du territoire dunaire en particulier ce qui concerne les plantes vasculaires, les champignons et lichens (Bonte & Provoost, 2004).

Conditions essentielles :

- Faible part d'espèces exotiques ;
- étendue fonctionnelle optimale : à partir de quelques hectares ;
- Apport par le vent de sable riche en calcaire (prévenant l'acidification) ;
- Apport (local) de matière organique (pour l'établissement d'autres espèces de buissons).

Sites propices : tous les grands sites dunaires. Surtout les sites où les fourrés d'une certaine taille (dizaine d'ha) sont présents et peuvent se développer spontanément.

5.3.5.7. Conservation, expansion des forêts (2180)

En raison du caractère naturel ou semi-naturel exigé, le type d'habitat se limite aux bois dans lesquels la strate arborée est dominée par des espèces de feuillus indigènes ou inféodées. Un cas particulier est constitué par les bois de taillis d'ormes en lisière intérieure de dune et les bois qui sont le résultat des jardins de sous-bois d'autrefois un bel exemple dont l'ancien parc du château à Cabour. On trouvera d'autres exemples à plantes vivaces de sous-bois dans le Kerkepannebos, autour du "château" de Houtsaeger (La Panne).

On peut distinguer grosso modo quatre grandes catégories d'après la station : bois naturels ou boisements de dépressions humides intradunales, bois de dunes sèches (type riche et pauvre en calcaire), bois (de taillis) de la lisière de dune intérieure et forêts de parc. Du fait que la grande majorité du site dunaire est relativement jeune et fut utilisée intensivement jusqu'au début du vingtième siècle, il n'y a que peu d'anciennes forêts qui donnent une idée du type de végétation que l'on pourrait avoir en cas de développement non perturbé.

Conditions essentielles :

- Les espèces de feuillus indigènes (ormes, chêne, frêne, bouleau) dominent la strate arborée ;
- Part d'individus d'espèces exotiques dans la strate arborée < 25% ;
- Couverture de la flore printanière (ficaire, jacinthe des bois, dame d'onze heures et flore de vivaces (Arum d'Italie, perce-neige, violette odorante, *Doronicum*, *Helébore d'hiver*...) > 25% ;
- À l'échelle paysagère : présence d'endroits et de lisières des bois riches en espèces ;
- Présence d'anciens arbres épais vivants ou morts ;
- étendue fonctionnelle optimale : à partir de dizaines d'hectares.

Sites propices pour la poursuite du développement de forêts (carte 5.2a-d) :

Environs de la Ferme Nord et Hôpital maritime : zone de jonction Dune Dewulf-Dune Marchand Calmeynbos
Hannecart

Kerkepannebos et périphérie sud des Houtsaegerduinen

Ancien bois du parc du château Cabour

Bordure de dune intérieure Dewulf et dune Marchand, Westhoek-Krakeelduinen, Oosthoek.

Quid plaine d'estran (de vasières) recouvert(e) entre le Westhoek et Cabour et le Lenspolder ? (vu la station (en terrain poldérien) il s'agirait alors de forêts alluviales (91^e0 et non de dunes boisées (2180) ...

C. Habitats aux conditions de développement spécifiques : types de fourrés nains

5.3.5.8. Fourré de saules rampants (2170)

Ce type d'habitat succède dans la succession végétale à des végétations qui font partie des dépressions intradunales (vallées dunaires) humides (H2190). Il se développe en des endroits avec une couche de l'humus brut bas et apport d'eau souterraine.

Conditions essentielles :

L'apport de sable calcifère prévient l'acidification et favorise la conservation de ce type de végétation ;

Un rajeunissement périodique et la formation de nouvelles dépressions humides intradunales (vallées dunaires) sont nécessaires pour la conservation à long terme ;

étendue fonctionnelle optimale : à partir de centaines de m².

Sites propices :

Côtebelge : Schipgatduinen, Sint-Laureinsduinen, Zeebermduinen (?), Houtsaegerduinen (nord), Westhoek, Simlidiuinen

Côte française : Dune du Perroquet, Dune Marchand, Dune Dewulf

5.3.5.9. Bruyère dunaire (2150)

La bruyère avec la callune n'était qu'incomplètement (fragmentairement) développée dans la dune et n'occupait que quelques mètres carrés dans la Dune fossile (Chemin Brun, carte 5.2.b). Dans le Schuddebeurze (Westende, carte 5.2.d), il n'y a qu'une très petite superficie.

Sites propices : les zones pâturées (de longue durée) au sol décalcifié et pauvre en nutriments de la Dune fossile.

Du fait de la nature de la zone du projet, les sites les plus riches en opportunités pour ce type d'habitat sont très fortement limités géographiquement quoi qu'il en soit.

5.3.5.10. Transitions eau douce-salée, vasière-pré-salé

- entrées de mer (les "slufter"/brèches: voir 5.3.5.2.)

- plage verte (dans l'avenir ?) – projet Baies flamandes, suivi par le projet complexe

"Kustvisie" ("perspective pour le littoral")

- milieux d'estuaires : IJzermouning – Hemmepolder (3 scénarios de développement):

(carte5.2.d)

5.3.5.11. Plage et mer

La laisse de mer sur la plage avec ses algues échouées constitue l'unique habitat de diverses espèces d'opilions, des mouches des algues moins communes, d'espèces de scarabées et de plantes halophiles rares. Le territoire concerné par l'étude est l'une des plus importantes zones pour plantes halophiles le long de la côte belge. Les influences négatives principales sur la communauté des espèces halophiles proviennent de la récréation (fréquentation, etc.) et du nettoyage des plages, ce qui perturbe également la formation des dunes embryonnaires. La communauté animale du sol de la plage humide est riche en espèces et constitue une source nutritive essentielle pour les oiseaux (mouettes et échassiers). Les plages planes de la côte occidentale notamment constituent des zones de nourrissage importantes pour les poissons plats juvéniles, ce qui rend importante la densité des animaux invertébrés dans le sol. La zone sous-littorale est dominée par la communauté *Abra alba* – *Mysella bidentata*, la communauté animale des bas-fonds est la plus riche en espèces et individus. Des espèces importantes dans cette communauté sont les mollusques bivalves qui servent de nourriture aux poissons tels que le cabillaud et aux oiseaux marins tels que la macreuse noire. La zone préférentielle de la macreuse noire se trouve dans la zone du projet. Le remblai artificiel d'estran a un effet négatif local sur les mollusques qui n'a pas encore disparu complètement après 2-3 ans. Dans la communauté *Abra alba* – *Mysella bidentata* apparaissent également des espèces formant un habitat (ecosystem engineers) comme le ver tubicole *Lanice conchilega* et *Owenia fusiformis*. Les « récifs » dits à vers

tubicoles abritent un nombre plus élevé d'espèces que le sol (d'estran et marin) environnant. Les « récifs » assurent la stabilisation du sol et la sédimentation. Le territoire concerné par l'étude fait partie des zones présentant la meilleure disposition de l'habitat pour les récifs de vers tubicoles le long de la côte belge. Les « récifs » peuvent être endommagés ou éliminés par la pêche au chalut de fond à perche. De même, l'extraction de sable, le remblai d'estran, l'excavation et le déversement de fouilles ont un effet négatif sur les « récifs ». Dans la partie française de la zone du projet, les mêmes communautés qu'en Belgique sont présentes dans le littoral (Rolet et al. 2014) et dans le sous-littoral (Davoult et al. 1988, Prygiel et al. 1988). Objectif pour le territoire concerné par l'étude: une laisse de mer intacte, un bon développement des « récifs » biogènes et conservation des bancs de coquillages avec une biomasse élevée.

Objectifs possibles

1. La présence d'une laisse de mer non perturbée où peuvent se développer une végétation et une faune de laisse de mer riches. Le nettoyage des plages peut être limité à l'élimination des plastiques et autres déchets artificiels. L'accès peut éventuellement être zoné.
2. « Récifs » de vers tubicoles bien développés qui contribuent à la richesse des espèces et à la stabilisation du sol. Si des activités qui menacent les « récifs » sont nécessaires dans la zone du projet, comme le dragage et le déversement de matière draguée, ces activités peuvent être limitées aux parties où d'autres communautés d'animaux du sol sans « récifs » se présentent. Le déversement de matière draguée peut effectivement avoir une influence bien au-delà de la zone de déversement en raison de la turbidité accrue.
3. Bancs de coquillages avec une biomasse élevée. Si de la matière draguée doit être déversée, il vaut mieux opter pour des zones plus éloignées. Une autre restriction de la pêche peut être favorable aux mollusques.

E. Lutte contre les espèces exotiques invasives

Une grande différence entre la France et la Flandre concerne l'impact des espèces exotiques, notamment les espèces végétales. Comme les sites dunaires en Flandre sont souvent entourés de bâtiments résidentiels et de jardins, il y a beaucoup plus de colonisation par des espèces indésirables dans le système dunaire naturel (suite aux échappées de jardins). Du point de vue de l'authenticité recherchée pour les habitats cibles spécifiques à la côte, une grande attention est consacrée à la lutte contre les espèces exotiques envahissantes tels que le mahonia, le cerisier tardif, le rosier rugueux et diverses variétés de cotonéaster et de groseilliers. Ces buissons forment souvent des végétations denses qui refoulent les plantes indigènes. Vu l'ampleur du problème dans certaines zones, une approche à grande échelle nécessitant le recours à des excavatrices pour enlever les massifs de buissons exotiques est indispensable dans certaines zones. Une solution durable exige également la conscientisation des jardiniers et services des parcs et jardins face aux espèces de plantes utilisées dans les espaces verts et les jardins qui sont ou peuvent devenir envahissantes.

Quid *Bacharis* spp sur les prés salés et *Crassula helmsii* dans les marres d'eau douces et les pannes humides ?

5.3.6. Restauration, conservation et développement de populations d'espèces cibles

Vise surtout les espèces dites « espèces phares » qui représentent un type d'écotopie ou une composante importante de l'écosystème. Le crapaud calamite en est un exemple. Des mesures de protection d'espèces spécifiques sont parfois nécessaires pour satisfaire aux obligations des Directives européennes « habitat » et « oiseaux ». Natura 2000 a en effet formulé des objectifs pour différentes espèces. Plusieurs de ces espèces ont une grande dépendance aux habitats présents. C'est ainsi qu'une attention particulière est consacrée aux **amphibiens**, en l'occurrence pour le triton crêté (espèce de l'annexe II) et pour le crapaud calamite (espèce de l'annexe IV). Une centaine de plans d'eau et mares ont notamment été nettoyés ou creusés au cours des dernières décennies dans le territoire concerné par l'étude pour le triton crêté et le crapaud calamite. À part comme lieu de reproduction pour les amphibiens, ils font office des points d'eau pour les grands herbivores utilisés pour la gestion par pâturage et d'habitat pour la faune et la flore inféodées à l'eau comme les libellules et les characées. À long terme, il sera nécessaire de gérer ces plans d'eau en phases, tant dans l'espace qu'en temps, de manière à étaler géographiquement les différents stades de succession sur le site dunaire. Cela offre les meilleures garanties d'une biodiversité optimale dans les communautés aquatiques.

- *Crapaud calamite* : jeunes milieux pionniers humides – connexions possibles des complexes dunaire via la plage (surtout dans la partie française) et dans les zones de transition dune-polder (surtout en Belgique : cf. projet Oosthoek)

- *Triton crêté* : nécessité d'un réseau de mares, milieux aquatiques plutôt stabilisés ; apparemment relativement sédentaire, possibilités de migration en fonction de la densité et de l'âge du réseau de mares.

Connectivité moins évidente → chercher un renforcement de la population, surtout au sein des grands complexes dunaire. Pour la connexion des différents milieux de vie, il faudra surtout se pencher sur les zones (agricoles) de l'arrière-dune. Dans une première phase, on peut essayer de créer un réseau de mares avec un habitat terrestre adéquat (coins embroussaillés, bords de parcelles, etc.). Les axes principaux récréatifs (p.ex. voie ferrée abandonnée, bords du canal, sentier de promenade...) peuvent également jouer un rôle comme corridor s'ils sont suffisamment larges, au moins localement (+15 m). S'il n'existe plus d'autre possibilité, et après une recherche préalable approfondie, on peut prendre en considération la translocation des larves p.ex. vers les sites où l'espèce a disparue.

Un grand nombre d'**espèces de chauve-souris** sont également reprises dans l'annexe IV de la Directive habitat. Des bunkers faisant office de lieu d'hivernation ont été aménagés en divers endroits de la zone des dunes pour ce groupe d'animaux. Si elles sont conçues intelligemment, la protection et la gestion du patrimoine biologique et archéologique militaire peuvent se conjuguer parfaitement dans ce cas. L'occupation des bunkers comme lieu d'hivernation reste très faible pour l'instant.

Autres espèces de référence potentielles

- *Couleuvre* : expansion de l'espèce dans le nord-ouest de la France (population près de Dunkerque et dans la zone des polders). Se déplace surtout le long de l'eau : le canal peut être un élément de connexion important : besoin de milieux appropriés le long du canal. Le statut de cette espèce n'est pas clair (autochtone ou introduite ?).

- *Spatule blanche*, *Butor étoilé* et *busard des roseaux* : espèce symbolique pour une zone riche en mares dans l'Overdekt waddenlandschap (plaine d'estran recouvert/plaine de vasières recouvertes) et le polder. Et aussi des espèces hivernantes tels l'hibou des marais et le busard saint-martin.

- *Traquet motteux* : ouvert avec une bonne qualité de l'environnement (absence de pollution du sol ?)

Rosignol, tourterelle des bois, bouscarle de cetti, pouillot fitis, fauvette babillarde, locustelle tachetée et des espèces de passereaux nichants dans les fourrés.

Oiseaux de plage et de mer: gravelot à collier interrompu, grand gravelot, sterne naine, sterne pierregarin, sterne caugek.

Oiseaux hivernants sur les plages: bécasseau sanderling, pluvier argenté, barge rousse, bécasseau maubèche.

Oiseaux de vasières et de prés salés : avocette, chevalier gambette, huitrier pie, tadorne de belon, egrette garzette.

- Lérot et également bruant jaune : lisière de dune intérieure et paysage agricole à petite échelle.

- Escargots : pour divers milieux : sauf la grance loche et *Vertigo angustior* ou l'ambrette des sables.

Espèces prioritaires

Le chapitre 2 donnait un aperçu de ce groupe. Outre les espèces protégées par la directive européenne, on trouve aussi au niveau régional des espèces rares et spécifiques à la côte pour lesquelles Le territoire concerné par l'étude assume une responsabilité. Cette liste constitue d'une part un document d'orientation permettant de prendre des mesures spécifiques aux espèces le cas échéant et d'autre part, de tenir compte autant que possible des exigences écologiques de ces espèces dans la gestion axée sur la région (gestion des habitats). Bien évidemment, des compromis peuvent être faits, par ex. la superficie de pelouses dunaires ambiée peut être déterminée par les exigences de surface des espèces prioritaires spécifiques. Le compromis et les choix doivent se faire aussi bien au niveau de Le territoire concerné par l'étude que dans les différents complexes dunaires (que peut-on réaliser et où et est-ce suffisant pour cette espèce ?)

Voir également les espèces mentionnées précédemment : l'agreste (espèce symbolique pour les complexes de dunes à oyats semi-dynamiques), le petit nacré et le bembex à rostre pour le paysage en mosaïque ouvert de la dune à oyats, de la dune grise et des pannes dunaires.

Certaines espèces de libellules (*Leucorrhine* à gros thorax) comme espèce symbolique des plans d'eau de dunes et mares.

Le lapin est une espèce cible potentielle, car il symbolise l'écoystème des dunes grises. Le lapin joue un rôle important en tant que son nombre parfois très élevé comme brouteur naturel et creuseur de terrier. Ces deux activités contribuent à la biodiversité des dunes grises.

5.4. Services d'écosystème

5.4.1. La côte comme pôle d'attraction touristico-récréatif

En développant un bon réseau récréatif équilibré, Le territoire concerné par l'étude peut se profiler comme une zone côtière dunaire hospitalière. Dans les sites dont la vocation principale est la conservation de la nature, l'accès des activités récréatives ne peut impliquer qu'une perte minimale des valeurs naturelles. Pour commencer, Le territoire concerné par l'étude devrait se concentrer sur les nombreuses possibilités de promenade dans divers paysage de mer, de plage, de dune et de polder étendu.

L'essentiel pour concilier les souhaits récréatifs et Natura 2000 réside dans un zonage récréatif et un réseau de sentiers bien étudié dans la zone du projet, en plus des règles d'accès.

L'attention de ce chapitre est trop limitée à l'accessibilité classique pour randonneurs. Il faut commencer par une énumération des formes de récréation soi-disantes axées sur la nature dans les dunes, sur les plages et dans les polders : VTT, cavaliers, pêche, chasse, chars à voile etc..

5.4.1.1. Zonage et réseau de sentiers récréatifs

Le zonage et le réseau de sentiers sont des instruments importants pour réguler les différents flux de visiteurs (promeneurs, cyclistes, VTT-istes, cavaliers). Les différents groupes d'utilisateurs veulent utiliser la région le plus largement possible. Parallèlement, ils ont conscience que ce n'est pas possible et qu'il faut trouver un équilibre entre utilisation, qualité de l'expérience et valeurs naturelles fragiles. Le zonage et l'extension du réseau de sentiers organisés au niveau du territoire concerné par l'étude et du complexe de dunes offrent des opportunités et défis permettant de développer une région ressentie comme hospitalière. Les priorités et les actions potentielles à cet égard sont :

- Adaptation et développement suivi du réseau (transfrontalier) présent en prêtant attention :
 - aux souhaits des groupes d'utilisateurs et la raison de leurs visite
 - aux souhaits spécifiques concernant l'accessibilité pour les personnes avec des limitations physiques
 - à la séparation des flux d'utilisateurs, également pour plus de sécurité
 - au zonage dans la zone de projet et dans les différents sites dunaires
 - à la création de possibilités de connexion entre les structures d'accueil (portes)
 - à la contribution à une plus grande expérience de la nature et des paysages en élaborant un réseau intelligent et reconnaissable de sentiers, de préférence à travers ou le long des différents types de paysages, mais en évitant les emplacements ayant des espèces sensibles aux perturbations. Cela pourrait ce faire en utilisant l'ancienne voie de chemin de fer et en réaménageant les berges du canal en fonction du développement de la nature et de la récréation
 - à la création d'éléments d'expérience supplémentaires (sites picknick, points de vue,...)et la mise à disposition de points de service souverains , (par exemple les stations de recharge électriques, point de réparation vélo et de location...) qui ensemble avec l'augmentation de l'offre de pistes cyclables sécurisées et ouvertes, augmentent le confort des cyclistes
 - à une combinaison d'aménagement et d'entretien (gestion) avec gestion et offre éco-éducatives

- La pression récréative élevée sur la plage et dans les dunes constitue une priorité spécifique pour la gestion. De nombreuses espèces de paysages côtiers ouverts sont sensibles à l'excès de fréquentation et/ou des nuisances, ce qui rend souhaitable la fermeture de certaines zones au public. Une perspective et une harmonisation transfrontalière sur le plan des besoins de la conservation de la nature et des potentialités écologiques ainsi que des souhaits et des possibilités concernant la récréation sont indispensables.
- Les dunes sont également appréciées comme décor pour des formes récréatives très actives comme l'équitation ou le VTT. Certains terrains en lisière intérieure des dunes et dans les polders ayant un potentiel de développement naturel moins élevé peuvent être aménagés pour ces formes récréatives plus actives. Cela nécessite une quête plus approfondie des possibilités d'agrandir l'offre d'une façon durable ou de mieux l'organiser dans un contexte transfrontalier
- L'implantation de plusieurs portes d'accès reconnaissables et facilement accessibles et l'organisation du réseau récréatif et de l'offre d'éducation à la nature à partir de ces emplacements exigent une réflexion et une vision transfrontalière. La promotion et le facilitement de l'accessibilité de ces portes et le respect des fonctions peuvent contribuer au zonage souhaité et à la canalisation des différents groupes d'utilisateurs de ces formes récréatives.

Les conditions importantes pour ces portes sont :

- une bonne reconnaissabilité (au travers de thèmes ?)
 - de bonnes possibilités de parking attrayantes, accessibles avec une capacité suffisante pour des autobus
 - une accessibilité la plus optimale possible avec les transports en commun
 - des installations horeca qui participent comme hôte de la zone du projet
 - des installations complémentaires qui se rajoutent aux caractéristiques et curiosités de la région.
- La même chose est applicable à l'implantation et l'encadrement des accès aux différentes sous-zones : une approche bien pensée peut contribuer considérablement au zonage souhaité et aux souhaits des visiteurs sans compromettre les valeurs naturelles.
 - La canalisation du flux de trafic peut contribuer à atténuer les effets de la voirie présente sur les sites dunaires (victimes de la route, perturbation de la tranquillité, pollution etc.). Il est important de prévoir une bonne hiérarchie et une répartition des fonctions pour les routes qui se traduisent par une signalisation adaptée. À partir des axes principaux (A18, axes est-ouest et quelques axes perpendiculaires à ceux-ci), une signalisation adéquate devra mener aux portes. Aux portes, il doit y avoir une bonne intégration paysagère, non-perturbante des places de stationnement. Près des sites dunaires, le stationnement devrait être restreint et le stationnement "sauvage" découragé.

5.4.1.2. Règles d'accès dans les dunes

Principes de départ généraux :

- Les routes et sentiers accessibles existants sont toujours accessibles aux piétons. En principe, les autres formes d'utilisation sont uniquement accessibles sur les itinéraires indiqués à cet effet ;
- Dans certaines zones spécifiques, il y a une plus large accessibilité qui est indiquée spécifiquement, par exemple, zone d'errance, zone de jeu, etc.

- La plage est largement accessible aux promeneurs et baigneurs et sous conditions éventuellement aussi pour d'autres utilisateurs (cavaliers, chars à voile, pêcheurs, chasseurs...). Certaines zones mériteraient également d'être fermées d'année, à une période déterminée ou toute l'année en fonction de valeurs naturelles présentes ou prévues. Les plages peuvent être d'importance pour l'avifaune, non seulement au printemps et en été comme zones de nidification, mais aussi en automne et hiver comme zones de gagnage et de repos et comme zone de repos pour les mammifères marins (phoques)) (carte 5.1 a-b).

5.4.2. La côte comme patrimoine (paysage) historique et culturel

- Opération Grand site
- Héritage de la guerre (Mur de l'Atlantique, héritage de la Première Guerre mondiale, Opération Dynamo, etc.)
- Genèse paysagère
 - point de départ d'une vision et d'une approche transfrontalière ?

5.4.3. La côte comme fournisseur de services d'écosystème

Voir la synthèse dans le chapitre 4 (selon De Nocker et al. 2015)

6 - Plan d'action

Introduction

Au chapitre 5 ont été formulés les principaux objectifs de ce plan directeur. De manière générale, la politique et la gestion de la nature transfrontalière dans la zone du projet veulent se concentrer sur :

- Le renforcement de la structure naturelle, en créant des espaces naturels plus vastes, plus nombreux et mieux connectés, dans lesquels les processus naturels reçoivent le plus d'attention possible ;
- La gestion et le développement de la nature en tant que stratégie, afin de maintenir, et, si possible, de restaurer la biodiversité présente dans ces espaces naturels. Cela correspond principalement à valoriser des pools génétiques ;
- Des stratégies d'adaptation (transfrontalières) en relation avec les impacts climatiques à venir

Ce chapitre propose d'abord des stratégies d'adaptation possibles relatives aux changements climatiques, puis un programme d'actions pour contribuer à la réalisation des deux premiers objectifs clé de la politique de la nature dans la zone transfrontalière du projet, mentionnés ci-dessus. Le programme d'actions tient également compte des conséquences de l'augmentation des dépôts atmosphériques d'azote et des effets de la fertilisation due aux phosphates, notamment dans les zones de transition entre dunes et polders. Cela signifie que certains potentiels d'aménagement de la nature ne peuvent pas toujours être réalisés de manière raisonnable (à la fois en termes de durée de développement prévue et en termes de ressources financières - le « retour sur investissement »). Les stratégies d'adaptation portent davantage sur des recommandations qui peuvent faire partie intégrante de la future politique de la nature et, par extension, de l'aménagement du territoire concernant la région côtière. Le programme d'actions lui-même s'articule autour d'une douzaine de thèmes, chacun regroupant plusieurs sous-actions. Chaque fiche action se décompose de la façon suivante : description des objectifs de l'action, des habitats et espèces cibles, des services écosystémiques rendus et les actions à mettre en place.

6.1. Stratégies d'adaptation pour le changement climatique

Dans ce plan directeur ont déjà été mis en évidence les impacts potentiels des changements climatiques sur la biodiversité et sur les services écosystémiques côtiers (par exemple 1.2.7 et 5.1.5).

La diversité des espèces dans les dunes côtières est menacée par les changements climatiques. On s'attend à plus de sécheresse, plus de pluies abondantes et une intensité plus forte de tempêtes. Afin d'accroître la résilience des populations d'espèces et d'habitats menacés, il est donc important d'avoir des espaces naturels en bonne santé et bien connectés, mais aussi d'apprendre à les gérer « à l'épreuve du climat » (stratégie d'adaptation). Par exemple, par un étalement plus important de l'habitat le long du gradient altimétrique. Il faut en tenir compte dans la planification de la gestion des ressources naturelles. Il n'existe malheureusement pas de recettes miracles. Celles-ci devront être élaborées de manière réfléchie par des interventions et des expérimentations ambitieuses et rationnelles, mais aussi, et surtout, par un bon suivi des espèces spécifiques. C'est ce qu'on appelle une gestion par apprentissage.

Ci-après, nous voulons tracer les grandes lignes d'une politique et d'une stratégie de gestion pour la zone du projet, afin qu'à l'avenir la zone puisse continuer à fournir un certain nombre de services écosystémiques essentiels, en l'occurrence la protection côtière, et rester un 'hot spot' pour la biodiversité.

Dans ce cadre, il est important d'être conscient de la nécessité et du potentiel d'adaptation des systèmes naturels et humains aux conséquences actuelles et futures des changements climatiques.

Cinq stratégies d'adaptation importantes sont nécessaires pour la zone du projet :

1. Connecter, agrandir et renforcer les espaces naturels ;
2. Adapter la gestion de la nature et de la forêt, avec une attention particulière à l'entretien et aux calamités et au choix des espèces et de leur provenance en cas de plantation (forêt, haies...);
3. Inclure l'adaptation climatique dans l'élaboration des mesures de protection des espèces (amphibiens, espèces végétales protégées, invertébrés, oiseaux...);
4. Imbriquer la nature dans d'autres fonctions afin de créer une structure écologique de base ;
5. Étudier et surveiller l'influence des changements climatiques sur des espèces spécifiques de part et d'autre de la frontière.

6.1.1. Connecter, agrandir et renforcer les espaces naturels

Contexte

Le niveau de la mer à Ostende a augmenté en moyenne de 1,69 mm par an depuis 1927, ce qui correspond à la hausse moyenne mondiale (Willems et al., 2009). L'extrapolation de cette tendance historique aboutit, pour la côte flamande, à une élévation supplémentaire du niveau de la mer de 20 à 200 cm pour la période 1990-2100, en fonction des corrélations appliquées. Selon les recherches basées sur les modèles climatiques du GIEC, l'élévation régionale du niveau de la Mer du Nord devrait être de l'ordre de +14 à +93 cm en 2100 (Van den Eynde, 2011). Les scénarii climatiques mondiaux du GIEC prévoient que l'élévation du niveau de la mer se poursuivra au-delà de 2100, de sorte que même avec des scénarii climatiques modérés, une augmentation de 2 m ou plus ne peut être exclue à long terme (<https://klimaat.vmm.be/zeespiegelstijging>).

L'élévation du niveau de la mer fait également augmenter les niveaux d'eau les plus élevés qui surviennent pendant une onde de tempête. Cela peut conduire à une érosion côtière accrue et même à l'inondation des basses terres par la mer lorsque la digue n'est pas suffisamment résistante. Les changements climatiques augmentent donc le risque d'inondation. Dans une variante intermédiaire, on s'attend à une augmentation de 30 cm du niveau d'onde de tempête sur notre côte d'ici 2050, et de 80 cm d'ici 2100. Dans chaque scénario, la charge des vagues sur les défenses côtières et maritimes augmente considérablement, ce qui **provoque une érosion accrue de la plage et des dunes** et un **risque accru de création de brèches**. En l'absence de mesures, la superficie des dunes, des vasières et des marais salés se rétrécira, ce qui entraînera une perte directe d'habitat et, par conséquent, un déclin des populations d'espèces propres à un habitat. Conséquence naturelle de l'élévation des niveaux des eaux, les plages, dunes, vasières et prés-salés migreraient vers l'intérieur des terres. La présence de structures de protection des côtes et des berges et d'autres structures anthropiques empêche souvent cette migration (« Coastal squeeze », Pontee, 2013). D'autre part, les mêmes prés-salés et les mêmes dunes servent de défenses côtières naturelles et offrent une protection contre l'élévation du niveau de la mer et/ou des niveaux des eaux extrêmes. L'élévation du niveau de la mer étant en principe un processus graduel et régulier, les vasières et les prés-salés ont le temps de se développer avec l'élévation générale du niveau de la mer, à condition que la charge sédimentaire suffise à cet effet. La question est toutefois de savoir si l'élévation accélérée du niveau de la mer permettra aux vasières et prés-salés de suivre ce rythme de croissance.

Les deux questions clé concernant la « résilience climatique » du réseau Natura 2000 dans la zone du projet sont la **fragmentation** considérable et la **réduction de la superficie** de la plupart des zones dunaires. En raison des changements climatiques, l'adéquation d'un grand nombre de zones d'habitat actuelles de certaines espèces disparaîtra ou, au mieux, se déplacera dans l'espace. Certaines espèces disparaîtront au même titre que leurs habitats, tandis que de nouvelles espèces voudront (pourront ?) précisément s'y établir. Toutefois, dans le contexte de fragmentation actuel, la migration et l'établissement spontanés entre espaces dunaires sont exclus pour de nombreuses espèces cibles. Dans l'optique de l'adaptation aux changements climatiques, **la création de corridors entre espaces naturels est donc essentielle**. Outre la fragmentation, la taille des espaces naturels (et des populations des espèces cible) est également cruciale dans ce contexte. Une troisième question clé concerne les impacts des changements climatiques : augmentation du nombre d'EEE (Espèces Exotiques Envahissantes – en anglais *IAS* : *Invasive Alien Species*) présent dans les dunes côtières flamandes ; et dissémination spontanée favorisée des EEE perpétuant leur présence.

Connecter, agrandir et renforcer les espaces naturels en les intégrant dans un projet complexe de vision côtière (« Complex Project Kustvisie »)

Le « Complex Project Kustvisie » est basé sur un scénario extrême, avec une élévation du niveau de la mer de 300 cm à 2100. L'objectif central du « Complex Project Kustvisie » est d'améliorer la protection côtière. Cela se fera en prêtant attention aux activités et fonctions existantes, tant sur terre qu'en mer. Les solutions visant à accroître la protection côtière influenceront l'utilisation de l'espace, mais offriront également des possibilités de situation « gagnant-gagnant » tant pour des fonctions économiques (loisirs, tourisme, économie bleue, agriculture, pêche, etc.) que pour la nature et l'environnement.

La solution la plus durable pour préserver le littoral actuel au niveau des zones urbaines (y compris les vestiges intermédiaires de dunes non bâties) réside dans **une extension vers la mer de la plage et des dunes. L'élévation de la plage est nécessaire pour résister à des niveaux plus élevés d'onde de tempête et à une plus grande énergie des vagues résultant de la plus grande profondeur de la mer.** La construction de dunes est nécessaire, d'une part pour capturer le sable qui dérive vers les stations balnéaires, et d'autre part pour agir comme tampon sédimentaire dans le cycle saisonnier d'érosion et de développement des dunes. Dans le cadre du « Complex Project Kustvisie », il existe donc des possibilités d'atténuer la diminution prévue de la zone dunaire (voir 5.1.5) et de reconnecter les zones dunaires entre elles (voir les actions 1 et 2).

6.1.2. Gestion de la nature et des forêts des habitats côtiers dans des conditions climatiques changeantes

La diversité des espèces des dunes côtières est menacée par les changements climatiques ainsi que par les effets de l'eutrophisation et de l'acidification des milieux, effet dus à l'augmentation des dépôts d'azote (Provoost et al., 2018) et aux effets de la fertilisation dus aux phosphates, d'où la nécessité d'apprendre à les gérer « à l'épreuve du climat ». Ci-dessous, nous examinons ce que cela pourrait signifier pour un certain nombre de types d'habitats.

6.1.2.1. Replats boueux ou sableux exondés, dunes embryonnaires et dunes blanches à oyats

Contexte

1140 Replats boueux ou sableux exondés à marée basse (plages humides et rives de l'estuaire de l'Yser)

2110 Dunes mobiles embryonnaires

*2120 Dunes mobiles sur le cordon littoral avec *Ammophila arenaria* (dunes blanches)*

L'élévation du niveau de la mer, combinée à une fréquence plus élevée des tempêtes, entraîne un changement de la dynamique côtière et un accroissement de l'érosion.

L'érosion rend la plage plus pentue et donc plus étroite et plus humide. Cela réduit la quantité de sable susceptible d'être dispersée. Ces plages plus étroites se remarquent déjà, et on y remédie en y ajoutant du sable (exemple en Belgique). Il y aura donc des changements dans le bilan sédimentaire qui sera apporté et retiré des dunes (→ influence prévue sur la zone de jonction entre la dune et la plage).

Il n'y a pas de consensus sur les effets probables des changements climatiques sur l'habitat 2120. Les effets suivants sont attendus :

- La combinaison d'une force accrue des vents et des sécheresses prolongées (surtout en été) peut stimuler la dispersion du sable ; à l'inverse, des hivers humides et doux limitent les possibilités de pulvérisation et conduisent à la fixation de cet habitat, entre autres en raison de la germination accrue de l'oyat (voir la dune mobile dénommée « Sahara » dans le Westhoek). L'augmentation de la puissance des tempêtes et l'élévation du niveau de la mer faciliteront l'érosion des dunes, en particulier le premier cordon dunaire. Il est alors possible de déplacer le sable érodé tant vers la mer que vers l'intérieur des terres.
- Les effets des changements climatiques, en l'occurrence l'augmentation des précipitations et des dépôts d'azote, ont entraîné une fixation accrue des dunes mobiles dans la zone du projet et dans l'ensemble du Nord-Ouest de l'Europe (Arens et al., 2007 ; Provoost et al., 2011a). Il y a de fortes indications que l'augmentation des dépôts d'azote favorise la croissance et domination de graminées et donc aussi de l'oyat (Greipsson & Davy, 1997 ; Jones et al., 2004). Ces effets, qui commencent à partir de 10-20 kg d'azote/ha/an, se produisent déjà dans la zone du projet, et ce principalement dans les dunes plus intérieures (Provoost et al., 2018).

Points d'attention pour la gestion et la politique de la nature

2110 Dunes mobiles embryonnaires

2120 Dunes mobiles sur le cordon littoral avec *Ammophila arenaria* (dunes blanches)

- Les dunes mobiles sont considérées comme une composante essentielle de l'écosystème côtier et comme un habitat de choix pour des espèces spécifiques au littoral, la mobilité du sable servant de moteur pour le développement du paysage (pannes dunaires). La gestion future de la nature doit se concentrer sur la conservation et le développement qualitatif, si possible en combinaison avec de nouvelles techniques de protection côtière (voir 0.1). L'application de ces techniques sera à réaliser dans des endroits prometteurs. Elles peuvent être tirées de la gestion expérimentale, par exemple au Westhoek (via projet VEDETTE), et d'exemples développés à l'étranger. Dans le cadre du projet Interreg V VEDETTE (**V**ers une **E**co**D**estination **T**ouristique **T**ransfrontalière d'**E**xcellence / **V**oor **E**en **D**uurzaam **E**co-**T**oeristisch **T**erritorium), le dynamisme de la mobilité du sable dans une partie de l'ancien « Sahara de La Panne » sera restauré. Pour la restauration de l'habitat de type 2120 (dune blanche) et des types d'habitat associés 2190 et 2130, une partie de l'ancienne dune mobile centrale sera débroussaillée. La végétation, composée principalement d'oyats et de dunes arbustives à argousier, sera dégagée et le sol décapé jusqu'à des profondeurs spécifiques (en fonction de la vitalité des plantes et/ou des espèces présentes), avant un tamisage des éléments sableux et racinaires. Au final, environ 7 hectares seront totalement défrichés/décapés dans un premier temps et une dizaine d'hectares de dunes seront fauchés par la suite. Il est essentiel d'évaluer le suivi de l'évolution de la situation à la suite de telles interventions.

6.1.2.2. Dunes sèches avec végétation pionnière, de type prairial et de saule rampant

2130* Dunes côtières fixées à végétation herbacée (dunes grises)

(2150* Dunes fixées décalcifiées atlantiques (*Calluno-Ulicetea*))

2170 (p.p.) Fourrés bas à Saule rampant dans des dunes mobiles ou dunes prairiales sèches

Les habitats mentionnés subiront d'une part les effets des températures élevées et des sécheresses prolongées (stress hydrique), et, d'autre part, les concentrations élevées de CO₂ pouvant affecter la production de biomasse aérienne et souterraine (Fitter et al., 1999 et Niklaus et al., 2001). Fitter et al. (1999) ont montré une augmentation de la biomasse racinaire dans la végétation des prairies, qu'elle soit pauvre ou riche en espèces, lors de concentrations élevées de CO₂. Il a été démontré que le Ray-grass anglais, entre autres choses, stocke dans ses racines une grande proportion supplémentaire du carbone assimilé. Les effets conjugués entraîneront des changements dans la composition quantitative et qualitative des espèces, notamment par le biais du mécanisme de modification des relations concurrentielles, de la capacité de dispersion et des possibilités d'établissement. La proportion d'espèces graminoides dans ces végétations, en l'occurrence les graminées, va très probablement augmenter à l'avenir. Les graminées bénéficieront davantage également de l'allongement de la saison de croissance et des effets d'eutrophisation (sous l'effet d'une augmentation des dépôts d'azote) à condition d'un apport suffisant en humidité.

Alors que dans le climat actuel, le stress dû à la sécheresse apparaît principalement sur les sols sablonneux avec de faibles niveaux de la nappe phréatique, dans les scénarii climatiques prévus et en particulier dans les scénarii les plus secs, le stress dû à la sécheresse apparaîtra également sur les sols sablonneux et argileux. Dans les prairies sableuses sur sables calcaires et argile, on s'attend à un déplacement de la saison de croissance vers le printemps et à une augmentation des espèces qui aiment la sécheresse et la chaleur et qui se répandent facilement. Les réponses propres à chaque

espèce vis-à-vis des changements climatiques peuvent entraîner des changements dans la composition et la structure des espèces de la communauté prairiale (Jones, 1997 et Dreesen et al., 2015). Les espèces qui ne sont pas adaptées à ces conditions plus sèches seront plus vulnérables aux changements climatiques. Cela peut entraîner un déplacement selon un gradient altimétrique vers des endroits qui sont encore suffisamment humides pour leur développement.

Dans les prairies où la mortalité est élevée pendant les sécheresses extrêmes, il y a plus de possibilité de développement de (nouvelles) espèces. En général, les espèces graminoides semblent avoir le plus de succès pour occuper les zones devenues libres après de telles périodes de sécheresse. Une mortalité plus élevée après une sécheresse extrême a été corrélée à une plus grande richesse en espèces de graminées vivaces. Cela peut éventuellement ralentir la colonisation herbeuse nocive pour les dunes grises.

Sous l'influence des variations de température, la production semencière peut être avancée. La germination des graines peut également avoir lieu plus tôt si le sol est encore assez humide après les précipitations de l'automne et de l'hiver. L'influence des inondations printanières et du gel peut donc devenir plus importante. Pour l'instant, ces effets possibles n'ont pas été étudiés, ou seulement de manière limitée.

Dans d'autres conditions climatiques, l'équilibre entre la minéralisation et l'immobilisation des nutriments peut changer, de même que la disponibilité en azote pour les plantes (Van den Berge et al., 2011). Cela devient possible lorsque du carbone et de l'énergie supplémentaires sont libérés et peuvent être utilisés par les micro-organismes du sol. En raison de la croissance et de l'activité microbienne accrue, la demande d'azote augmente également. Les micro-organismes transforment l'azote disponible pour la plante en produits microbiens qui ne profitent plus à la plante. Dans les prairies où la disponibilité de l'azote est déjà faible, l'augmentation des concentrations de CO₂ est susceptible d'entraîner une augmentation de la production de biomasse, qui est ensuite étouffée par la pénurie d'azote (Jones, 1997). Le point de bascule auquel la pénurie d'azote se fera ressentir dépend en partie de l'ampleur des dépôts atmosphériques supplémentaires d'azote.

Les prairies dunaires présentes sur des sols contenant de l'humus sont moins sensibles au stress dû à la sécheresse. Ici, l'état nutritif du sol aura une forte influence sur le développement de la végétation. Diverses études montrent que les prairies dunaires favorisent les graminées en cas de charge azotée accrue (Kooijman et al., 1998 ; Veer, 1997). L'augmentation de la production de litière qui en résulte entraîne une plus grande accumulation de matière organique dans le sol et donc un développement plus rapide de la végétation (Jones et al., 2008). De plus, il faut aussi tenir compte de l'effet cumulatif et de l'héritage des dépôts d'azote beaucoup plus importants dans un passé récent (Plassmann et al., 2009). Dans les prairies dunaires calcaires, les effets sont quelque peu limités du fait de la limitation du phosphore. Une partie importante du phosphore n'est pas disponible pour les plantes car il est fixé sous forme de phosphate de calcium. Par contre, il y a une sensibilité aux effets de la fertilisation due à une minéralisation plus rapide de l'azote dans un environnement riche en chaux (Kooijman & Besse, 2002). Les dunes acides sont généralement beaucoup plus sensibles aux dépôts d'azote en raison du manque de chaux pouvant lier le phosphate (Kooijman et al., 1998).

Dunes décalcifiées

Le seuil critique de dépôt d'azote est partout dépassé. Ceci est en rapport avec le fait que ce (sous-) type d'habitat dans la zone dunaire est le plus sensible à l'enrichissement en azote, mais aussi aux valeurs de dépôt plus élevées, car les dunes intérieures jouxtent la zone d'agriculture intensive du polder. Ce sont principalement les prairies des sols humifères qui présentent de fortes colonisations par les graminées. Elles appartiennent aux prairies aux sables en voie de décalcification des vieux systèmes dunaires flamands (*Festuco-Galietum*) et aux prairies acidophiles dunaires. Dans les dunes

grises très maigres sur un sol presque minéral, le développement de la végétation et donc de la colonisation herbeuse est limité par le stress intense de la sécheresse estivale. Une colonisation par *Campylopus introflexus* (bryophyte exotique et invasive) peut ici se produire.

Points d'attention pour la gestion et la politique de la nature

2130 Dunes côtières fixées à végétation herbacée (dunes grises)

(2150 Dunes fixées décalcifiées atlantiques (Calluno-Ulicetea))

2170 (p.p.) Fourrés bas de saule rampant dans des dunes mobiles ou des dunes prairiales sèches
Biotopes d'importance régionale - prairies semi naturelles

- Le maintien de la qualité (composition des espèces) en
 - fournissant un gradient topographique suffisamment large sur lequel les types de prairies peuvent se développer, par exemple par l'enlèvement supplémentaire de broussailles, d'arbres et milieux nitrophiles de types friches ;
 - éliminant de la biomasse (par fauchage et/ou pâturage) : adapter le moment et la fréquence de fauchage aux nouvelles conditions de la saison de croissance prolongée, d'augmentation de la production de biomasse et des conditions phénologiques altérées (production semencière).
- Des mesures de protection du volume des eaux souterraines, qui sont également prises pour les pannes dunaires (voir ci-après), peuvent réduire le stress dû à la sécheresse et éventuellement aider à maintenir la végétation cible souhaitée.
- Un plaidoyer pour des eaux de surface de bonne qualité dans les fossés, canaux, cours d'eau... afin qu'en cas d'inondation, il n'y ait pas d'afflux indésirable d'éléments nutritifs et de substances toxiques dans les zones de transition entre dune et polder : par exemple le paysage de vasières couvert (Adinkerke), le polder de Lens (Nieuport) et le polder de Hemme (Lombardsijde). L'eau saine est également essentielle à la biodiversité des biotopes des zones humides (voir ci-après).
- La facilitation de la connexion entre parcelles de prairie pour lutter contre les problèmes de dispersion. Cela peut se faire en suivant consciemment un parcours de fauche allant d'une prairie riche en espèces à des endroits pauvres en espèces. Cet aspect doit également être pris en compte dans la gestion du pâturage.

Une concentration accrue de CO₂ a un effet fertilisant sur les cultures et la végétation, à condition que l'eau et les nutriments soient disponibles en suffisance. Un cycle accéléré du carbone dû à l'absorption accrue de CO₂ par les cultures et la végétation offre des possibilités de stockage du carbone dans les prairies, les marais (par la formation de tourbe) et les forêts. Le choix de développer ou de maintenir ces biotopes pourrait être une situation gagnant-gagnant pour la politique de la nature et du climat. Sur des sols suffisamment humides et riches en argile, le choix portera essentiellement pour le développement de prairies et de végétations de marais suite à l'absorption et à la fixation du CO₂. Dans les sols prairiaux, la fixation du carbone est largement déterminée par la texture du sol (par exemple, les sols argileux retiennent plus de carbone que les sols sableux), le climat (la température et les précipitations influencent le taux de dégradation de la matière organique dans le sol) et le type de gestion (le pâturage fixe plus de carbone que le fauchage ; malheureusement les ruminants émettent du méthane, un gaz à effet de serre).

- étrépage : le sable nu constitue un élément essentiel de l'habitat de la faune caractéristique dans les dunes grises et des prairies dunaires sèches. La promotion de la dispersion à petite

échelle est importante pour la restauration des prairies dunaires sèches (Kooijman et al., 2005). Cela peut se faire en étripant des secteurs de manière ciblée, par exemple dans des complexes de prairies de moindre valeur. Si suffisamment de sable minéral est mis à nu lors de l'étripage, sur lequel les vents d'ouest dominants peuvent mobiliser le substrat, des fossés dérivants caractéristiques peuvent se former et, en raison de leur forme spécifique, rester mobiles et évolués relativement longtemps. Même en y mettant des grands ruminants, des zones de sable nu mobile sont souvent créées. Les animaux ont tendance à prendre des bains de sable à des endroits fixes, endroits qui s'érodent à un niveau tel qu'ils permettent une dispersion du sable.

- L'augmentation de la fréquence de fauche et de la pression du pâturage peut contrecarrer l'enrichissement net et la succession accélérée des végétations par les dépôts d'azote. Comme dans la plupart des types d'habitats herbacés, l'augmentation de la production de biomasse due à l'enrichissement en azote est l'un des principaux obstacles pour la préservation de la biodiversité dans la végétation des dunes ouvertes. Par conséquent, les mesures de gestion habituelles de fauchage et de pâturage sont très efficaces pour atténuer ces effets, tant dans les habitats dunaires herbacés secs qu'humides (Kooijman & De Haan, 1995). Les mêmes mesures sont également recommandées pour la gestion à appliquer après l'arrachage d'arbres et d'arbustes, exotiques ou non. De plus, le pâturage est une mesure appropriée pour réduire la barrière de diffusion de nombreuses espèces typiques des prairies (Milotic et al., 2017). Toutefois, l'application de ces mesures a ses limites. Une gestion trop intensive est souvent défavorable à la faune car elle gomme les micro-variations de structure de la végétation. Une pression excessive du pâturage a un effet similaire et perturbe également par sa fréquentation les organismes vivant dans le sol (Bonte & Maes, 2008). Dans les zones où la succession des végétations est trop avancée (type forêts, boisements), le pâturage ou le fauchage ne suffiront pas et il est recommandé de réduire activement la succession de végétation par le débroussaillage (voir ci-dessous), de faciliter l'installation de prairies dunaires et d'encourager de leur dispersion. En outre, une valeur ajoutée importante pour la faune peut être créée par un fauchage progressif ou un fauchage dit « sinusoïdal » (Couckuyt, 2015).
- Si la fermeture du milieu est trop étendue (broussailles et boisements), une gestion supplémentaire au débroussaillage est nécessaire pour rétablir la succession des végétations herbacées. Cette mesure peut également avoir un effet de limitation de l'azote car l'enrichissement en azote est partiellement annulé par l'évacuation des déchets verts issus du débroussaillage et parce qu'elle limite la recapture de l'azote. Cependant, la quantité d'azote qui peut être éliminée par cette mesure est beaucoup plus faible que par le fauchage et l'évacuation.

6.1.2.3. Végétations dunaires basses et humides

2170 (p.p.) Dunes humides à *Salix repens* ssp. *argentea* (*Salicion arenariae*)

2190 Dépressions intradunales humides

Contexte

Des changements dans la position du littoral peuvent également influencer la stabilité et la mobilité des dunes. Les dunes peuvent devenir plus étroites. Des ceintures dunaires plus étroites captent moins de précipitations, ce qui a des conséquences sur les nappes aquifères perchées et la composition de la nappe phréatique. La forte érosion côtière attendue repoussera un peu plus à l'intérieur des terres le bord du réservoir d'eau douce. De ce fait, les niveaux de la nappe phréatique dans la région des dunes diminueront également. D'autre part, une élévation du niveau de la mer entraînera une augmentation de la ligne des hautes eaux et donc un rapprochement des niveaux de la nappe phréatique avec la surface topographique du sol. L'élévation ou la baisse finale de ces niveaux sera déterminée par un équilibre entre les deux éléments, mais surtout par un changement des conditions météorologiques. L'objectif est toutefois de réduire ou de prévenir cette érosion, par des mesures de protection des côtes.

La modification des conditions météorologiques aura un impact direct sur le régime des eaux souterraines. Une augmentation de l'évaporation en été augmentera le déficit de précipitations, ce qui peut entraîner une baisse du niveau bas moyen des eaux souterraines. Des précipitations plus abondantes au cours de la mauvaise saison entraîneront généralement des niveaux d'eau souterrains plus élevés et donc des niveaux plus élevés de la moyenne de la hauteur maximale de la nappe phréatique.

Pour les végétations liées aux eaux souterraines, les variables hydrologiques des moyennes des niveaux minimums et maximums de la nappe phréatique de printemps sont très importantes. Si, en raison de l'augmentation de l'évapotranspiration, la moyenne du niveau minimum tombe sous les valeurs minimales requises pour la création/maintien de ces types d'habitats respectifs, cela entraîne leur disparition. Même une baisse à l'intérieur de la fourchette de valeurs peut entraîner un déclin ou une disparition en raison des effets indirects de la déshydratation (voir ci-dessus) ou d'une modification de la qualité des eaux souterraines (par exemple : si l'influence des eaux souterraines riches en bases diminue par rapport aux eaux pluviales acides et ce au niveau des racines des végétaux, voir notamment Grootjans et al, 1988 ; van der Hoek et Braakhekke, 1997).

L'augmentation de l'évapotranspiration, combinée à la modification de la distribution des précipitations, entraîne, en plus des changements dans le régime des eaux souterraines, un déficit de précipitations plus important. Ce déficit est un phénomène estival annuel récurrent et naturel dans nos régions, mais il persisterait plus longtemps et serait plus important à l'avenir. Une évapotranspiration plus élevée a pour conséquence directe des niveaux moyens de la nappe phréatique minimum encore réduits, en particulier dans les endroits où le ruissellement est faible voire inexistant. Autre effet : pendant la période d'activité physiologique des plantes, la quantité d'humidité disponible dans le sol diminuera. L'abaissement des niveaux de la nappe phréatique va de pair avec une meilleure aération du sol. Si l'environnement n'est pas trop acide, la matière organique peut se décomposer plus rapidement, en partie à cause des températures plus élevées du sol. La minéralisation de la matière organique augmente, libérant de nombreux nutriments supplémentaires, tant azotés que phosphatés. Certaines années et dans des conditions climatiques appropriées, cela peut conduire à une production de biomasse plus élevée, voire à une accélération de la fermeture des milieux (par maturation et succession des végétations).

Les changements prévus dans les régimes de précipitations et/ou d'évapotranspiration entraîneront des changements dans la composition floristique des dépressions intradunales. Dans le meilleur des cas, cela conduit à des déplacements spatiaux de ces régimes en fonction de la microtopographie locale. Une augmentation de l'amplitude de la fluctuation est particulièrement préjudiciable pour les espèces les plus sensibles, car elle s'applique à l'ensemble des dépressions et le déplacement spatial de l'espèce n'offre ici aucune solution.

Les modifications du régime des eaux souterraines sont une cause potentielle importante de la détérioration de la qualité de l'habitat des dépressions intradunales humides (type d'habitat 2190) et également, dans une moindre mesure, des dunes à Saules rampants (2170), des dunes grises (2130), des dunes à Argousiers faux-nerpruns (2160) et des dunes boisées (2180).

La plupart des espèces caractéristiques des dépressions intradunales ont besoin d'un niveau de nappe phréatique se situant entre le niveau du sol et jusqu'à moins 60 cm sous ce même niveau. Il est difficile de donner des chiffres précis sur les régimes des eaux souterraines. Chaque espèce a son propre optimum et sa propre amplitude de tolérance pour, par exemple, le niveau de la nappe phréatique de printemps, la durée d'inondation ou le niveau estival minimum de la nappe. Des différences spatiales relativement faibles dans ces variables (par ex. 10 cm dans le niveau de la nappe phréatique) peuvent déjà engendrer des différences dans la composition des espèces locales (Curelli et al., 2013). Cette variabilité, occasionnée par la microtopographie locale et les régimes des eaux souterraines, contribue à la richesse écologique des dépressions intradunales et est également nécessaire pour absorber les fluctuations naturelles des niveaux de la nappe phréatique. Pour une espèce donnée, pendant les années de fortes pluies, les sites microtopographiquement élevés permettront la survie de la population locale ; pendant les années sèches, cette survie sera assurée par les sites topographiquement bas. **Compte tenu de l'état déjà précaire du système des eaux souterraines, l'imprévisibilité de la répartition prévue des précipitations estivales et hivernales crée une grande incertitude quant aux perspectives futures des habitats dunaires tributaires des eaux souterraines.**

Les dépôts d'azote sont moins préjudiciables à la détérioration des valeurs écologiques dans les dépressions intradunales. Seules les végétations pionnières des dépressions intradunales peuvent souffrir des dépôts d'azote. Au cours de la succession, l'apport d'azote dans le sol augmente, parallèlement à l'accumulation de matière organique. Par conséquent, cet élément ne limite plus le développement de la végétation, au contraire de la proportion de formation de phosphore fortement liée au taux de chaux (Lammerts & Grootjans, 1997).

Points d'attention pour la gestion et la politique de la nature

- Maintenir et étendre un réseau durable de panes dunaires :
 - Appliquer une gestion dynamique dans la mesure du possible : saisir les opportunités de formation de nouvelles panes dunaires en permettant la mise en place de processus de dispersion de cet habitat ;
 - Favoriser l'expansion vers la mer des dunes en vue de maintenir de larges cordons dunaires et des volumes importants d'eaux souterraines (tempérant les fluctuations de niveaux prévues).
- Prendre des mesures pour protéger le volume des eaux souterraines → lutter contre les effets de drainage indésirables (par exemple, par de faibles niveaux d'eau en hiver dans les cours d'eau des polders, un drainage accéléré des eaux de pluie par les égouts, des puits filtrants lors des fondations de construction...), assurer un cordon dunaire suffisamment large....
- Le maintien de la qualité (composition des espèces) en :

- augmentant le gradient topographique (débroussaillages supplémentaires le cas échéant, éventuellement par excavation et surcreusements locaux pour approfondir le fond des pannes) ;
- éliminant la biomasse (par fauchage et/ou pâturage) : adapter le moment et la fréquence de fauchage aux nouvelles conditions (faucher éventuellement plus tard et plus souvent en fonction de ces conditions). Le fauchage et le pâturage sont des mesures de gestion appropriées pour maintenir la qualité des prairies dunaires et des dépressions intradunales humides à végétation herbacée. Si la dynamique de végétations est trop étendue (broussailles et boisements), une gestion supplémentaire de débroussaillage/déboisement est nécessaire pour rétablir la succession des végétations.
- Suivre le niveau de la nappe aquifère et les phénomènes de percolation en vue d'une éventuelle adaptation de la gestion.

6.1.2.4. Buissons et forêts dunaires

2160 Dunes à Hippophaë rhamnoides

2180 Dunes boisées des régions atlantique, continentale et boréale

2170 (p.p.) Fourrés à saules rampants

Contexte

L'augmentation de la température et de la teneur en dioxyde de carbone ainsi que l'allongement de la saison de croissance végétative stimulent la croissance des arbres. La recherche a montré qu'en raison de l'augmentation de la température et de la teneur en dioxyde de carbone, la croissance des forêts en Europe a déjà augmenté d'environ 30 % depuis les années 1960. Cependant, la hausse des températures entraîne également une augmentation de l'activité biologique dans le sol, ce qui accélère la décomposition des feuilles et autres biomasses et la production de CO₂. Actuellement, il semble que l'effet sur les processus de biodégradation dans le sol (production supplémentaire de CO₂) ait moins d'impact sur la croissance (fixation supplémentaire de CO₂). Cependant, une production plus élevée (avec la même quantité de nutriments) conduit à une dilution de l'azote dans la litière de feuilles. Ceci ralentit la décomposition engendrée par les organismes du sol. L'évolution future de ce phénomène dépendra du niveau et de la composition des dépôts atmosphériques, et, dans le cas présent, de l'azote.

L'augmentation prévue de la fréquence des tempêtes et l'augmentation de la vulnérabilité aux maladies due à un stress accru (sécheresse ou engorgement prolongé du sol) sont les principaux effets climatiques attendus sur les forêts. Au début, les dommages causés par les tempêtes peuvent encore avoir un effet bénéfique sur le rajeunissement et les variations structurelles des forêts. Les essences d'arbres pionnières peuvent en tirer profit. Les arbres âgés/anciens peuvent disparaître, de même que la faune spécialisée qui leur est associée. L'augmentation prévue des précipitations hivernales entraînera des périodes plus fréquentes et prolongées de saturation en eau dans le sol, ce qui réduira la stabilité et la résistance des arbres aux vents lors des tempêtes.

Le stress dû à la sécheresse est considéré pour les forêts comme l'un des principaux risques liés aux changements climatiques (Zebisch et al., 2005). Ce risque est maximal sur les sols à faible capacité de rétention d'eau, dont les sols sablonneux. Les conséquences de la baisse des disponibilités en eau concernent notamment le stress dû à la sécheresse et le ralentissement de la croissance végétative.

Les changements climatiques affecteront également la composition des espèces arborées dans les forêts. Avec l'augmentation de l'ampleur des changements climatiques, les espèces sensibles à la sécheresse auront plus de difficultés à se maintenir et seront remplacées par des espèces plus résistantes à celle-ci. Selon de nombreux modèles, le Hêtre commun est l'un des perdants dans presque tous les scénarii de changements climatiques (Clerckx et al., 2013).

Les habitats forestiers présentent souvent un dépôt d'azote plus élevé que les végétations basses et herbeuses (les arbres capturent davantage de dépôts secs et humides dans la cime des arbres, qui sont ensuite rincés). Les dépôts d'azote dans les zones boisées sont problématiques car ils entraînent la disparition des champignons mycorhiziens sensibles à l'azote, espèces primordiales (Ozinga et Kuyper, 2015) dans les relations d'équilibres nutritionnels. Cela est particulièrement vrai lors des transitions brutales des végétations basses vers des végétations forestières (lisières de bois, tranchées, clairières), où une forte augmentation des dépôts peut avoir lieu en raison de l'apparition de déséquilibres. Par conséquent et en particulier les 10 à 20 premiers mètres à l'intérieur du bois, les dépôts peuvent être 2 à 3 fois plus élevés qu'à l'intérieur de ce même bois (De Keersmaeker et al., 2017a). La création ou le maintien d'une canopée assez fermée, et, surtout, la création de zones tampons en périphéries immédiates, de préférence avec une transition arbustes espacés-lisière boisée s'élevant progressivement, sont des mesures efficaces pour réduire les dépôts.

Il existe encore peu de connaissances sur les effets des changements climatiques sur l'argousier et ses compagnons. Les fourrés d'argousiers sont sensibles au stress dû à la sécheresse et aux inondations. Dans les deux cas, ce fourré peut disparaître (à un rythme accéléré).

Points d'attention pour la gestion et la politique de la nature

Le développement des forêts existantes fera l'objet d'un suivi. Ce suivi et l'observation attentive aideront à maintenir la gestion forestière future à l'abri des changements climatiques. Ne pas vouloir forcément adapter la gestion en fonction des typologies de boisements trop spécifiques, mais laisser une marge d'ajustement. Exploiter les situations surprenantes qui ne manqueront pas de se présenter.

L'augmentation du vent ou le dépérissement d'arbres peut encore être considérée comme favorable en dessous d'un certain seuil car elle peut notamment contribuer au rajeunissement « naturel » de la forêt. Cette phase de rajeunissement peut entraîner une adaptation « naturelle » de la forêt aux conditions climatiques changeantes (établissement ou maintien d'autres espèces, etc.). D'autre part, une part accrue de bois mort dans la forêt peut être favorable pour la biodiversité spécifique qui s'y rapporte (xylophages, champignons, escargots, cloportes, etc.).

Lors du choix d'une extension et/ou d'un déplacement de la surface forestière dans la zone du projet, il faut tenir compte du stress de sécheresse attendu sur le sol dunaire. De ce point de vue sont préférables les endroits présentant une bonne rétention de l'humidité, par exemple les sols avec une certaine proportion d'argile et d'humus ou sous l'influence d'un niveau peu profond et peu fluctuant d'eaux souterraines.

En général, on peut dire qu'un choix varié d'essences est la meilleure option du point de vue de la biodiversité et du climat (fixation du CO₂ et répartition des risques). Les espèces locales présentant un degré élevé de résistance à la sécheresse qui peuvent être prises en compte pour le boisement sont : l'Érable champêtre, le Peuplier tremble, le Tilleul à petites feuilles, le Charme commun et, dans

une moindre mesure, le Merisier et le Bouleau verruqueux. Le Charme commun et le Tilleul à petites feuilles sont des espèces qui résistent bien aux grandes différences d'hydratation entre l'été et l'hiver. En général, les étés chauds et secs sont très bons pour le Tilleul à petites feuilles (meilleure maturation des graines). Le Tilleul à larges feuilles n'est prometteur que sur les sites riches en calcaire. Les avantages de la riche litière du tilleul sont évidents : un sous-bois fleuri et riche en espèces, une certaine protection contre les effets négatifs de la pollution atmosphérique et une restauration de la fertilité du sol. Ce dernier aspect ne semble pas insignifiant lorsque, en cas d'accumulation progressive de la litière, le lessivage et l'acidification sont latents. L'érable mérite aussi une chance raisonnable. L'espèce est moins tolérante aux niveaux de la nappe phréatique élevés en hiver. Hors de portée de l'eau souterraine, l'érable devrait bénéficier d'étés plus chauds (secs ou humides). Compte tenu de la nature dominante de l'arbre, il faut veiller à ce que les autres espèces ne soient pas étouffées (éclaircies ciblées).

La rétention et la percolation maximales de l'eau de pluie doivent être assurées dans les forêts existantes et, par extension, dans l'ensemble de la zone dunaire, afin d'éviter autant que possible l'assèchement ou d'en atténuer ses effets.

Le fauchage et le pâturage en forêt ne sont pas des mesures très efficaces pour réduire les effets des dépôts. L'évacuation de l'azote par le biais de l'évacuation de la biomasse (exploitation forestière) aura même un effet négatif sur ces écosystèmes : relativement plus de cations alcalins sont évacués que d'azote, ce qui augmente encore le déséquilibre nutritif (De Keersmaecker et al., 2017b). La réduction de la récolte de la biomasse, par contre, est une bonne mesure d'atténuation, surtout dans les types de forêts sèches sensibles à l'acidification. Les forêts dunaires sont naturellement riches en cations alcalins, mais en raison de la texture de leur sol, elles sont encore sujettes à une acidification superficielle. Cette mesure sera donc moins efficace et par conséquent moins prioritaire que pour les forêts acides et sensibles à l'acidification (H9120, H9130, H9160), mais elle peut rester importante.

6.1.2.5. Eaux libres

Contexte

Du fait de la régulation artificielle du niveau de l'eau, les canaux semblent moins sensibles aux changements climatiques. Les lacs et les eaux saumâtres sont également peu impactés, tandis que les cours d'eau, les ruisseaux, les fossés et les mares peu profondes et les grandes poches d'eau dunaire semblent au contraire les plus sensibles. La sensibilité diminue à mesure que la richesse nutritive augmente et que le risque d'assèchement diminue (Verdonschot et al., 2010 ; Besse-Lototskaya et al., 2011).

L'effet de l'augmentation prévue de la température, de l'évaporation croissante ou de l'action du vent sur les mares et les flaques d'eau dépend de la qualité de l'eau et de la gestion du niveau des eaux (Besse-Lototskaya et al., 2011). Les effets abiotiques devraient tenir compte de la sécheresse possible, des changements dans la rétention des nutriments et de l'oxygène et des fluctuations ou changements possibles de la salinité (voir ci-dessous). Les changements dans les éléments abiotiques peuvent accélérer la sédimentation et l'assèchement, accélérer la prolifération des algues ou entraîner la mort de communautés entières à la suite de fortes fluctuations de la salinité. Un déplacement spatial de l'étendue d'eau peut entraîner l'établissement d'organismes moins désirables (moustiques, mouches, etc.).

Les périodes de sécheresse peuvent affecter de nombreux groupes d'animaux qui vivent leur cycle de vie entièrement ou partiellement dans l'eau. Les sécheresses peuvent également perturber le fonctionnement écologique des biotopes humides. Les amphibiens ont besoin d'un réseau dense et varié de zones humides.

Points d'attention pour la gestion et la politique de la nature

- Préconiser et fournir des eaux de surface de bonnes qualités pour une conservation optimale de la biodiversité des biotopes des zones humides.
- Prendre des mesures pour contribuer à la rétention d'eau et à la protection de la nappe phréatique d'eau douce, par exemple en évitant les effets de drainage indésirables, en maintenant des niveaux d'eau élevés dans les cours d'eau des polders facilitant la pénétration d'eau dans le sol.
- Assurer la répartition des risques en fournissant un nombre suffisamment varié et élevé de zones humides et d'étendues d'eau et autres formations aquifères dans la zone du projet.
- Surveiller les niveaux d'eau en vue de trouver un bon équilibre entre biodiversité, rétention et qualité de l'eau.
- *Quid* de l'impact du changement climatique (augmentation des précipitations au cours du semestre hivernal, élévation du niveau de la mer, force des tempêtes...) sur la possibilité d'évacuer l'eau des cours d'eau des polders par l'estuaire de l'Yser (fermeture d'une retenue d'onde de tempête lors d'une marée de tempête) et/ou la porte éclusière du Canal exutoire à Dunkerque ?

6.1.2.6. Biotope d'importance régionale : prairies semi-naturelles, fraîches à humides

Les scénarii climatiques prévoient également des inondations plus fréquentes en raison de l'élévation des niveaux d'eau dans les cours d'eau et de la stagnation locale des eaux de pluie. Pour les prairies fraîches à humides (prairies à hautes valeurs écologiques au niveau régional telles que Lolio-Potentillion, Calthion, Alopecurion, Cynosurion), tant la fréquence, la durée que la hauteur des crues sont importantes. Une crue intense peut affecter la distribution des plantes en fonction d'un gradient de tolérance à l'inondation. Après des inondations extrêmes, les espèces moins tolérantes ont montré une propagation réduite qui peut durer plusieurs années.

L'enrichissement des eaux de surface et des boues transportées pouvant être enrichies d'éléments nutritifs, cela peut conduire dans la zone de polders à une expansion des prairies et végétations de marais fraîches à humides, plutôt riches en éléments nutritifs et hautement productives, au détriment des prairies mésotrophes et semi-naturelles. Les inondations par des eaux riches en limon favorisent les espèces concurrentielles, dans ce cas-ci les herbes sauvages et les espèces à port graminioïde (graminées, cypéracées, schoenoplectacées et juncacées), qui peuvent facilement proliférer par croissance clonale.

Lorsqu'en été le niveau d'eau dans les fossés diminue et que la nappe aquifère s'abaisse, les espèces végétales suivent le changement des facteurs environnementaux allant de pair avec un gradient altimétrique. Cependant, il existe encore beaucoup d'incertitude quant à la mesure dans laquelle des espèces végétales (et surtout lesquelles) continueront à présenter de tels modèles dans les scénarii climatiques futurs.

La quantité de carbone emprisonnée dans les prairies correspond à la différence entre i- d'une part la production primaire nette et ii- d'autre part la respiration hétérotrophe, les enlèvements de biomasse par la récolte/gestion et les changements dans l'accumulation de carbone dans le sol (Schulze et al., 2002).

Jobbágy & Jackson (2000) ont étudié plus de 2 700 profils de sols dans le monde. Ils sont arrivés à la conclusion que le carbone du sol diminuait avec l'élévation de la température et augmentait sur les sols plus argileux et avec des précipitations plus abondantes. Les effets seraient également différents selon un gradient de profondeur : les conséquences climatiques se font davantage ressentir au niveau des couches peu profondes du sol, tandis que la proportion d'argile joue un rôle plus important dans les couches plus profondes du sol.

6.1.2.7. Estuaires, vasières et prés-salés

1130 Estuaires (chenal de l'embouchure de l'Yser)

1140 Replats boueux ou sableux exondés à marée basse (rive de l'estuaire de l'Yser)

1310 Végétations pionnières annuelles à *Salicornia* et autres espèces des zones boueuses et sableuses

1320 Prés à *Spartina* (*Spartinion maritimae*)

1330 Prés-salés atlantiques (*Glauco-Puccinellietalia maritimae*) : marais salés et saumâtres, y compris la *Scirpe maritime*

Contexte

L'existence des slikkes et schorres (prés salés) est déterminée par une interaction dynamique de processus associés à l'accumulation et à l'érosion des sédiments. Le processus de sédimentation ou d'accumulation mène à la croissance verticale de l'estran et est l'un des facteurs majeurs déterminant les processus écologiques dans ces systèmes (Reed, 1989).

Les systèmes côtiers, par nature dynamique, s'autorégulent en ce qui concerne l'élévation du niveau de la mer, à condition de disposer de suffisamment de sédiments et d'espace pour se réorganiser dans le paysage. L'amplitude verticale des vasières et des prés-salés sera accrue par une augmentation probable de l'amplitude de marée. Cependant, le développement réel des vasières et des prés-salés en raison de la plus grande amplitude de marée dépend également de l'apport sédimentaire, de la dynamique des sols hydromorphes et de la topographie. Le bilan sédimentaire détermine si les habitats « se noient » ou s'ils se figent davantage par accumulation.

Afin de maintenir la superficie existante dans la zone du projet, l'expansion peut se faire sous forme de dépoldérisations et de goulots de marée (entrées de mer dans les espaces dunaires).

Les vasières et les prés-salés sont des systèmes naturellement riches en nutriments, mais l'eutrophisation croissante peut affecter les schémas de compétition sur les prés-salés. Dans les prés-salés les plus bas, les algues marines peuvent empêcher l'établissement d'espèces pionnières. Dans les prés-salés plus hauts au niveau topographique, cela peut entraîner une accélération de la végétation monotone du climax, par exemple les faciès à Chiendent du littoral (*Elymus athericus*) (Silliman & Bertness, 2004).

La dynamique d'inondation dans les vasières et les prés-salés, et les gradients qu'ils présentent, déterminent fortement les probabilités d'établissement de la faune et de la flore. Le long du gradient de salinité, les communautés sont adaptées respectivement d'une part au stress salin lié aux fluctuations de la teneur en sel causées par les marées quotidiennes et, d'autre part, par la distribution des précipitations. Les précipitations extrêmes et les pics de sécheresse associés aux changements climatiques amplifient ces effets et augmentent le stress salin. Seuls les organismes

résistants à un stress salin plus important peuvent se maintenir, de sorte que les évolutions des schémas de compétition conduisent à un appauvrissement général de la diversité.

Dans les zones côtières et les polders, la salinité risque fort d'augmenter à l'avenir. Du point de vue de la conservation de la nature, cela ne doit pas nécessairement constituer un problème. Elle peut offrir des opportunités pour le développement d'une végétation saline sur ce que l'on appelle la digue intérieure. Il est toutefois important que les conditions salines soient maintenues pendant de nombreuses années, en particulier dans les plans d'eau où les fluctuations importantes de la salinité nuisent à la biodiversité.

Points d'attention pour la gestion et la politique de la nature

Afin de maintenir la zone de vasières et des prés-salés à l'intérieur de la zone du projet, il convient de prévoir dans un premier temps la possibilité de dépolderiser le Hemmepolder à Nieuport ou de le transformer en zone à marée réduite contrôlée (voir ci-après).

De plus, des types d'habitats salins peuvent se développer sur la plage et dans les entrées de mer dunaires, mais leur superficie y sera de toute façon limitée. Les entrées de mer dunaires peuvent également rapidement s'ensabler à nouveau. Dans le polder, des types d'habitats salins peuvent également se développer à la suite d'une salinisation locale. En ce moment, ce paramètre s'observe sur une petite zone à Adinkerke. La politique locale (transfrontalière) de l'eau peut soutenir les choix de gestion dans un sens ou dans l'autre.

6.1.3. Inclure les adaptations climatiques dans l'élaboration des mesures de protection des espèces

Les changements climatiques affecteront sur différents plans les espèces et les populations de plantes et d'animaux. Les effets les mieux étudiés sont ceux de l'élévation de la température sur la phénologie et des déplacements dans l'aire de distribution. De nombreuses espèces végétales et animales ont déplacé leur aire de répartition vers le nord et/ou des zones plus élevées en réponse aux changements climatiques. En Europe, nous constatons un changement dans l'aire de répartition des **papillons**, entre autres. Cependant, cette migration ralentit dans une certaine mesure par rapport aux changements climatiques, ce qui suggère qu'ils sont incapables de suivre le rythme du changement. Par contre, les espèces vivant dans les eaux de mer plus froides (morue, aiglefin, flétan, crevette grise, etc.) migrent plus au nord. Les civelles d'anguilles sont fortement dépendantes du bon courant marin au bon moment, un facteur qui est influencé par les changements climatiques. Lorsque l'eau devient plus chaude, et donc plus acide, les civelles ont non seulement plus de difficultés à survivre, mais elles perdent aussi une partie de leur pulsion naturelle de nager continuellement. Ce facteur pourrait ainsi être le coup de grâce pour la population locale d'anguilles. L'un des facteurs qui interagit avec les changements climatiques est la fragmentation de l'habitat. Ceci est particulièrement important pour les espèces qui ont une préférence pour des habitats très spécifiques, combinée à une faible capacité de dispersion. Si l'habitat de ces espèces est très fragmenté et que les divers zones d'habitat sont éloignées les unes des autres, elles ne pourront pas remonter vers le nord au rythme du réchauffement progressif. La conclusion est que l'effet combiné des changements climatiques et de la perte d'habitat contribue à la disparition de la biodiversité : il crée des communautés biologiques comptant un nombre moins important d'espèces, dominées par des espèces largement répandues de l'habitat.

Afin de permettre les déplacements entre zones d'habitats, mais aussi de permettre aux organismes d'occuper des habitats appropriés à l'intérieur de la zone du projet, il est essentiel que la migration puisse se dérouler sans heurts, tant à l'intérieur des espaces naturels qu'entre eux. En outre, il est bien entendu nécessaire qu'il y ait une offre suffisante d'habitats appropriés. Cette offre peut être réalisée sur une zone suffisamment étendue ou en reliant entre elles de petites zones comportant trop peu d'habitat de qualité. Pour chaque espèce (cible) ou groupe d'espèces, cela nécessitera des études spécifiques. Voici un exemple des problèmes auxquels sera confrontée la gestion des amphibiens.

Pour leur reproduction, les amphibiens ont besoin de mares se réchauffant rapidement et dénuées de poissons. Toutefois, il y a des exigences spécifiques à chaque espèce qui doivent être prises en compte dans les mesures propres à ces premières. Par exemple, le Triton crêté préfère les mares partiellement ombragées proches de broussailles et de bois, tandis que le Crapaud calamite préfère les flaques d'eau peu profondes qui s'assèchent périodiquement. Des étés extrêmement humides et secs ont un impact majeur sur l'état de ces points d'eau. Durant les étés chauds et secs, il y a un risque que les eaux de reproduction deviennent sèches pendant la période critique de reproduction. La totalité des œufs et larves déposés dans ces eaux sera complètement perdue. Dans la gestion des mares, il est important que les parties les plus profondes ne constituent pas des milieux aquatiques pérennes, mais tombent à sec tous les 3 à 5 ans afin d'éviter l'établissement prolongé de prédateurs (poissons, certains coléoptères aquatiques, larves de libellules, etc.). D'ailleurs, les amphibiens ne sont pas les seuls à souffrir de ces prédateurs, mais c'est aussi le cas d'autres animaux (larves de coléoptères phytophages, jeunes poissons, etc.).

En raison des exigences en matière d'habitat, il faudra s'efforcer d'obtenir un réseau varié de mares. Sur un terrain approprié, la plupart des amphibiens peuvent se déplacer assez facilement d'une mare

à l'autre dans un rayon de 400 m. Avec cette mesure et avec la variation de profondeur requise, il est possible d'obtenir un aperçu approximatif du réseau de mares idéales au sein d'une région.

6.1.4. Imbriquer la nature dans d'autres fonctions

La zone du projet LIFE+ FLANDRE comme zone tampon climatique

Les effets des changements climatiques peuvent être atténués en créant des zones dites « de tampon climatique ». Ces zones tampons peuvent, par exemple, réduire le risque d'inondation ou atténuer les effets de la sécheresse. Les zones tampons climatiques présentent l'avantage supplémentaire d'avoir généralement une valeur naturelle élevée, améliorant ainsi le paysage et la biodiversité. Une grande partie de la zone du projet peut être utilisée à cette fin :

- Dans le cadre de la gestion actuelle de l'eau, la totalité des eaux de pluie sont souvent déversées à la mer le plus rapidement possible afin de réduire le risque d'inondation, en particulier pendant la mauvaise saison. En cas de pénurie d'eau (surtout pendant la belle saison), l'eau est fournie par d'autres zones ou la sollicitation de couches d'eaux profondes. La gestion de l'eau à l'épreuve du climat utilise le principe inverse, à savoir la rétention de l'eau lors des pics de présence. Celle-ci peut être réalisée à l'échelle régionale, dans des zones tampons climatiques conçues à cet effet. Le « paysage couvert de vasières / ou zone de pseudo-polder » entre Zuydcoote et Adinkerke et les transitions entre dunes et polders (notamment le Lenspolder à Nieuport) comportant les dépressions et plans d'eau actuels ou supplémentaires à construire sont éligibles pour cela. À plus petite échelle, les plans d'eau (canaux, cours d'eau, étangs...) peuvent être spécifiquement aménagés en leur donnant plus de place et en les reliant aux dépressions existantes ou à excaver dans le paysage. Les anciens chenaux sinueux peuvent être creusés à nouveau, etc. Dans tous ces cas, un aménagement adapté peut apporter une valeur ajoutée à la biodiversité. Cela doit s'inscrire dans le cadre d'une approche (transfrontalière) intégrée.
- **Les dunes jouent également un rôle de tampon climatique, car** le maintien d'une ceinture dunaire suffisamment large et variée est le meilleur moyen de protéger la côte et constitue également un excellent endroit pour la préservation de la biodiversité côtière spécifique. Dans la section 0.1, il a été fait référence à la situation gagnant-gagnant possible en entremêlant les objectifs de la protection côtière et de la conservation de la nature. Étant donné que diverses formes (douces) de loisirs bénéficient à de vastes zones (naturelles) variées et que de nombreuses espèces ont besoin d'un habitat suffisamment vaste, le lien ici est également évident.

6.1.5. Étudier et surveiller l'influence des changements climatiques

Les conséquences des changements climatiques appellent à un suivi attentif de la recherche et de l'observation. La mise en place d'un programme transfrontalier de surveillance bien élaboré (similaire aux programmes flamands PINK et BEK), dans lequel une attention particulière est également accordée aux effets des phénomènes météorologiques extrêmes attendus, est une condition sine qua non pour la gestion et la politique futures de la nature. En plus des observations périodiques des facteurs abiotiques et biotiques, il sera très probablement nécessaire de mener des études spécifiquement conçues pour approfondir certains aspects, par exemple la recherche de mesures de gestion et d'équipement appropriés dans des conditions différentes, etc.

6.2. Programme d'action

- 6.2.1. Rédaction d'un cadre de planification approprié
- 6.2.2. Extension vers la mer et connexion des zones dunaires entre Dunkerque et Westende
- 6.2.3. Tendre vers une gestion harmonisée transfrontalière
- 6.2.4. Réaliser un espace naturel transfrontalier continu entre La Panne-Adinkerke, Bray-Dunes et Ghyvelde - partie dune du Perroquet – Westhoek
- 6.2.5. Réaliser un espace naturel transfrontalier continu entre La Panne-Adinkerke, Bray-Dunes, Zuydcoote et Ghyvelde - partie paysage de vasières couvert / Zone de pseudo-polders
- 6.2.6. Réaliser un espace naturel transfrontalier continu entre La Panne-Adinkerke, Bray-Dunes et Ghyvelde – partie Dunes internes de Ghyvelde-Adinkerke
- 6.2.7. Optimiser les valeurs naturelles dans les espaces naturels actuels
- 6.2.8. Lutte contre les espèces invasives non endémiques
- 6.2.9. Développer la nature et le paysage dans les zones de transition entre dunes et polders
- 6.2.10. Défragmenter le paysage dunaire fragmenté, créer et optimiser les connexions écologiques paysagères
- 6.2.11. Créer une nature dunaire dans l'environnement bâti
- 6.2.12. Optimiser la fonction de connexion écologique paysagère de certaines infrastructures linéaires
- 6.2.13. Élaboration d'un cadre pour les loisirs axés sur la nature et l'éducation à la nature
- 6.2.14. Coopérer par-delà la frontière en matière de surveillance des espèces cibles
- 6.2.15. Structure d'organisation et de gestion transfrontalière

6.2.1. Rédaction d'un cadre de planification approprié

Objectif

- Élaborer un cadre de planification approprié pour la réalisation de la vision de développement de la nature dans la zone d'étude.

Programme d'action

- Établir un cadre de planification approprié. Une superposition des couches de données existantes sur les caractéristiques physiques de terrain (topographie, végétation), les cadres de politique (plans régionaux, RUP, SCOT, PLU, ZCS, VEN, etc.) et les données cadastrales peuvent faire apparaître des contradictions dans les indications cartographiques (par exemple, des affectations ou des limites différentes dans les différentes couches). Une proposition visant à corriger ces contradictions et ces utilisations obsolètes de l'espace est en cours d'élaboration. En outre, les documents de vision sont coordonnés dans la mesure du possible et des suggestions d'ajustements sont faites. Enfin, les cartes de la vision sont utilisées pour faire des propositions d'ajustements aux affectations de planification.

6.2.2. Extension vers la mer et connexion des zones dunaires entre Dunkerque et Westende

Objectif

- Préserver, et éventuellement étendre, la zone de dunes et renforcer la connexion écologique paysagère entre les dunes côtières existantes.

Compte tenu de la nécessité de trouver des réponses aux défis posés par les changements climatiques et les élévations du niveau de la mer et érosions côtières prévues qui en découlent, le « Complex Project Kustvisie / Projet complexe de la vision de la côte » étudie actuellement l'expansion des dunes vers la mer. Dans ce cadre sont envisagées de nouvelles techniques de défenses côtières (fig. 6.1). Les hauts de plages, les dunes embryonnaires et les avant-dunes, éventuellement nouvellement formées, peuvent contribuer à créer des connexions écologiques souhaitées entre les complexes dunaires. Ces nouvelles connexions naturelles robustes sont réellement nécessaires pour la future défense côtière, en tant que zones dunaires supplémentaires pour compenser les pertes dues à l'érosion côtière et en tant que corridor écologique. Certaines espèces (cibles) pourront se déplacer efficacement d'une zone dunaire à une autre via ce corridor.

Contexte et motivation

Dans le contexte de la future coopération transfrontalière, il est important et évident que la gestion des plages et des dunes côtières repose sur une vision et une stratégie communes.

Les dunes à oyats forment une protection naturelle et solide contre les ondes de tempête et les inondations marines (Provoost et al., 2014). Elles constituent une défense côtière gratuite à condition qu'il y ait du sable et qu'il y ait une supervision et une gestion permettant aux dunes de croître et de se maintenir. Ces dunes ont la capacité d'accumuler des sédiments et de renforcer ainsi leur fonction de digue maritime. Cela n'est possible

qu'avec un bilan positif de sable. Dans le cas d'une côte érosive, une digue naturelle peut avoir une certaine résilience, mais une fois la réserve de sédiments épuisée, elle n'offre plus aucune protection. L'expansion des services écosystémiques en fonction de la protection côtière nécessite une augmentation de l'approvisionnement en sédiments par un apport de sable. Cet apport entraîne une augmentation énorme du transport de sable de la plage vers le cordon dunaire. Une conséquence directe induite est la forte augmentation de la superficie de la dune embryonnaire. Un apport de sable peut prendre trois formes : i- la reconstitution de la dune, où le sable est déposé directement contre l'avant-dune et où la dune est reprofilée, ii- la reconstitution de la plage, iii- et la reconstitution de l'estran (dans ce dernier cas, on compte sur les marées pour amener le sable sur la plage). Une question cruciale qui se pose est de savoir s'il y a suffisamment de réserves de sable en mer, au large de la côte de la Mer du Nord, pour faire face à l'élévation la plus extrême du niveau de la mer.

Le long de sections étendues de la côte, on observe une tendance croissante à la fixation spontanée des dunes, un processus défavorable pour l'entretien des dunes à oyats et pour une digue de protection naturelle et sûre. Les dunes à oyats peuvent aussi s'éroder en raison d'une trop grande pression des loisirs récréatifs. La combinaison des loisirs sur la plage et du nettoyage mécanique de la plage empêche la formation de laisses de mer naturelles et donc de dunes embryonnaires. Un point de discussion dans la réalisation d'une défense côtière naturelle est la plantation de fagots servant de piège à sable sur le haut de plage ; cela génère des dunes disposées « en damier » au lieu de dunes embryonnaires d'aspect naturel. Si l'on utilise des fagots de bois vif, on peut créer des bosquets de peupliers et de saules qui modifieront le développement optimal de la végétation dunaire caractéristique en raison de la chute des feuilles et de l'ombre. Il existe encore de nombreuses lacunes dans les connaissances, dont certaines peuvent être comblées par la surveillance. Sur les plages belges, une mesure de la hauteur est effectuée annuellement, mais la présence ou l'absence de végétation n'est pas (ou plus) suivie.

- ➔ Maintenir et renforcer les défenses naturelles de la mer, à savoir le complexe « plage- laisses de mer -dunes embryonnaires-dunes à oyats », offre aux gestionnaires de la nature l'occasion non seulement d'apporter une contribution extrêmement importante à la défense côtière, mais aussi de maintenir et éventuellement d'étendre la zone dunaire et de renforcer la connexion écologique paysagère entre les zones dunaires existantes, en maintenant et optimisant les complexes plages-dunes existants et en favorisant de nouvelles protections naturelles au moyen de dunes ; en d'autres termes, il s'agit avant tout d'un plaidoyer pour la formation de dunes supplémentaires côté mer, devant la plage (digue) des stations balnéaires où il y restera encore de l'espace pour les loisirs (possibilité de prendre des bains de soleil, bars de plage, etc.).
- ➔ L'apport de sable pour les dunes côtières existantes peut contribuer à l'expansion de la zone des dunes blanches si le cordon dunaire est très dynamique. De plus, dans certaines circonstances, la dispersion peut s'étendre à l'intérieur des terres et, par exemple, entraîner la création de dunes mobiles (Arens et al., 2013).

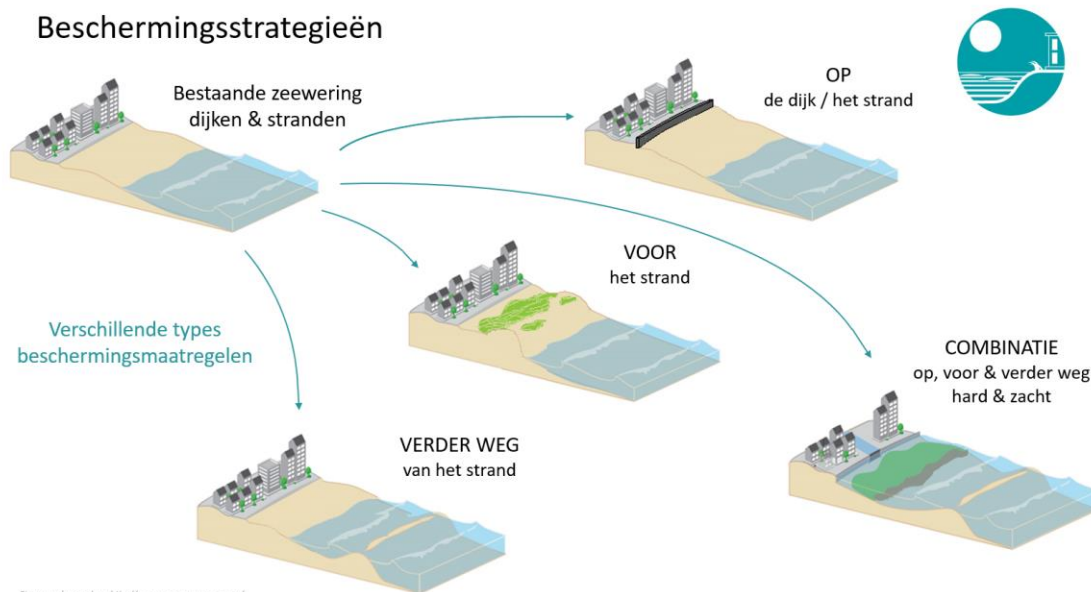


Fig. 6.1. Exemples de nouvelles techniques de défense côtière qui favorisent à la fois la sécurité côtière et la protection de la nature dunaire. Du point de vue de la protection de la nature, la formation de dunes à oyats supplémentaires devant les stations balnéaires (et éventuellement devant les zones dunaires existantes) a la préférence, à condition que ces dunes s'étendent jusqu'aux zones dunaires bordant la mer (= scénario DEVANT) (source : note de processus « Complex Project Kustvisie // Projet complexe de la vision de la côte » du 09.02.2018).

Habitats et espèces cible

Plage – laisses de mer & dunes embryonnaires - cordon dunaire (habitat UE : 2010 – 2020)

Espèces cibles : entre autres, le Gravelot à collier interrompu, le Grand gravelot, le Cochevis huppé, le Pipit farlouse, les sternes, des plantes de haut de plage telles que le Pourpier de mer, l'Arroche de Babington, la Roquette de mer (syn : Cackilier maritime), la Soude maritime, le Chou marin, la Bette maritime, etc., des espèces du cordon dunaire telles que le Panicaut maritime, le Liseron des dunes, etc., le Crapaud calamite, l'Agreste, le Criquet à ailes bleues, la Cicindèle maritime, etc., les champignons typiques du cordon dunaire.

Services écosystémiques

Défense côtière (naturelle) : ***

Biodiversité : **

Loisirs : *

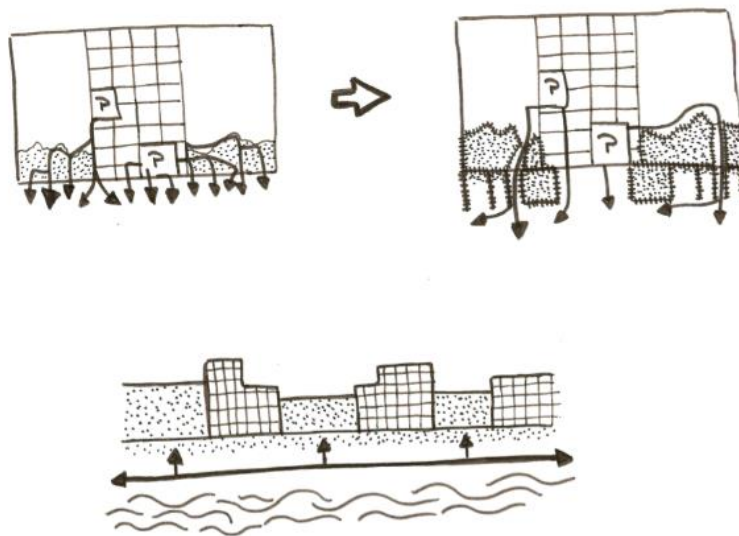
Approvisionnement en eau douce souterraine *

(service : *** extrêmement important, ** très important, * important)

Programme d'actions

- Développer une vision cohérente et transfrontalière de la défense côtière naturelle, comprenant la désignation de zones pour le développement de la nature, l'usage (partagé) récréatif, etc. ;
- Traduire la vision en un plan de mise en œuvre spatial nouveau ou adapté (RUP/PLU) ;
- Adapter et harmoniser la réglementation actuelle en matière de concessions et d'utilisation récréative de la plage aux nouvelles situations ;
- Revoir éventuellement l'utilisation et la gestion des plages (voir 6.2.2.) ;

- Élaborer des plans de gestion et optimiser la conception des nouvelles zones de dunes et de plages afin de pouvoir respecter les fonctions prévues ;
- Suivre de manière intégrée la géomorphologie, la végétation et la biodiversité en fonction de l'optimisation de la gestion du cordon dunaire axée sur la protection côtière et la biodiversité. Le projet « Complex Project Kustvisie // Projet complexe de la vision de la côte » offre un cadre approprié à cette fin.
- Limiter l'érosion des dunes embryonnaires-blanches au niveau des interstices 'dunes-habitations' par la mise en place d'accès voulus et obligatoires à la plage, notamment depuis les zones de parkings situés en front de mer.
- Faciliter les systèmes de by-pass au niveau des ouvrages portuaires bloquant la dérive littoral d'ouest en est (digue des Alliés notamment)
- Faciliter la mise en place « d'enclos touristiques » au sein des futurs nouveaux cordons dunaires au-devant des espaces de digues augmentant l'attractivité touristique du littoral tout en augmentant les connexions écologiques.



Partenaires : MDK, ANB, Conservatoire du littoral (CDL), Département, communes, SIDF etc.



Fig. 6.2. Exemple d'une extension vers la mer de la zone dunaire à hauteur d'Oostduinkerke-Bad. Idéalement, les dunes devraient également être formées et aménagées au niveau de la station balnéaire proprement dite, pour assumer la fonction de corridor écologique. Cela créera une connexion écologique potentielle entre les dunes de Schipgat (à gauche) et celles de Zeeberm (en haut à droite).



Fig. 6.3. Végétation variée (fourré dunaire d'argousier, dune sèche et calcaire riche en bryophytes, dune à oyats entre autres) de dunes nouvellement créées près de Sint-André - Oostduinkerke-Bad (appartements à l'arrière-plan)

6.2.3. Tendre vers une gestion harmonisée transfrontalière

Objectifs :

- Les gestionnaires des plages ont une vision commune, cohérente et transfrontalière de l'utilisation des plages (voir aussi 6.2.1) ;
- Définir une stratégie transfrontalière fondée sur le dialogue et la médiation, tenant compte des valeurs patrimoniales et naturelles spécifiques et des caractéristiques spécifiques liées à l'utilisation historique des plages ;
- Promouvoir la plage en tant que lieu touristique extraordinaire et en tant qu'écosystème d'une importance exceptionnelle ;
- Communiquer sur cette gestion harmonisée de la plage de part et d'autre de la frontière.

Habitats et espèces cible

Plage – laisses de mer & dunes embryonnaires - cordon dunaire (habitat UE : 2010 – 2020)

Espèces cibles : entre autres, le Gravelot à collier interrompu, le Grand gravelot, le Cochevis huppé, le Pipit farlouse, les sternes, des plantes de haut de plage telles que le Pourpier de mer, l'Arroche de Babington, la Roquette de mer (syn : Cackilier maritime), la Soude maritime, le Chou marin, la Bette maritime, etc., des espèces du cordon dunaire telles que le Panicaut maritime, le Liseron des dunes, etc., le Crapaud calamite, l'Agreste, le Criquet à ailes bleues, la Cicindèle maritime, etc., les champignons typiques du cordon dunaire.

Services écosystémiques

Défense côtière (naturelle) : ***

Biodiversité : ***

Loisirs : ***

6.2.2.1. Zonage des activités de plage

- Le zonage est nécessaire afin d'aménager de façon optimale la plage et la zone de dunes nouvellement créées, en fonction de leur importance écologique et récréative. En plus d'un écosystème unique, les plages et les dunes sont également importantes comme corridors écologiques pour certaines espèces. Des bandes dunaires suffisamment larges et parallèles à la côte sont essentielles pour assurer la fonction de corridor écologique.

Partenaires : ANB, MDK, CDL, Département, CUD, administrations communales, SIDF, concessionnaires de plage (mise en place de cabines de plage, de chaises longues, etc.)

6.2.2.2. Prévention des déchets plastiques et autres déchets inorganiques sur la plage

- Trois mesures efficaces ciblant le visiteur de la plage sont :
 - placement d'équipements,
 - communication et contrôle, et
 - entretien.

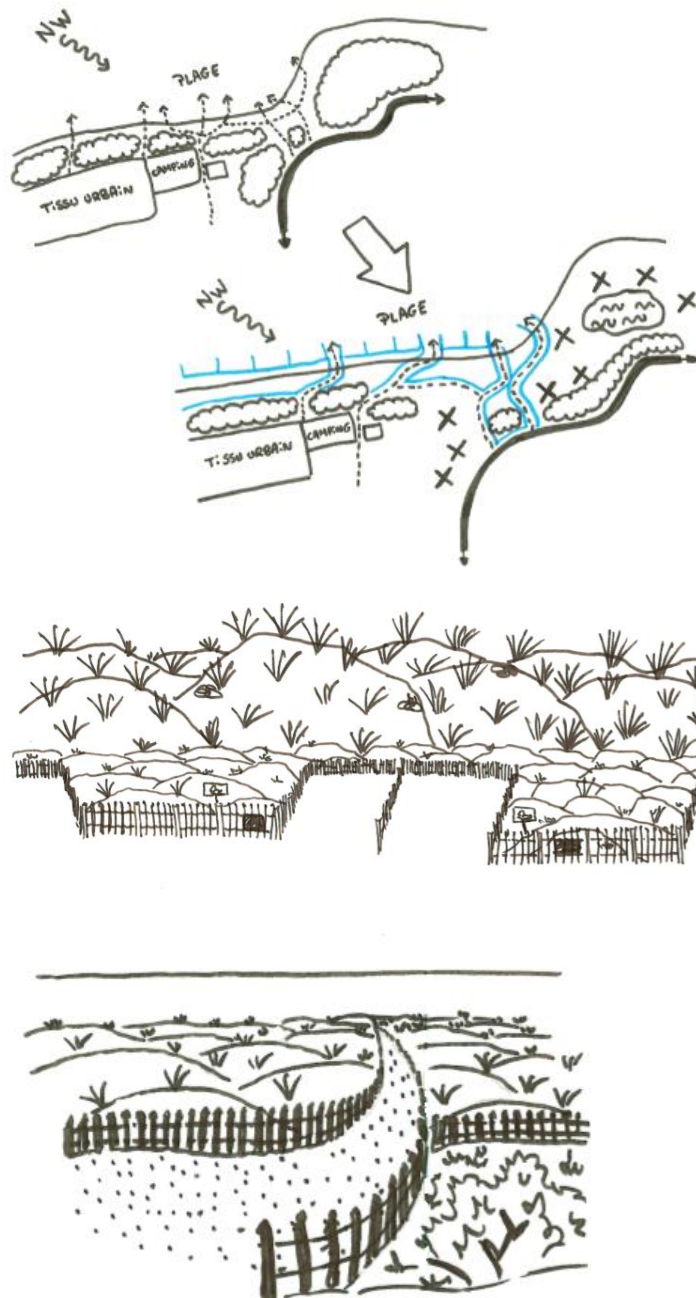


Fig. 6.4. a-c. Exemples du zonage des activités de loisirs et l'accès à la plage.

6.2.2.3. Nettoyage écologique des plages

- Ne pas effectuer de nettoyage mécanique de la plage à hauteur de la transition dune-plage-mer encore intacte ; les déchets (plastiques, nylons...) sont enlevés de manière sélective et manuelle ;
- Ne pas effectuer de nettoyage mécanique de la plage à hauteur de la transition avant-dune-plage-mer à mettre en place via la défense côtière naturelle ; les déchets (plastiques, nylons...) sont enlevés de manière sélective et manuelle ;
- Lors de leur choix d'un nettoyage mécanique, d'un nettoyage manuel ou d'une combinaison des deux méthodes, les communes devraient tenir compte des impacts écologiques.

6.2.4. Réaliser un espace naturel transfrontalier continu entre La Panne-Adinkerke, Bray-Dunes et Ghyvelde - partie dune du Perroquet - Westhoek

Objectifs :

- Rétablir la connexion physique entre la Dune du Perroquet et le Westhoek en vue de :
 - Restaurer de manière écologique la zone frontalière nord (réduction du niveau de perturbation, de pollution, restauration de l'hydrologie, etc.) afin que la biodiversité de la zone puisse être maintenue de manière durable par la restauration locale des populations et des habitats ;
 - Permettre une gestion dynamique du littoral (cordon dunaire sculpté, formation de goulets, etc.) sans compromettre la sécurité côtière ;
 - Faciliter la propagation d'organismes moins mobiles entre les deux zones ;
 - Mobiliser des quantités suffisantes de sable pour initier des processus de dispersion, y compris dans la zone centrale du massif dunaire, en l'occurrence la dune dite du Sahara ;
 - Faciliter les activités transfrontalières de loisirs pédestres et d'exploration de la nature.
 - Restaurer un paysage naturel transfrontalier authentique

À cet objectif est inséparablement liée la nécessité d'éliminer ou fortement atténuer les impacts écologiques et paysagers de la partie nord du Camping du Perroquet. L'implication ou non du déplacement de la partie nord du camping vers l'intérieur des terres est une autre question, qui sera discutée plus loin dans le texte.

Habitats et espèces cibles

Habitats UE 2110, 2120, 2130*, 2170 et 2190

Notamment en ce qui concerne les habitats 2130, 2170 et 2190 : le Petit nacré et la Violette de Curtis, le Grand nacré, l'Agreste, le Crapaud calamite, le Triton crêté, le Liparis de Loesel, l'Alouette lulu, la Gentiane des dunes, la Parnassie des marais, etc.

Pour ce qui concerne l'habitat 2120 et même 2110 : entre autres, le Grand gravelot, le Cochevis huppé, le Pipit farlouse, des plantes de plage telles que le Pourpier de mer, l'Arroche de Babington, la Roquette de mer (syn : Cackilier maritime), la Soude maritime, le Chou marin, la Bette maritime, etc., des espèces du cordon dunaire telles que le Panicaut maritime, le Liseron des dunes, etc., le Crapaud calamite, l'Agreste, le Criquet à ailes bleues, la Cicindèle maritime, etc., les champignons typiques du littoral.

Services écosystémiques

Défense côtière (naturelle) : *

Réserve d'eau douce : **

Biodiversité : ***

Loisirs : **

Programme d'actions

- Mettre en place une concertation active avec les parties prenantes, à savoir toutes les parties officiellement impliquées telles qu'ANB, VLM, CDL, Département, CUD, DREAL, DTTM, autorités communales, propriétaire & exploitant(s) de camping, etc.) ;
- Établir éventuellement un plan d'aménagement du territoire (PLU) permettant une relocalisation du camping d'une manière écologiquement et scéniquement réfléchi, si cela est souhaitable. Cette éventuelle délocalisation devrait être étudiée dans le cadre de l'élaboration d'une vision transfrontalière et d'un plan d'affectation pour ce que l'on appelle le « paysage de

vasières couvert » qui s'étend des deux côtés de la frontière (voir aussi 6.2.4.). Toutefois, le « paysage de vasières couvert » transfrontalier n'est pas le seul endroit de la région côtière transfrontalière qui doit être pris en compte pour le déplacement éventuel vers ce lieu de la partie nord du camping, qui doit être (idéalement ?) retirée des dunes ;

- Acquérir et gérer les terrains en vue d'une relocalisation et de l'aménagement de la nature dans le paysage de vasières couvert et de la zone dunaire (cf. 6.2.4) ;
- Élaboration d'un plan d'aménagement pour établir une connexion physique entre les deux espaces naturels du « Westhoek » et de la « Dune du Perroquet », en retirant des dunes au moins la partie nord du camping et la route goudronnée, inventorier les travaux d'aménagement nécessaires pour l'activation éventuelle de la dispersion, restaurer les conditions hydrologiques appropriées et optimiser le réseau de promenades récréatives ;
- Exécuter le plan selon le cahier des charges ;
- Mener une communication franco-belge sur le projet ;
- Effectuer un suivi transfrontalier dans les deux zones dunaires.

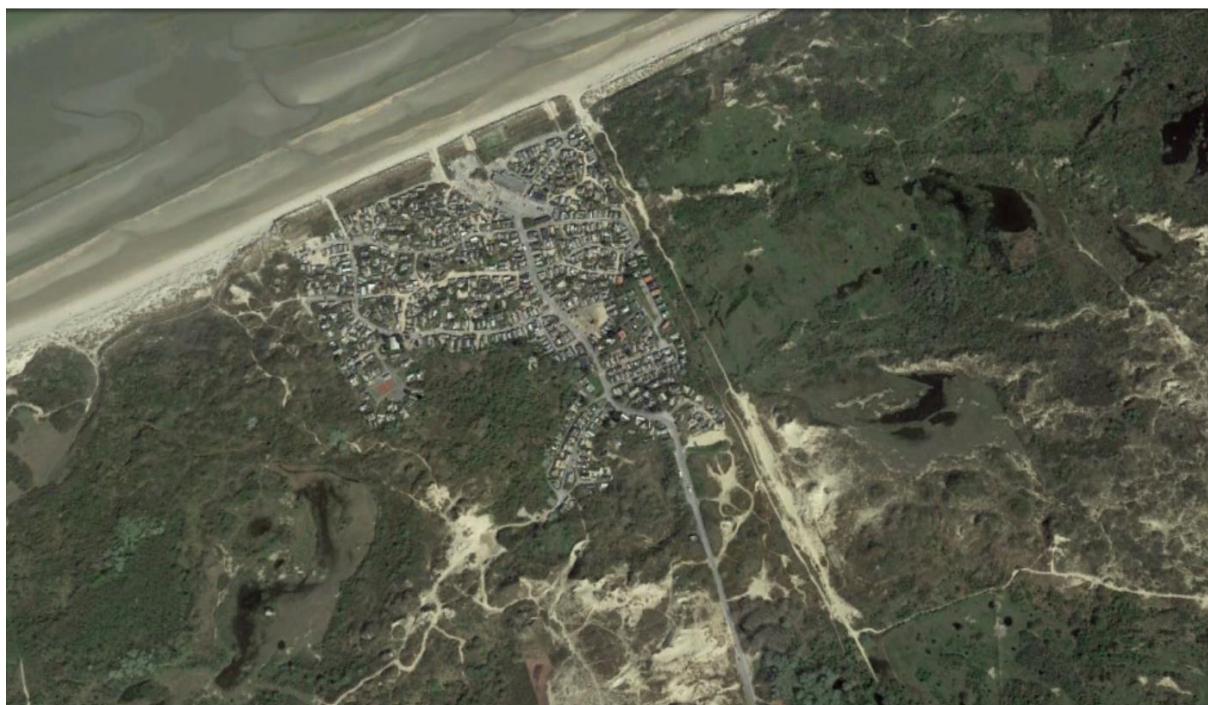


Fig. 6.5. La partie nord du camping Perroquet (env. 18 ha) forme, avec la route de liaison vers la partie sud, une barrière physique entre la région dunaire française du même nom et la réserve naturelle flamande du Westhoek. La restauration de la zone dunaire contribuerait à l'expansion et à la conservation qualitative des habitats dunaires protégés européens. Sur le plan récréatif, un formidable réseau transfrontalier de randonnées pédestres pourrait être réalisé.

6.2.5. Réaliser un espace naturel transfrontalier continu entre La Panne-Adinkerke, Bray-Dunes, Zuydcoote et Ghyvelde - partie paysage de vasières couvert / Zone de pseudo-polders

Objectifs

- Développer un espace naturel transfrontalier riche de biodiversité grâce à un développement naturel à grande échelle basé sur les potentiels écologiques et variations environnementales existantes (texture du sol, gestion de l'eau, qualité de l'eau, etc.) ;
- Réaliser l'expansion d'un espace naturel robuste pour offrir un espace et des possibilités supplémentaires à une utilisation partagée récréative et durable (promenade pédestre ou cycliste, jeux, équitation, pêche, canoë, etc.), y compris l'implantation limitée d'infrastructures récréatives (type camping nature, etc.). Les loisirs sont un élément important de cette nouvelle grande réserve naturelle. Les développements dans ce domaine profiteront à la situation socio-économique de La Panne, Bray Dunes, Zuydcoote et Ghyvelde. L'aménagement récréatif de la région générera une offre de loisirs supplémentaire, ce qui entraînera une diversification importante de l'offre générale (hébergement récréatif à long terme).

Concept envisagé

Le « paysage de vasières couvert / zone de pseudo-polders » se développera en un paysage varié, largement ouvert, avec des forêts (habitat 91^{F0}) entourées d'une végétation dense et variée, grâce à un aménagement adapté et à une gestion de l'eau et du terrain adaptée à la nature, en passant par des prairies sèches et humides, des roselières marécageuses et des eaux libres. Les gradients existants d'altitude, de type de sol, de niveau d'humidité, de pH et de salinité, combinés à une bonne gestion, permettront un grand nombre de biotopes et de transitions. En raison de la taille de la zone et de la grande variété des biotopes, la richesse des espèces sera importante. Le paysage naturel futur sera très différent du paysage actuel, principalement dominé par l'agriculture. Les formes extensives d'élevage sont compatibles avec les objectifs et la gestion de la nature. Cela ouvre également des perspectives pour la promotion des races bovines élevées localement et des produits dérivés comportant un label de garantie bio (par exemple, les vaches de race 'Rouges Flamandes').



Fig. 6.6.a Représentation des possibilités de développement de la nature et d'aménagements récréatifs de la région située entre le Westhoek et les dunes internes d'Adinkerke - Ghyvelde, à l'est de la Maestraat (La

Panne). La Maerestraat a été aménagée ici en un axe majeur pour les formes douces de loisirs (marche, vélo, équitation).

La pédologie et les variations géologiques, spécifiques à l'origine de la zone, donnent une orientation à son aménagement. Le système d'anciennes ravines et de buttes sablonneuses, est rendu visible dans la mesure du possible. Une fois le site aménagé, des prairies sèches et des fourrés sur les parties hautes combineront en mosaïque avec des prairies humides, des végétations sur les berges douces et des roselières le long des plans d'eau et cours d'eau existants. Dans la partie nord-est (La Panne), un bois sera replanté. Ce boisement servira d'écran et offrira également de nombreuses possibilités d'utilisations récréatives ('espace de nature récréative'). La majeure partie de la réserve naturelle sera pâturée, l'ouverture de la zone est contrôlée par la régulation de la pression du pâturage et la gestion de l'eau. Ici et là, les prairies seront fauchées selon des objectifs botaniques spécifiques.





Fig. 6.6.b. et c. Représentation d'un scénario possible de développement naturel et d'aménagement récréatif de la région au sud du Westhoek, aux environs de Drie Vijvers (La Panne). L'ancienne voie ferrée est aménagée en axe récréatif pour la marche, le vélo, l'équitation (au centre de l'image + illustration inférieure).

À la transition entre l'espace ouvert et le bois, la présence d'une large végétation tampon de fourrés et de mégaphorbiaies assurera une transition progressive du paysage, devenant l'habitat d'espèces telles que la Perdrix grise, la Fauvette grisette, le Rossignol philomèle, la Tourterelle des bois, la Fauvette babillarde, le Tarier pâtre.

Il s'agit notamment de végétations liées à celles des pannes dunaires avec la Chlore perfoliée, la Parnassie des marais, la Petite centauree, la Samole de Valérand et diverses orchidées, par exemple l'Epipactis des marais et l'Orchis incarnat. Les parties les plus basses sont constituées de prairies d'inondation, qui constituent un important terrain de reproduction pour le Canard souchet, la Barge à queue noire ainsi que pour l'Alouette des champs, la Perdrix grise et le Vanneau huppé. Les marais et jonchaies offrent la quiétude et la nourriture aux Busard des roseaux, Butor étoilé, Blongios nain, Marouette ponctuée, Râle des genêts, Râle d'eau, Phragmite des joncs, Locustelle luscinioïde, Gorgebleue à miroir, etc.

Habitats et espèces cibles

Crapaud calamite, Triton crêté, Alouette des champs, Busard des roseaux, Butor étoilé, Spatule blanche, Aigrette garzette, Blongios nain, limicoles et anatisés, orchidées, Ache rampante, Mouron délicat, Cératophylle submergé, etc. Voir la liste des espèces à surveiller.

Un paysage de bocage comportant en sus des eaux libres offre un habitat très approprié pour toutes les espèces de **chauves-souris (Chiroptères)** inscrites à l'Annexe I de la Directive européenne « Habitats ».

Services écosystémiques

Biodiversité : ***

Loisirs : ***

Retenue d'eaux : ***

Fixation du CO₂ dans le bois de nouvelles forêts et dans les sols (y compris la formation d'humus et de tourbe) **



Fig. 6.7. Pêle-mêle de la riche gamme d'habitats et d'espèces associées qui, en exploitant la variation abiotique présente, peuvent se développer dans la zone du « paysage de vasières couvert / pseudo-polders ». Le développement de la nature est aussi une source riche pour toutes sortes d'expériences de la nature.

Programme d'action pour la réalisation du concept envisagé

- Affiner le plan directeur sur la base d'un certain nombre de scénarii, se concerter et fixer l'image finale souhaitée (y compris la possibilité d'implanter un camping (nature, type Perroquet) par le biais d'une concertation active avec les parties prenantes, à savoir toutes les parties officiellement impliquées telles que ANB, VLM, CDL, Département, CUD, DREAL, DTTM, autorités communales, province, Chambre d'Agriculture, EPF etc.) ;
- Élaborer un plan d'aménagement du territoire (RUP/SCOT, PLU) qui permet de réaliser l'image finale transfrontalière ;
- Évaluer les impacts sur l'environnement, la recherche archéologique, l'étude des sols et des eaux souterraines, le modèle hydrologique ;
- Acquérir et gérer les terrains en vue de cette réalisation ;
- Définir des servitudes ;
- Élaborer un plan d'aménagement comprenant les cahiers des charges techniques des travaux d'aménagement ;
- Rédiger le plan de gestion ;
- Débuter la gestion de suivi et la gestion finale ;
- Alimenter une utilisation partagée à des fins récréatives, voire agricoles.



Fig. 6.8. Pêle-mêle des différentes formes d'expérience de la nature qui peuvent trouver une place dans la future zone de développement naturel à grande échelle.

6.2.6. Réaliser un espace naturel transfrontalier continu entre La Panne-Adinkerke, Bray-Dunes et Ghyvelde – partie Dunes internes de Ghyvelde-Adinkerke

Objectifs

1. Mettre en place une vision et une gestion franco-belges communes de la zone naturelle transfrontalière « Dune interne de Ghyvelde-Adinkerke » et de ses périphéries et ourlets nord et sud dune situé entre cette ceinture dunaire « fossile » et l'autoroute E40, y compris la communication de cette mise en place(????) ;
2. Promouvoir la Maerestraat en tant que principal axe récréatif du réseau transfrontalier de promenades pédestres, cyclistes et équestres. Travailler également à adapter la Veldstraat (Adinkerke) et la rue de la Frontière (Ghyvelde) à la nouvelle fonction de la Maerestraat.

Habitats et espèces cibles

Triton crêté, Crapaud calamite, habitats dunaires acides (présentant une affinité avec les habitats 2130* et 2150*)

Services écosystémiques

Biodiversité : ***

Loisirs : ***

Réserve d'eau douce : *



Fig. 6.9. La Maerestraat sera un axe récréatif important dans la future réserve naturelle transfrontalière. En lui accordant déjà le statut de rue cyclable, cette ambition peut être confortée. Par la suite, la route pourra être réaménagée au profit de divers groupes récréatifs.

Programme d'actions

Afin d'atteindre ces deux objectifs principaux, deux programmes d'actions sont mis en œuvre en parallèle :

1. Pour une vision de la gestion et une gestion de la nature communes et transfrontalières :

- Réviser et harmoniser les plans de gestion ;
- Créer (éventuellement) une zone de pâturage transfrontalière unique ;
- Assurer la meilleure gestion possible de la nature sur les sites de la « Dune aux Pins » ;
- Harmoniser la gestion de la nature pour la zone humide transfrontalière au nord de l'autoroute A16-E40 et communiquer à ce sujet des deux côtés de la frontière.
- Faciliter le développement des zones de sources au nord de la dune interne (en lien avec 6.2.5)

2. Mesures pour le réaménagement de la Maerestraat en axe récréatif :

- Réaménager le revêtement routier de la Maerestraat au profit des usagers lents de la route : marcheurs, cyclistes et cavaliers ;
- Limiter le passage et la vitesse (30 km/h) pour le trafic motorisé (statut de rue cyclable) ;
- Adapter la Veldstraat (Adinkerke) et la Rue de la Frontière (Ghyvelde) à la nouvelle fonction de la Maerestraat. Réduction des fonctions, restriction de la circulation motorisée (*quid* des riverains ?), communication et signalisation, etc.

6.2.7. Optimiser les valeurs naturelles dans les espaces naturels actuels

Objectif

- Établir les conditions nécessaires à la protection ou à la restauration de la mosaïque d'habitats dunaires côtiers, y compris le maintien ou la restauration de populations viables d'espèces animales et végétales spécifiques au littoral ;
- Conserver, par la mise en valeur et la restauration d'habitats prioritaires européens protégés, une zone de dunes ouvertes (dunes à oyats, dunes grises et pannes dunaires) ;
- Fixer les conditions d'une accessibilité durable pour les randonneurs, cavaliers, cyclistes et VTT, aux dunes et aux autres espaces naturels dans la zone du projet.

Buts et tâches communs et spécifiques

- L'ensemble de la zone couverte par le projet a été en grande partie désigné comme site Natura 2000, comprenant des habitats protégés tels que des dunes blanches (2120), des dunes grises (2130), des fourrés dunaires d'argousier (2160), des pannes dunaires humides, des dunes à Saules rampants (2190-2170) et dunes boisées (2180). Des objectifs de préservation ont été déterminés pour ces types d'habitats. Ils doivent être mis en œuvre par le biais des plans de gestion. L'évaluation et le retour d'information doivent être effectués au moyen d'un suivi (voir ci-après le programme de suivi).

Concernant les dunes mobiles (2110, 2120) et les situations pionnières (2130, 2190)

- Encourager des procédés de dispersion à plus ou moins grande échelle.

Concernant la superficie et la conservation de dunes grises (2130) et de dunes fixées décalcifiées (2150)

- Augmenter la superficie de l'habitat des dunes ouvertes sur toute la superficie des dunes ;
- Connecter physiquement (et fonctionnellement) les habitats de dunes ouvertes entre eux, au sein d'une même zone dunaire dans la mesure du possible ;
- Faciliter les possibilités de migration des espèces moins mobiles ;
- Essayer de constituer une population locale de callunes par germination à partir d'échantillons de sol pris au niveau de la dernière population relictuelle. En cas de succès : restauration du type d'habitat 2150* dans le complexe dunaire Cabour-Ghyvelde.

Concernant les pannes dunaires et les dunes à saules rampants (2190-2170)

- Accroître les superficies de zones humides dans les dunes ;
- Favoriser la connexion écologique de ces habitats entre eux ;
- Favoriser la diversité des milieux humides dans les dunes, avec une priorité pour les parties nord (vers la mer) des massifs dunaires ;
- Trouver des solutions durables pour maintenir un niveau d'eau élevé dans les pannes dunaires tout en limitant les fluctuations annuelles (retenue de l'eau douce dans la transition entre dune et polder, nettoyage des berges, reprofilage éventuel, évolution spontanée de la panne, etc.) ;
- Les mesures précédentes devraient également garantir le maintien d'un réseau robuste et varié de pannes dunaires dans des conditions climatiques changeantes, et ce afin de préserver la biodiversité caractéristique ;
- Poursuivre la cartographie des niveaux des eaux souterraines et les confronter aux niveaux topographiques des dunes afin de pouvoir déterminer efficacement les situations prometteuses pour la restauration et le développement de pannes dunaires (cartographie de la profondeur, de la hauteur du niveau d'eau et de sa variation interannuelle).

Concernant les dunes arbustives et dunes boisées (2160-2190)

- Lutte contre les espèces exogènes : débroussailler les secteurs dominés par l'Erable sycomore et les Peupliers blancs/grisards. Préservation du caractère typique des dunes arbustives pour les oiseaux nicheurs (Rossignol philomèle, Fauvette babillarde, Pouillot fitis, etc.) et les phytophages typiques (par ex. les papillons de nuit) ;
- Combattre les espèces exotiques envahissantes (« EEE ») telles que le Mahonia faux-houx, le Rosier rugueux, l'Ailante glanduleux, les cotonéasters, les Groseilliers dorés et, en cas d'acidification croissante des sols, le Cerisier tardif, etc.



Fig. 6.10. Les plans de gestion des zones dunaires prévoient souvent le débroussaillage et le décapage de zones spécifiques afin de restaurer des paysages de dunes ouvertes contenant des habitats européens protégés tels que les prairies dunaires (partie 2130) et les pannes dunaires (2190), comme ce fut le cas dans les dunes du Perroquet, à Bray-Dunes (photo ci-dessus) et dans les dunes de Houtsaeger à La Panne (photo ci-dessous). L'intention est d'effectuer à l'avenir de tels travaux de gestion sur différents sites prometteurs.



Habitats et espèces cibles

Entre autres, Alouette lulu, Petit nacré (et Violette de Curtis), Bembex à rostre, Triton crêté, Crapaud calamite, Liparis de Loesel, Ache rampante, Parnassie des marais, etc.

Services écosystémiques

Biodiversité : ***

Loisirs : **

Alimentation/retenue d'eau : *

Programme d'action

L'action la plus importante consiste à mettre en œuvre les mesures contenues dans les différents plans de gestion en vigueur pour les espaces naturels de la zone du projet. Ces plans de gestion tiennent compte des objectifs de préservation de l'UE. Les points importants à prendre en considération et les actions prioritaires sont, en tout état de cause :

- Soutenir les objectifs naturels au niveau du paysage au moyen d'une sélection d'espèces cibles pertinentes occupant une grande zone (par exemple, le Grand nacré, le Chiffre, le Traquet motteux). Quantifier la superficie, la configuration et la qualité des points d'habitat ;
- Rechercher la dynamique du paysage sous l'influence de l'embroussaillage spontané et du pâturage. Déterminer quelle configuration paysagère est nécessaire pour la préservation durable des zones souhaitées d'habitat dunaire qualitatif et ouvert (2130/2190) ;
- Définir des zones pour la restauration et le développement de dunes grises, des dunes à oyats et de panes dunaires, dans un contexte transfrontalier ;
- Débroussailler et dessoucher les zones d'interventions sélectionnées, appliquer ensuite une gestion ad hoc afin de restaurer de façon optimale les habitats cibles (en l'occurrence, 2130 et 2190) ;

- Suivre à court, moyen et long termes ces zones d'interventions et autres habitats dunaires (suivi transfrontalier d'espèces cible incluant la cartographie des dunes ouvertes et la topographie - basée sur la technologie des drones ?) ;
- Modéliser de part et d'autre de la frontière la nappe aquifère et ses fluctuations sous le massif dunaire, en vue de déterminer les zones prometteuses pour la restauration des pannes dunaires ;
- Recherche historico-écologique de la présence d'anciennes pannes dunaires qui sont aujourd'hui masquées ;
- Selon les besoins, effectuer la gestion de la restauration, y compris le débroussaillage, le dessouchage, la réimplantation et le reprofilage ;
- Dans le contexte transfrontalier, les gestionnaires s'efforceront de cofinancer la gestion de la nature souhaitée sur la base d'une concertation et d'une vision communes.

6.2.8. Lutte contre les espèces invasives non endémiques

Objectif

- Maintenir la qualité de l'habitat en empêchant la propagation d'espèces végétales et animales exotiques envahissantes au détriment des communautés endémiques.

Habitats et espèces cibles

Les principales espèces à combattre sont les arbustes et arbres exotiques dans les dunes arbustives (2160) et les dunes boisées (2180), mais aussi dans les prairies dunaires (2130) et les dépressions intradunales (2190), où certaines espèces exotiques envahissantes peuvent apparaître. Ce sont parfois les mêmes EEE, comme que le Mahonia faux-houx, le Rosier rugueux, l'Ailanthé glanduleux, les cotonéasters, les Groseilliers dorés et, en cas d'acidification croissante des sols, le Cerisier tardif, etc.

Services écosystémiques

Biodiversité : ***

Programme d'action

- Inventorier les espèces exotiques envahissantes dans la zone d'étude et dans un contexte géographique plus large (espèces potentiellement envahissantes) ;
- Le cas échéant, réalisation d'analyses de leurs impacts ;
- Travailler dans un contexte de prévention ! Engager le dialogue avec les producteurs, les gestionnaires et techniciens des jardins publics et les propriétaires/jardiniers privés. Rechercher des alternatives indigènes aux espèces végétales envahissantes et prévoir une offre par le biais de programmes de sélection ;
- Rechercher des méthodes de contrôle efficaces ;
- Mener des campagnes de lutte à grande échelle en collaboration avec tous les gestionnaires des espaces dunaires et leurs périphéries ;
- Suivi de la lutte.

6.2.9. Développer la nature et le paysage dans les zones de transition entre dunes et polders

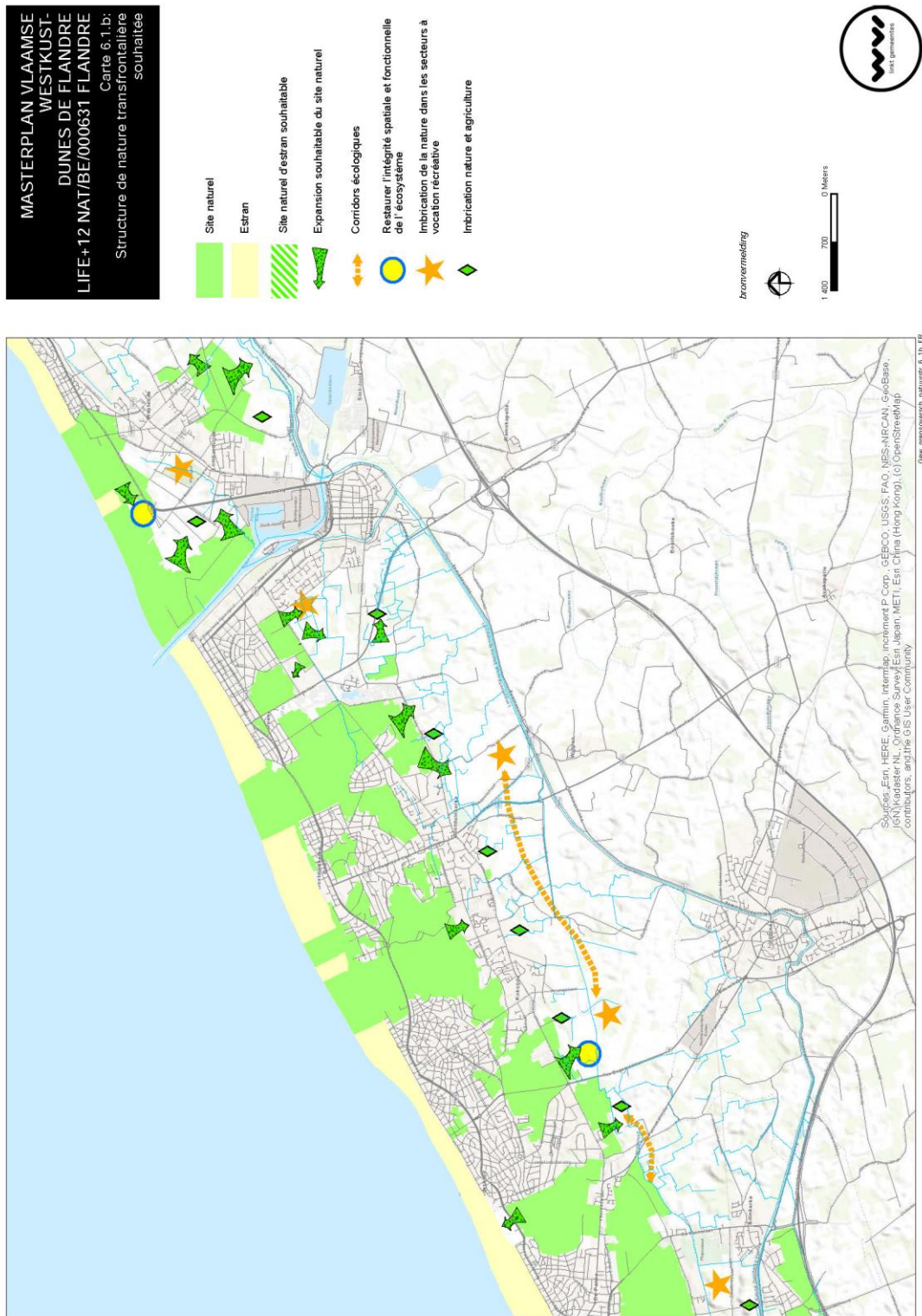
Objectif

- Préserver ces paysages uniques mais rares, souvent avec une grande variété de gradients environnementaux, par exemple minéral/humide, sec/mouillé, riche/pauvre en calcaire, sableux/argileux et salé/doux, qui ont été préservés ici dans une seule unité de paysage.
- Utiliser la variété environnementale existante pour le développement de la nature. Outre les types d'habitats protégés européens (2190 et parfois 2130), des biotopes d'intérêt régional (prairie à Crételle, prairie à Populage des marais, pâture maigre humide) seront également aménagés et serviront de zone d'habitat, d'alimentation, de repos et d'hivernage aux oiseaux aquatiques et aux oiseaux des marais ou seront adaptés pour des amphibiens, en l'occurrence le Crapaud calamite et le Triton crêté.
- Développer une structure naturelle le long de la bordure intérieure de la dune et l'ourlet de dune, comme connexion écologique entre les zones dunaires fragmentées (par ex. pour le Triton crêté, le Crapaud calamite et le Lérot).

En raison de la taille de certaines zones, il existe encore une occasion unique de développer ces paysages de manière durable, à condition qu'ils soient judicieusement aménagés et gérés. Cela concerne, d'ouest en est (à l'exclusion du paysage de vasières couvert), les transitions entre dunes et polders à hauteur des lieux suivants :

- environs du lac de Tétéghem (Leffrinckoucke)
- dunes Dewulf et polder adjacent (Zuydcoote)
- dunes Marchand et polder adjacent (Bray-Dunes)
- dunes de l'Oosthoek (La Panne)
- Belvédère (Coxyde)
- Fluithoek et polder adjacent (Coxyde)
- parties de l'ourlet de dune de Coxyde et d'Oostduinkerke, dont le terrain de golf de Ter Hille (imbrication naturelle !)
- dunes de Simli - Groenendijk - Lenspolder - « Zandhoofd » - Labeurhoek (Nieuport - Coxyde)
- embouchure de l'Yser - polder de Hemme (Nieuport)
- Schuddebeurze (Westende)

Carte 6.1.b. Traduction spatiale de la vision pour le développement de la nature (partim Coxyde – Middelkerke (Westende)).



Vision d'ensemble des cibles locales potentielles

La plupart des zones de transition entre dunes et polders, ainsi que des parties du polder adjacent, seront aménagées en un paysage d'aspect naturel composé principalement de prairies sèches et humides, de roselières et des eaux libres, composant ou non une mosaïque avec des forêts, des haies et des talus boisés. Les gradients altimétriques, de type de sol et d'humidité entraînent un grand nombre de biotopes et de transitions proportionnelles à leur distribution et à leur superficie, ce qui signifie qu'il y a beaucoup de variétés. Dans les zones étendues (50 à 150 ha), la richesse des espèces sera importante du fait de la diversité des biotopes.

Ici et là, des plans d'eau supplémentaires seront créés ou ceux existants recevront un aménagement respectueux du milieu naturel. La bonne qualité de l'eau et la gestion naturelle des niveaux d'eaux (élevés en hiver, bas en été) seront assurées. En aménageant des eaux libres à des endroits où il y a déjà eu des ravines, on recréera une situation historique. Dans les eaux libres se développera une végétation aquatique riche avec des Renoncules du type 'Botrychium', des Cératophylles submergés et des potamots.

L'eau libre sera bordée de prairies et de marais riches en espèces. Les lieux présentant des conditions hydrologiques dynamiques (fluctuations importantes du niveau de la nappe phréatique, durée et fréquence des inondations, différences de qualité de l'eau (légèrement saumâtre ou douce), etc.) constituent un lieu de croissance potentiel pour la Samole, le Troscart des marais, le Jonc de Gérard, le Trèfle fraisier, l'Ache rampante, le Scirpe glauque, divers éleocharis, etc. (Lolio-Potentillion anserinae). L'eau libre et les environs immédiats sont attractifs pour une communauté d'oiseaux nicheurs dont le Gorgebleue à miroir et la Rousserolle verderolle. En plus de ces espèces, elle se caractérise par la présence d'un nombre relativement important d'oiseaux aquatiques et paludicoles, tels que le Canard souchet et le Bruant des roseaux. De plus, la zone attirera des amphibiens et de nombreux invertébrés : diverses espèces de papillons diurnes, sauterelles, libellules et demoiselles, coléoptères, etc.

Cependant, la gestion de l'eau sur le bord intérieur de la dune (limite étroite entre les dunes (généralement hautes) et l'étendue du polder) et sur l'ourlet de dune (transition graduelle des dunes comportant des sédiments de polders recouverts de sable des dunes, vers l'étendue du polder argileuse) est perturbée par la présence, entre autres, des cours d'eau Langgeleed, Waterloop zonder Naam, Schuddebeurzebeek (en Belgique), Ringsloot (en Belgique et en France), les Petit et Grand Mardyck (France), plus quelques fossés de drainage non nommés plus petits. Le réaménagement du ruissellement des polders avec la possibilité d'un drainage plus sélectif de certaines bandes (au niveau de la zone bâtie par exemple) est souhaitable.

Un point d'attention particulier dans les anciennes zones agricoles est l'enrichissement en phosphate localement important dans le sol (Provoost et al. 2018). En cas de charge phosphatée très élevée, le décapage du sol est souhaitable. Mais dans les zones d'ourlet de dune, la couche de sable qui recouvre les sédiments argileux des polders n'a souvent que quelques dizaines de centimètres de profondeur. Les possibilités de décapage des couches de sol enrichies en phosphates sans transformer les ourlets de dunes en polders humides sont donc limitées. Les alternatives sont des fauches intensives avec exports des déchets verts, combinées à une fertilisation complémentaire sélective avec de l'azote et du potassium. Mais il s'agit souvent d'un processus qui prend des décennies avant d'atteindre les résultats escomptés. Il est donc important que les projets d'aménagement de la nature soient précédés d'études de sol détaillées (présence de couches géologiques, conditions hydrologiques, analyse chimique : pH, niveau nutritionnel/teneur en N-P-K, teneur en calcaire, etc.). De cette façon, des décisions rationnelles peuvent être prises en ce qui concerne les objectifs liés à la nature et les interventions techniques nécessaires et réalisables.

Une fois mis en place, les espaces ouverts prévus (prairies et zones arbustives) dans ces espaces naturels seront principalement gérés par pâturage. Les roselières et les forêts ne sont pas pâturés. Le fauchage sera utilisé pour préserver des situations spécifiques et très précieuses (avec de nombreuses espèces botaniques cibles), ou pour garder une certaine superficie ouverte, par exemple pour le bénéfice d'oiseaux spécifiques des prairies de fauche.

Ici et là, si la tranquillité est requise, par exemple pour les espèces d'oiseaux visées ou la reproduction d'espèces cibles d'amphibiens (Triton crêté, Crapaud calamite, etc.) n'est pas menacée, il sera possible d'accroître l'activité récréative en créant des éléments aquatiques supplémentaires ou en valorisant ceux existants. Dans certains endroits, il y aura de l'espace pour se promener le long ou près de l'eau et pique-niquer. Tout cela nécessite donc un plan d'aménagement de la nature bien équilibré.

Pour des raisons tant écologiques, récréatives que climatiques, des espaces seront prévus dans ces zones pour la création de forêts. En fonction de l'état du sol et de la localisation spatiale, il existe des possibilités de développement de l'habitat (forestier) de type 2180 sur les zones d'ourlet de dune, et de type 91^{F0} sur les terres de polders. En Flandre, les objectifs de conservation des surfaces pour les forêts alluviales (91^{F0}) doivent être atteints en dehors des ZCS. Ceci souligne l'importance de planifier certains de ces objectifs surfaciques dans les parties de polders des zones de transition entre dune et polder. Les sites possibles seront le résultat de choix bien réfléchis et fondés, entre autres, sur les conditions abiotiques présentes et le potentiel de réalisation d'habitats cibles, principalement de dunes ouvertes et de paysages de polders, ainsi que sur les interventions nécessaires, le suivi, la gestion à long terme et les coûts associés. Les possibilités d'utilisation récréative partagée seront également étudiées pour l'ensemble de la zone, en mettant en place un zonage visant à protéger les sites vulnérables d'un point de vue écologique.

Outre les zones dont la fonction principale est la nature, certaines zones d'ourlet de dune peuvent conserver une fonction principale agricole. Dans ce cas, une imbrication substantielle de la nature est souhaitable afin de pouvoir remplir la fonction d'une zone de connexion naturelle. L'effort est mis sur les petits éléments paysagers tels que les haies, les lisières boisées, les petits bosquets, les mares, les canaux ceinturés de roselières, etc. En outre, des prairies fleuries ou de grande valeur peuvent être développées, par exemple en concluant des accords de gestion avec les usagers.

Habitats et espèces cibles

Habitats apparentés à la panne dunaire (2190) et à la dune grise (2130), biotopes d'intérêt régional de type prairie à Crételle, prairie à Populage des marais et prairie à Potentille des oies.

Triton crêté, Crapaud calamite, Orchis bouffon, Ache rampante, Troscart des marais, Lérot, etc.

Les types d'habitats équivalents dans le polder de l'habitat dunaire humide mentionné ci-dessus : 6510 (prairies de fauche maigres de basse altitude), 7230 (tourbières basses alcalines) et 3150 (lacs eutrophes naturels), Forêt sur sol de dune et de polder, à savoir habitats 2180 et 91^{F0}.

Services écosystémiques

Biodiversité : ***

Loisirs : **

Retenue d'eaux : **

Fixation du CO₂ : *



Fig. 6.11. Exemple de résultats possibles du développement de la nature dans la transition entre dune et polder. Dans les dunes de l'Oosthoek (La Panne), un paysage semi-naturel fermé et à petite échelle a été restauré (fig. en haut à gauche). Là où les conditions sont favorables, il est possible de restaurer des prairies de fauche riches en espèces et sensibles à la percolation de l'eau, comme sur la dune du Belvédère, à Coxyde (fig. ci-dessous). De tels paysages semi-naturels constituent un biotope important pour, entre autres, le Triton crêté, le Bruant des roseaux, le Gorge-bleue, le Rousserolle verderolle, le Traquet tarier, etc. Pour les chauves-souris, la transition entre dune et polder est une zone importante de chasse et de corridor de passage.

Programme d'actions

- Sur le territoire français, octroyer un statut spécial d'affectation afin de maintenir ces terrains libres de construction en attendant la création d'un statut de paysage protégé/zone naturelle. Il en va de même côté belge pour les parties qui ne sont pas encore protégées par le plan d'affectation actuel ou les décrets dunaires ;
- Élaborer un plan d'aménagement du territoire (RUP/PLU) qui permet de réaliser l'image finale locale ;
- Évaluer les impacts sur l'environnement, la recherche archéologique, l'étude des sols et des eaux souterraines (y compris une étude de la rétention d'eau, en surface et dans le sol) ;
- Évaluer l'opportunité d'utiliser les zones comme tampons climatiques (tampon hydrologique : absorption des pics de débit, stockage de réserves d'eau douce pour une utilisation ultérieure, etc.) ;
- Rechercher (en France) et remédier si nécessaire à l'enrichissement en phosphate ;
- Acquérir et gérer les terrains en vue de cet aménagement de la nature ;

- Élaborer un plan d'aménagement comprenant les cahiers des charges techniques des travaux d'aménagement. Il est tenu compte des aspects paysagers, dans le cas présent les possibilités de perspective depuis la dune vers le polder et vice versa ;
- Rédiger le plan de gestion ;
- Débuter les travaux d'aménagement ;
- Gestion de suivi et la gestion finale ;
- Alimenter une utilisation partagée à des fins récréatives, voire agricoles.

Mesures pour le développement des zones naturelles humides.

- Chaque situation nécessitera une approche sur mesure, comprenant les mesures suivantes :
 - Optimisation des situations existantes en nettoyant, en creusant à nouveau, en élargissant localement les dépressions, mares et fossés existants et en restaurant les situations originales (préférées), par exemple en décapant et/ou en creusant à nouveau des zones nivelées.
 - Abaissement du niveau du sol en vue de créer des situations de zones humides pour les oiseaux d'eau et les oiseaux des marais, que ce soit ou non en combinaison avec la création de situations favorables aux développements botaniques souhaités (par exemple, besoin d'excavation de sols trop fortement enrichis en phosphate).
- Comme gestion de suivi, le fauchage avec évacuation des coupes et le pâturage saisonnier extensif (de juin à novembre) sont des mesures importantes qui sont appliquées sur mesure en fonction des objectifs locaux.
 - En fauchant, les prairies humides et riches en espèces seront conservées en l'état ou développées comme telles dans les endroits les plus appropriés (par exemple, faibles teneurs en phosphate, situations affectées par la percolation).

Dépoldérisation du Hemmepolder

Un cas spécifique concerne le Hemmepolder (à Nieuport), pour lequel des scénarii possibles de développement de la nature ont déjà été examinés en 2005-2006, avec une attention particulière aux défenses maritimes et à la gestion de l'eau.

Les trois scénarii de base pour le développement de la nature dans le Hemmepolder sont : la conversion en prairies et ravines de polders riches en microreliefs grâce au reprofilage du site et du Pietegeleed dans le respect de la nature et à l'humidification avec de l'eau douce du polder. Il s'agit du développement d'une nature de polder « doux » en deçà des digues (zones humides, prairies et roselières) par endiguement et reprofilage. Ce scénario s'inscrit également dans le cadre des options actuelles de mise en place de zones tampons climatiques. Un deuxième scénario concerne la conversion en prairies de polders salées par le biais d'un reprofilage respectueux de la nature et d'une salinisation locale contrôlée. Dans ce cas est prévue la construction d'une entrée et d'une sortie à travers la digue de Halvemaan. Il s'agit d'une zone de marée réduite contrôlée dans laquelle la partie sud du Hemmepolder sera inondée par l'eau salée de l'estuaire de l'Yser lors des marées (de printemps). Le troisième scénario concerne la dépoldérisation effective de la zone par le déplacement de la digue de Halvemaan vers l'intérieur des terres. Dans ce cas, les vasières salines et les prés-salés pourront se développer dans la région.

6.2.10. Défragmenter le paysage dunaire fragmenté, créer et optimiser les connexions écologiques paysagères

Objectif

- La défragmentation de la zone dunaire est presque exclusivement causée par l'infrastructure de circulation existante et les bâtiments. Il est nécessaire de rétablir autant que possible la connexion physique entre les espaces naturels, par des actions de défragmentation ciblées ou d'initiatives qui atténuent les effets de la fragmentation et de l'action de barrière ;
- Créer des infrastructures écologiques spécifiques pour interconnecter les habitats des espèces cibles (corridors pour papillons, amphibiens, chauves-souris, lérots, etc.). Toutefois, cela nécessitera des études et des recommandations préparatoires spécifiques à chaque espèce.

Contexte

Par « défragmentation », on entend l'arrêt ou la diminution de la fragmentation du paysage. La défragmentation permet de (re)connecter entre elles des zones isolées et de les rendre (mieux) accessibles aux populations qu'elles contiennent.

La défragmentation peut s'effectuer de différentes manières :

1) Améliorer la qualité de l'habitat. Cela augmente la capacité de charge d'une zone et génère une population plus importante, en diminuant le risque d'extinction (voir l'action stratégique 6.2.6).

2) Agrandir les habitats. Un habitat plus grand apporte à davantage d'individus un espace de vie, ce qui réduit le risque d'extinction. Cela réduit également l'effet de bord. Une taille plus grande conduit souvent à un plus grand nombre d'espèces (voir l'action stratégique 6.2.1 et 3-5).

3) Densifier le réseau d'habitats. Cela augmente la superficie de l'habitat et le flux de dispersion (échanges entre zones), ce qui rend la population moins vulnérable.

4) Connecter. En reliant les habitats, l'échange des individus entre habitats augmente.

Pour qu'une connexion écologique fonctionne, en l'occurrence une connexion via la faune, l'habitat dans cette connexion doit, dans la mesure du possible, répondre aux besoins de l'espèce pour laquelle la connexion via la faune doit être établie. La mesure dans laquelle les connexions écologiques sont utilisées varie selon l'espèce, les saisons, l'emplacement et le type d'aménagement. Un plan de défragmentation n'a de sens et ne sera fonctionnel que dans la mesure où ont été sélectionnées des espèces guides pour lesquelles des obstacles peuvent être détectés et résolus en développant le plan de défragmentation.

La nécessité pour et l'aménagement d'une connexion naturelle seront fondés sur les besoins en matière d'habitat des espèces qui utiliseront cette connexion. À cet effet sera sélectionnée une espèce guide. L'espèce guide est une espèce intéressante reconnaissable avec la plus grande « fonction parapluie » possible. Cela signifie que d'autres espèces posent les mêmes exigences en matière d'habitat pour la connexion naturelle. Selon l'espèce guide, des mesures concrètes d'aménagement et de gestion peuvent être proposées. Les mesures favorables à cette espèce guide auront également une influence positive sur d'autres espèces. Les espèces cible sélectionnées (espèces intéressantes) pour la zone du projet sont déjà considérées comme des espèces guides. Elles bénéficient souvent déjà d'une protection nationale et internationale (Liste rouge, espèces visées par la directive « Habitat »), possèdent en outre de préférence une fonction de parapluie ou d'indicateur et se répartissent entre différents groupes taxonomiques (oiseaux, amphibiens, mammifères et invertébrés) et besoins écologiques (humide-sec, ouvert-fermé, dynamique-stable, etc.). Au sein de celles-ci, les espèces à faible capacité de dispersion et/ou les espèces facilement reconnaissables (à des fins de surveillance) sont préférées.

Remarque : pour les espèces de plantes vasculaires cible, la défragmentation peut également être associée à l'aménagement naturel et à la gestion de la nature. S'il est souhaitable que les semences se répandent spontanément dans le paysage, il est nécessaire de connaître les différents mécanismes de dissémination. C'est sur cette base que l'on peut travailler à un plan de défragmentation.

Habitats et espèces cible

Il existe de nombreuses possibilités, en fonction de la situation locale et de l'espèce ou du groupe d'espèces cible. Un certain nombre de vertébrés plus gros sont de bons candidats. D'autres études sont nécessaires pour composer une sélection à partir d'invertébrés de plus grande taille.

- Le Lérot est une bonne espèce guide pour la connectivité le long du bord intérieur (urbanisé) de la dune. L'espèce se trouve souvent dans un environnement influencé par l'homme où, par exemple, les décombres ou les bâtiments où peu de personnes entrent mais sont accessibles à une souris offrent des possibilités de nidification (par exemple dans l'ourlet de dune, le long de l'ancienne voie ferrée Dunkerque-La Panne, etc.).
- Le Crapaud calamite est une espèce phare pour les dépressions intradunales humides à végétation basse. L'espèce a besoin d'un sol meuble (sableux) pour pouvoir s'enterrer, et d'une végétation basse pour pouvoir chasser activement. De plus, la reproduction est liée à des eaux peu profondes qui se réchauffent rapidement. Les dépressions intradunales constituent un habitat optimal, mais les eaux peu profondes sur le bord intérieur des dunes ou dans les parties sableuses du polder conviennent également. Le Crapaud calamite est très mobile et peut aussi migrer par exemple le long de la plage. Cependant, l'étude génétique montre que les échanges entre les sous-populations de la côte ouest sont insuffisants. Un réseau dense de dépressions intradunales et des aménagements de zones humides en bordure intérieure des dunes sont surtout nécessaires à Coxyde, pour relier la population du Westhoek à celle de Ter Yde. En France, l'espèce est présente dans toutes les sous-zones et a surtout besoin d'une connexion écologique entre les jeunes dunes du nord et l'ancienne ceinture de dunes de Cabour-Ghyvelde. Le canal constitue un point d'attention particulier pour cette espèce et pour les amphibiens en général.
- Pour se reproduire, le Triton crêté a besoin de mares plus profondes qui ne sèchent que sporadiquement. Mais le biotope terrestre a également son importance. Il doit y avoir des possibilités suffisantes d'abri. Les broussailles et les fourrés dans les dunes sont idéaux, mais l'ourlet de dune et le polder adjacent peuvent aussi convenir s'il y a une présence suffisante de petits éléments paysagers (haies, lisières de bois, broussailles, bosquets, etc.). Les zones urbaines et les terres agricoles de Coxyde, entre Westhoek-Perroquet d'une part et Cabour-Ghyvelde d'autre part, sont également des goulets d'étranglement évidents pour la migration de l'espèce.
- La connectivité des prairies dunaires sèches peut être vérifiée au moyen d'invertébrés caractéristiques tels que le Criquet à ailes bleues. Ce dernier est très facilement reconnaissable et est également facile à voir par temps chaud. Le Serpolet commun, le Polygale commun et la Violette de Curtis sont des exemples de plantes dont la dispersion est facilitée par la présence de fourmis et indiquent une bonne connectivité pour les invertébrés plus petits qui vivent dans le sol.



Fig. 6.12. En divers points de la zone du projet, les dunes sont traversées par des routes en dur, sur lesquelles la circulation automobile est autorisée (Plaatsduinen-Ter Yde, Coxyde). Pour les invertébrés moins mobiles (coléoptères marcheurs, mollusques, etc.), mais aussi pour les amphibiens, une telle situation peut limiter voire empêcher la perméabilité de la zone dunaire. Compte tenu des conséquences des changements climatiques, il est de la plus haute importance que la zone des dunes soit vaste et aussi peu fragmentée que possible, afin que les organismes puissent se déplacer facilement vers des zones offrant des conditions de vie et de reproduction appropriées. L'élaboration d'un plan de défragmentation bien réfléchi pour la zone du projet et sa mise en œuvre sont donc d'une grande importance.

Services écosystémiques

Biodiversité : ***

- supprimer l'isolement génétique de (sous-)populations (notamment : Crapaud calamite, Triton crêté, Lézard vivipare, Agreste, etc.) ;
- offrir des possibilités de (re)colonisation de parties du territoire (y compris par les petits mammifères), afin d'améliorer la viabilité des populations ;
- augmenter la perméabilité du paysage pour les espèces de papillons et de chauves-souris moins mobiles, c'est-à-dire les espèces (cibles) de papillons et les chauves-souris délicates ;
et
- éviter les collisions.

Loisirs : ***

- L'utilisation du sol par des installations récréatives ou l'effet perturbateur de la présence humaine peut affecter la fonctionnalité d'une connexion naturelle. Par contre, ces deux éléments peuvent aussi se soutenir mutuellement du fait du maintien de l'espace ouvert et de la possibilité de combinaison des connexions. Il est nécessaire d'évaluer au cas par cas à quel point la connexion peut être multifonctionnelle. Les connexions écologiques et

récréatives peuvent cohabiter, à condition qu'un aménagement approprié (larges accotements, écrans verts, etc.) soit mis en place.

La défragmentation augmente certainement la valeur d'agrément. De la sorte, le vacancier découvre davantage la région dunaire comme une unité. Dans le cas où la circulation motorisée est sévèrement restreinte ou exclue, il y aura moins de nuisances sonores.

Programme d'actions

- Créer des fiches signalétiques pour la fragmentation. L'effet de barrière le plus important provient des constructions. En outre, le réseau routier croise d'importantes zones de dunes à de nombreux endroits et peut donc causer des « goulots d'étranglement » potentiels à des endroits clairement identifiables, affectant la nature existante et dans le cas présent les espèces guides sélectionnées. En tenant compte de la situation, du type de zone, etc. et en fonction de la faisabilité et de la nécessité, les goulots d'étranglement peuvent alors être systématiquement retravaillés (atténués ou effectivement résolus), de préférence lors de la révision du plan d'aménagement du territoire, dans le cadre des plans de rénovation et de réaménagement des zones urbaines, lors du réaménagement ou de l'entretien des infrastructures de transport, ou lors de la planification d'autres travaux (contourner un goulet d'étranglement existant par une solution alternative dans le voisinage).
- Éviter la fragmentation en agissant sur les projets planifiés.
- Il est extrêmement important de garder l'espace ouvert restant au sein des connexions exemptes de bâtiments, par exemple en le pérennisant légalement (adaptation ou rédaction de PLU/RUP).
- Optimiser la gestion des accotements routiers afin de maximiser la conservation de la végétation dunaire caractéristique et de lui permettre de fonctionner comme un corridor pour certaines espèces.
- Mettre en place des zones de pâturage transfrontalières qui facilitent la dissémination d'organismes dans le cas d'espèces végétales et de petits insectes moins mobiles entre les zones dunaires (par exemple Ter Yde-Plaatsduinen, Doornpanne, Maerestraat, etc.).
- Créer des passages pour la faune et une infrastructure de guidage pour les espèces cibles là où nécessaire/souhaitable (par ex. tunnels pour amphibiens, tunnels pour petits mammifères, etc.).

Les passages pour la faune devraient de préférence être réalisés sur le trajet des routes migratoires naturelles. Ces points de passage peuvent être identifiés par (1) l'étude des déplacements des espèces animales dans le paysage, (2) la recherche de passages réussis et non réussis (animaux victimes de la circulation) de ces barrières infrastructurelles. En outre, les caractéristiques du paysage et la configuration spatiale des biotopes peuvent être un facteur d'orientation pour déterminer l'emplacement des passages de la faune.

- Le réaménagement des routes au profit des usagers lents : marcheurs, cyclistes et cavaliers.
- Limiter le passage et la vitesse (30 km/h) pour le trafic motorisé sur des voies traversant les massifs dunaires importants (octroi au minimum du statut de rue cyclable) ; limiter l'effet de barrière et les victimes de la route.
- Quid du canal Dunkerque-Veurne, comme barrière de migration entre la ceinture dunaire côtière actuelle et la ceinture dunaire fossile ?

6.2.11. Créer une nature dunaire dans l'environnement bâti

Objectif

Cette ligne d'action et la suivante doivent être considérées comme des interventions à un seuil plutôt bas, qui cadrent de préférence dans le plan de défragmentation (ligne d'action 6.2.8), mais qui ne le sont pas a priori. En raison du caractère de seuil relativement bas de certaines interventions, certaines mesures d'actions se prêtent à l'action publique, à la participation d'ONG et d'autres acteurs potentiels.

- Préservation maximale de l'espace non encore bâti (jardins, jardins publics, parcs, terrains résiduels) et leur adaptation comme tremplin dans la zone de connexion écologique paysagère des espaces naturels dunaires reconnus.
- Verdissement d'espaces publics, semi-publics et semi-privés (parkings, places, parcs d'affaires, etc.) situés à des endroits stratégiques et en assurant leur adaptation comme tremplin dans la zone de connexion écologique paysagère des espaces naturels dunaires reconnus.
- Création d'infrastructures écologiques spécifiques pour interconnecter les habitats d'espèces cible (corridors pour papillons, amphibiens, chauves-souris, lérots, etc.).
- Compression des coûts d'entretien des espaces verts publics.
- Conception, dans le contexte transfrontalier, de la formation de gestionnaires d'espaces verts capables de travailler avec ce concept.
- Organisation d'une campagne de sensibilisation transfrontalière pour promouvoir et contribuer à la protection de cette nature dunaire proche de chez soi. En parallèle, mise en garde contre les problèmes posés par les espèces exotiques et exogènes envahissantes.

Habitats et espèces cibles

Habitat relatif aux codes 2130 et 2190 :

Crapaud calamite, Agreste, Petit nacré, Bembex à rostre, Criquet à ailes bleues, etc.

Habitat relatif aux codes 2160 et 2180 :

oiseaux des fourrés, lérots, chauve-souris, etc.

Services écosystémiques

Biodiversité : ***

Loisirs : **

Santé (mentale) : **

Programme d'action

Encouragement de « complexes de jardins de valeur naturelle » par les autorités communales, régionales et provinciales :

- Valorisation du « complexe de jardins » comme espace naturel supplémentaire :
 - Élaborer une vision verte pour l'environnement bâti, incluant les jardins. La vision verte tient compte de la biodiversité propre à la côte. Là où il y a des obstructions, celles-ci sont éliminées en y incluant également les jardins ;
 - Jardins « Green Deal » comprenant des mesures incitatives et des réglementations permettant d'atteindre les objectifs. Parallèlement, sensibiliser et former avec des conseils appropriés, des ensembles de plantes et des propositions d'aménagement et d'entretien, y compris des propositions pour l'infiltration locale des eaux pluviales (approche coordonnée avec l'autorité comme en tant que régisseur) ;

- Constituer un point de contact pour le jardinage « orienté dune » : présenter des propositions pour un plan de jardin spécifique aux dunes, offrant des services écosystémiques optimaux (biodiversité, détente, rétention d'eau), adaptés au demandeur.



Fig. 6.13. Les jardins et les accotements routiers peuvent, s'ils sont bien conçus et gérés, offrir un espace pour le développement et le maintien de la végétation dunaire et de la faune associée (Sint-André, Coxyde). Si elles sont abordées et encadrées de manière sensée dans une vision spatiale plus large de la politique dunaire, de telles situations peuvent jouer un rôle dans la réalisation de connexions écologiques pour toute une série d'espèces (cible). Dans les cas illustrés, la biodiversité des prairies dunaires peut être optimisée en limitant l'élimination des peupliers et des fourrés à de petits groupes d'arbustes indigènes.

- Soutenir activement les interventions écologiques et respectueuses de l'environnement dans les jardins privés adjacents aux espaces naturels ;
- Actions dans l'espace public et semi-public/semi-privé dans le cadre de l'élimination des voiries en dur inutiles (cf. « opération perforation » en Flandre), à savoir réaménagement de parkings, de places, de routes peu utilisées, etc. ;
- Optimiser la gestion des accotements routiers dans les zones de logement/de résidence, afin de maximiser le maintien de la végétation dunaire caractéristique et de lui permettre de fonctionner comme un corridor pour certaines espèces ;
- Établir des programmes d'action par espèce pour des espèces cibles pour lesquelles des jardins bien aménagés peuvent également être importants (Azurés, Petit cuivré, Criquet à ailes bleues, etc., Decticelle chagrinée, cicindèle, tritons, lérots, etc.). Actions contre les espèces exotiques. Les espèces exotiques se répandent aussi rapidement à partir des jardins. Elles remplacent souvent les espèces indigènes, et peuvent aussi causer des maladies. Voir aussi les points d'actions sur les espèces non indigènes envahissantes (6.2.XXX).



Fig. 6.14. L'image montre une des zones de la zone du projet où peut être atténué l'effet de barrière en ce qui concerne la connexion des dunes Dewulf (à gauche) et de la dune Marchand (à droite), à condition que les jardins privés et le domaine public (accotements, parking, etc.) soient soigneusement redessinés et que l'on évite une densification supplémentaire par des constructions.

6.2.12. Optimiser la fonction de connexion écologique paysagère de certaines infrastructures linéaires

6.2.12.1. Aménagement paysager de l'autoroute A16-E40

Objectif

- Réduire l'effet de barrière écologique pour les animaux migrateurs, en l'occurrence les mammifères (chevreuils, mustélidés, etc.) et les amphibiens, en réalisant des passages écologiques sûrs ;
- Optimiser l'autoroute transfrontalière en tant que corridor écologique ;
- Réduire l'impact visuel de l'autoroute transfrontalière sur le paysage ;
- Limiter les espèces exotiques en faveur d'arbustes et d'arbres indigènes ;
- Éliminer les espèces exotiques envahissantes.

Terrain d'action

L'autoroute A16 - E40, en particulier les accotements et autres infrastructures liées à l'autoroute (bassins d'orage, aires de repos, fossés de collecte, etc.).



Fig. 6.15.a. La photo montre une des zones longeant l'A16 à hauteur de Ghyvelde, où il y a un vaste domaine public le long et à proximité de l'autoroute, qui peut être valorisé et optimisé écologiquement moyennant un réaménagement et/ou une gestion adaptée. Un choix spécifique de mesures cadre de préférence dans le cadre d'un plan global de défragmentation, de la prévention des collisions et d'un programme de connexions écologiques. Les mesures sont adaptées aux exigences spécifiques des espèces cible choisies.

Espèces cibles

Blaireau, Epipactis des marais, amphibiens, espèces des bords de champs (marguerite, centaurée, knautie des champs) et prairie à Potentille des oies.

Services écosystémiques

Biodiversité : *

Retenue d'eaux : *

Programme d'action

- Rédiger un plan de défragmentation et le plan de suivi associé (quels ponts et passages souterrains existants peuvent être réaménagés en passages écologiques, nouvelles constructions nécessaires ?) ;
- Prévenir les collisions en installant l'infrastructure nécessaire (miroirs pour faune, clôtures, tranchées, etc.) et en guidant vers des passages ou des habitats sûrs ;
- Arracher les espèces exogènes et envahissantes et décaper leurs zones de croissance ;
- Creuser des mares et excaver des zones peu profondes dans les bassins de captage d'eau ;
- Harmoniser la gestion des accotements transfrontaliers en termes de dates de fauche et de hauteur de coupe ;
- Une gestion écologique des accotements avec exportation des déchets verts est préférable ;
- Une esquisse sera réalisée pour créer un corridor écologique transfrontalier le long de l'autoroute au moyen d'arbres, de buissons, d'étangs, de fossés, etc. (voir par exemple la fig. ci-dessous). Sur la base de l'esquisse, des concertations, des discussions et une coordination ont lieu avec toutes les parties concernées, pour aboutir à une proposition de projet finale.

Une fois le projet réalisé seront effectués une évaluation technique et un suivi de son utilisation. La gestion et l'entretien des installations sont définis dans un plan de gestion.

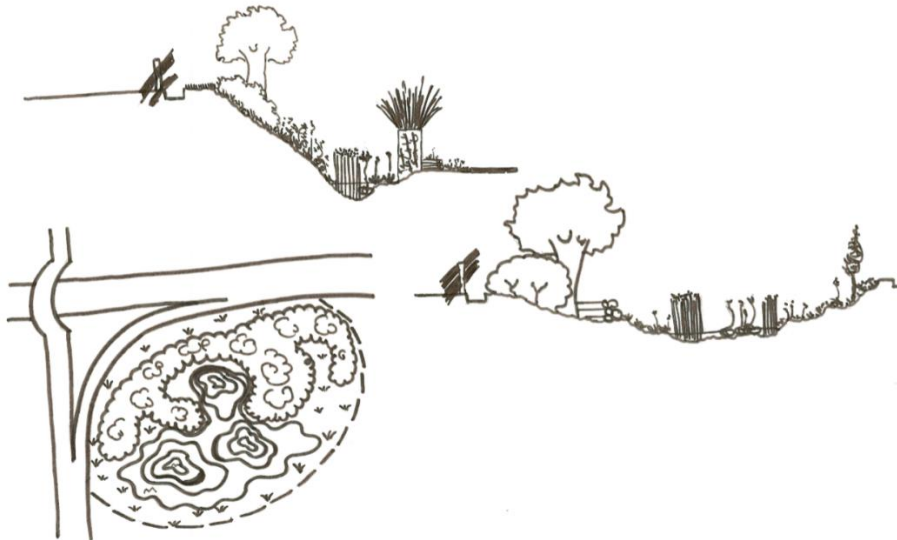


Fig. 6.15.b Illustration de quelques suggestions pour la valorisation écologique et l'optimisation des accotements et des zones du domaine public le long de l'A16.

6.2.12.2. Le canal Veurne-Dunkerque comme corridor écologique

Objectifs

- Réduire l'effet de barrière écologique pour les animaux migrateurs, en l'occurrence les mammifères (chevreuils, mustélidés, etc.) et les amphibiens, en réalisant des points d'accès écologiques sûrs (côté nord). Prévoir la réduction de l'effet barrière de la voirie adjacente (la même gamme de mesures que pour l'autoroute 6.2.12.1. pourrait être envisagée, complétée par des passages inférieurs spécifiques pour les organismes aquatiques, les amphibiens, etc.) ;
- Renforcer la fonction de corridor écologique du canal sur toute la longueur de cet axe transfrontalier structurant ;
- Combattre les espèces envahissantes exotiques et exogènes ;
- Optimiser les possibilités de traversée du canal par des animaux sauvages ;
- Harmoniser la gestion des berges et des talus de part et d'autre de la frontière nationale ;
- Travailler à une identité transfrontalière du paysage du canal ;
- Aligner mutuellement les aménagements écologiques utilisés pour différentes applications ;
- Faciliter l'exploration des dunes et des polders avoisinants au départ de l'ancien chemin de halage du côté nord du canal ;
- Valoriser le patrimoine hydraulique existant (anciennes écluses, ponts et arcs en briques, etc.), tant sur le plan économique que touristique ;
- Constituer de manière réfléchie un réseau aquatique continu en reliant le canal aux plans d'eau adjacents. L'intention ne peut pas être de drainer davantage ou plus rapidement les zones de transition entre dunes et polders. Toutefois, le plan doit s'inscrire dans le cadre de la réalisation d'une réserve naturelle transfrontalière contiguë (pour la partie paysage de vasières couvert / pseudo-polders, voir 6.2.5.).

Terrain d'action

* le canal et la zone immédiatement adjacente (rives, talus et accotements du chemin de halage, etc.).

Habitats et espèces cibles

Brochet, Couleuvre à collier, chevreuil, amphibiens (traversée écologique), Primevère officinale, Conocéphale des roseaux, etc.

Services écosystémiques

Biodiversité : ***

Retenue d'eaux : *

Loisirs : ***

Programme d'actions

- Adapter les berges escarpées par l'aménagement de sites d'accès pour la faune, de frayères à poissons, de zones marécageuses (roselières, pose de blocs, troncs, etc.) ;
- Arracher et décimer les espèces exotiques et exogènes ;
- Gestion écologique transfrontalière optimale des berges et des talus (avec développement de communautés de Primevère officinale), par pâturage et/ou fauchage avec exportation des déchets verts ;
- Mise en œuvre du plan d'action touristique et récréatif pour la découverte du canal à partir du chemin de halage nord (signalisation bilingue, soutien au et restauration du patrimoine fluvial, etc.) ;

- Une esquisse sera réalisée pour créer un corridor écologique transfrontalier le long du canal, notamment via la création de forêts rivulaires « suivant le cours du canal » et ayant une affinité pour l'habitat 91E0, fourrés de saules, roselières, étangs, fossés, etc. (voir par exemple fig.6.14). On étudiera en outre dans quelle mesure les connexions existantes entre le canal et les fossés de drainage peuvent également être optimisées d'un point de vue écologique et intégrées dans l'avant-projet sans drainer davantage ou plus rapidement les zones de transition entre dunes et polders. Le plan doit s'inscrire dans le cadre de la réalisation d'un espace naturel transfrontalier continu, en l'occurrence le paysage de vasières couvert / pseudo-polders.
- Sur la base de l'esquisse, des concertations, des discussions et une coordination ont lieu avec toutes les parties concernées, pour aboutir à une proposition de projet finale.
- Une fois le projet réalisé seront effectués une évaluation technique et un suivi de son utilisation. La gestion et l'entretien des installations sont définis dans un plan de gestion.

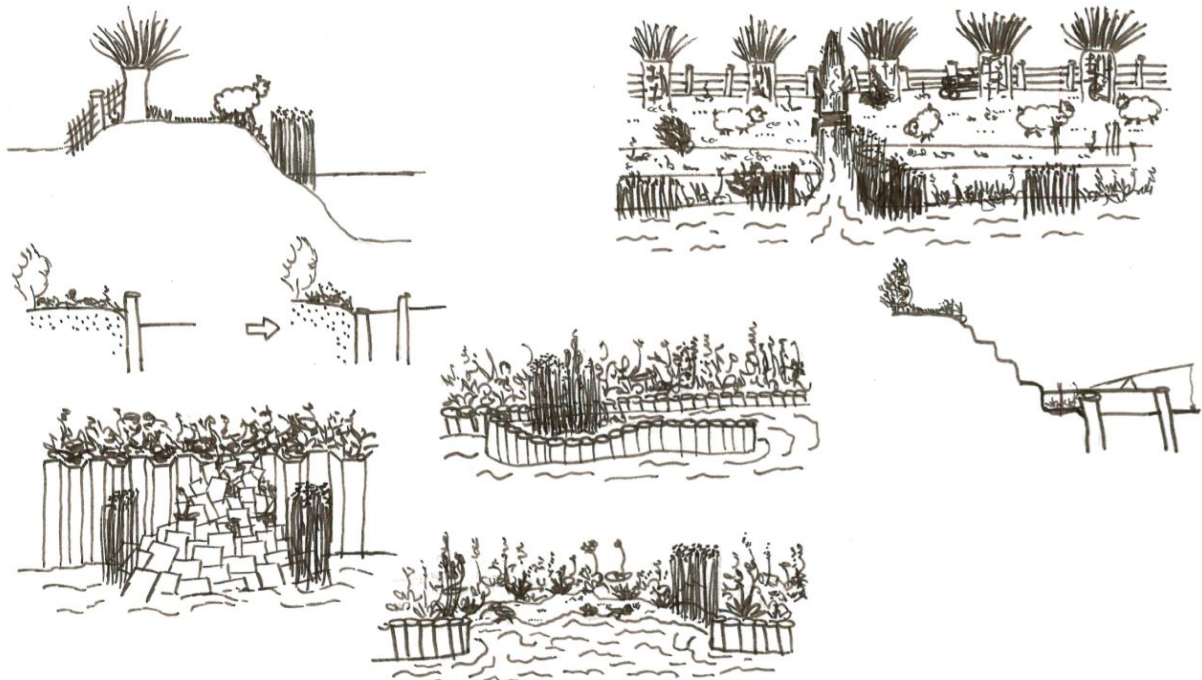




Fig. 6.16. Les illustrations montrent respectivement la situation actuelle le long du canal dans la zone du projet (en haut). Les dessins illustrent de quelques suggestions pour la valorisation écologique et l'optimisation des rives et environs du canal. Les photos en bas montrent un exemple d'abris de faune pour petits et grands mammifères et amphibiens en présence de berges bétonnées et escarpées (canal).

6.2.12.3. La voie ferrée, fenêtre ouverte sur les dunes (plan Lérot)

Objectifs

- Renforcer la fonction de corridor transfrontalier de cet axe de connexion structurant ;
- Limiter l'envahissement de la végétation naturelle par des espèces exotiques et exogènes ;
- Faciliter la découverte des zones dunaires avoisinantes à partir de la voie ferrée, qui sera convertie en un axe récréatif vert ;
- Valoriser le patrimoine immobilier existant inhérent au chemin de fer ;
- Composer un paysage ferroviaire transfrontalier identifiable grâce à l'utilisation de matériaux uniformes, de signalisation, etc. ;
- Soutenir les interventions écologiques et respectueuses de l'environnement dans les jardins privés adjacents à la voie ferrée.

En raison de sa position abritée derrière les dunes et du substrat rocheux, la plate-forme de la voie ferrée forme un environnement chaud caractéristique et constitue donc une importante voie de migration pour les organismes thermophiles du sud.

Habitats et espèces cibles

Lérot, Criquet à ailes bleues, Hélianthème nummulaire (ssp. obscurum), Luzerne naine, Anthyllide vulnérable, Argus frêle, etc.



Fig. 6.17. La plate-forme de la voie ferrée de la liaison ferroviaire désaffectée Dunkerque-La Panne peut aussi bien constituer un habitat pour les espèces dunaires sèches que jouer un rôle de corridor écologique. Dans les deux cas, un aménagement et une gestion soignés peuvent optimiser la fonction écologique. Ici aussi, le choix des espèces cibles est essentiel et il est préférable de travailler sur une vision globale. Il faut également examiner dans quelle mesure et comment cette structure peut remplir une fonction récréative.

Services écosystémiques

Biodiversité : **

Loisirs : ***

Programme d'actions

- Concevoir des « jardins à lérots » privés (vergers, bois mort, nichoirs, etc.) pouvant jouer un rôle d'habitat et/ou de tremplin écologique pour cette espèce. Le même principe peut être appliqué à d'autres espèces cibles (cf. programme de défragmentation) ;
- Mettre en place des zones d'intersections et de passages pour la découverte des habitats adjacents ;
- Constituer un paysage transfrontalier reconnaissable le long de la voie ferrée ;
- Préserver et renforcer le paysage traditionnel (à partir de l'analyse de certains segments) ;
- Réparer et restaurer le patrimoine architectural, inhérent au passé ferroviaire ;
- Combattre les espèces envahissantes exotiques et exogènes ;

6.2.13. Élaboration d'un cadre pour les loisirs axés sur la nature et l'éducation à la nature

Objectif

- Coopération transfrontalière dans le domaine des loisirs de plein air axés sur la nature et de l'éducation à l'environnement et à la nature.

Plan d'actions

- Réaliser des itinéraires transfrontaliers pour les sports de nature (cyclisme, la marche, l'équitation, le canoë-kayak...)
- Collaborer en matière d'infrastructure, éventuellement en développant une signalétique commune
- Élaborer une information bilingue sur l'éducation à la nature adaptée à la région
- Étendre les zones où l'imbrication de la nature et des loisirs est centrale, telles qu'une zone de nature récréative, un étang de natation et de loisirs, un parcours VTT, un camping nature, etc.

6.2.14. Coopérer par-delà la frontière en matière de surveillance des espèces cibles

Objectifs

- Mettre en place un programme de surveillance transfrontalier (cf. PINK franco-belge) visant à comprendre la répartition, la biologie et l'écologie des espèces d'intérêt et des autres espèces pour lesquelles des objectifs écologiques importants ont été fixés ;
- Faciliter l'échange de connaissances entre naturalistes et gestionnaires de la nature des deux côtés de la frontière nationale ;
- Réaliser des cartes de répartition transfrontalière des espèces ;
- Former des naturalistes (universitaires, guides nature, habitants, etc.) à l'identification des espèces et à l'enrichissement de la connaissance des espèces.

Habitats et espèces cibles

Les experts établissent la liste des espèces à surveiller (par exemple, les espèces cibles du réseau Natura 2000, les bio-indicateurs de l'habitat cible, des projets de défragmentation et d'évaluation de la gestion)

Domaine d'action

L'ensemble de la zone transfrontalière du projet en termes d'espaces naturels, de sites Natura 2000, de zones adjacentes et de cas spécifiques (par exemple, projets de défragmentation, sites d'actions de protection des espèces, etc.)

Plan d'actions

- Développer un cadre de coopération pour le suivi et la recherche. Cartographier les réseaux de mesure, le stockage des données, les flux de données et les métadonnées (projections cartographiques communes par exemple). Dans ce cadre, une approche pluridisciplinaire forte est nécessaire et des accords doivent être conclus avec les services météorologiques, les géomorphologues et la protection côtière (données LiDAR), les gestionnaires de l'eau (hydrologie), etc. ;

- Développer une approche commune de la future recherche écologique, avec établissement de priorités et coopération de grande envergure. Étudier en priorité la dynamique de la végétation sous l'influence du pâturage et de processus de végétation spontanés ou suivant des climax biotiques ;
- Documenter et établir une liste d'espèces (cible) à inventorier. Ce travail a déjà été effectué dans le cadre de ce plan directeur. Toutefois, des méthodologies doivent encore être convenues et des engagements à long terme doivent être pris des deux côtés de la frontière. Élaborer une typologie détaillée de la végétation et un système de cartographie de la végétation compatible avec les typologies et les exigences des politiques des deux pays. Une carte homogène de l'habitat, compatible avec la typologie de l'UE, constitue un produit dérivé important à cet effet ;
- Développer un réseau de quadrats floristiques sur l'ensemble du territoire. Des réseaux de surveillance existent et sont disponibles ici, d'une part auprès du Centre Régional de Phytosociologie de Bailleul et d'autre part auprès du réseau de surveillance PINK, en cours d'intégration dans le réseau flamand de surveillance Natura 2000 pour la qualité des habitats. Compte tenu des différentes tailles des quadrats (1 m² contre 3x3 m² respectivement), l'intégration devra se faire principalement au niveau des résultats (effets de gestion) ;
- Étendre les réseaux de surveillance hydrologique (études piézométriques) dans toute la zone. Les premières étapes ont déjà été réalisées pour cela, et les données peuvent être stockées dans une base de données commune (WATINA) ;
- Former le public cible à des contributions scientifiques citoyennes ;
- Aider et soutenir des enseignants universitaires, chercheurs et étudiants en écologie.

6.2.15. Structure d'organisation et de gestion transfrontalière

Objectifs

Construire ensemble l'espace naturel européen transfrontalier protégé pour une nature côtière plus abondante et de meilleure qualité

1. Mettre en place une coopération transfrontalière pour la gestion des dunes protégées, entre les autorités/partenaires responsables à ce sujet, une « entité de coopération » qui doit à l'avenir gérer l'espace naturel transfrontalier.

2. En plus des investissements dans la biodiversité, des travaux sont en cours sur un historique à long terme qui met l'accent sur la défense côtière, la gestion de l'eau, les loisirs et le tourisme, le patrimoine, l'adaptation climatique, la gestion de l'agriculture etc.

3. L'historique à long terme devrait prendre forme en établissant des liens collaboratifs avec d'autres administrations et services publics, les citoyens, les agriculteurs et les entreprises. De cette façon, le projet de nature transfrontalier ne sera pas seulement unique en son genre en termes de nature, mais il sera également soutenu par la communauté locale. Cela offre de nouvelles opportunités pour le développement de zones économique-environnementales. Les représentants de ces parties prenantes incitent l'entité de coopération à développer des actions.

Actions

Pour une réalisation bien conçue et de haute qualité, une bonne planification du projet est nécessaire, dans laquelle la répartition des tâches, la mise en œuvre des ressources, la coopération avec les partenaires et le calendrier sont définis. Ce plan directeur en constitue la base.

Le plan directeur donne un aperçu des besoins, des objectifs de politique et de l'approche, incluant le programme d'actions dans lequel une estimation des ressources organisationnelles et financières est insérée.

- Vers une organisation solide du projet par la mise en place d'un bureau de projet

Le démarrage de la coopération transfrontalière et de la politique complémentaire y afférente a jusqu'à présent été principalement assumé par le personnel disponible auprès des partenaires statutaires. En outre, des études ont été externalisées (par exemple, le plan directeur et une mission visant à déterminer la forme juridique la plus appropriée pour la future coopération).

Une fois la coopération transfrontalière juridiquement institutionnalisée et le plan directeur approuvé par les partenaires, sa mise en œuvre et le développement du projet peuvent avoir lieu. La complexité du projet et les projets de développement envisagés nécessitent une forte expansion de l'organisation interne du projet. La mise en place d'un bureau de projet est nécessaire pour cela. Ce bureau est composé en y injectant du personnel supplémentaire provenant des partenaires du projet, éventuellement complété sur une base ad hoc par des experts dans les questions à traiter, qui peuvent travailler ensemble à la réalisation du projet.

Par analogie avec des projets de même envergure, le bureau de projet devrait compter sur au moins 4 ETP pour la coordination (par ex. 2 Fr et 2 Be), et 2 ETP (de préférence bilingues) pour le support administratif et technique (notamment SIG, préparation des travaux d'aménagement, etc.). En plus du soutien général de l'organisation du projet, ce bureau se concentre sur la stimulation et l'organisation de processus de planification servant de base à l'aménagement durable des zones

concernées. Il y a en outre les sous-tâches importantes associées à la gestion de la nature, à l'achat de terres, aux aménagements récréatifs et aux communications des deux côtés de la frontière nationale. Les aspects récréatifs sont assumés en coopération avec des acteurs extérieurs, ou essentiellement par eux-mêmes. Ils font l'objet de projets de cofinancements.

- **Implantation du bureau de projet**

L'agrandissement d'un bureau à six employés pose également des défis logistiques pour le projet. En vue d'une bonne coopération interne entre les collaborateurs du bureau et d'une bonne coordination avec le niveau officiel et la direction des partenaires, il est important que le bureau du projet dispose d'espaces de bureaux dans le périmètre de travail, par exemple dans des bâtiments existants du Département (à Zuydcoote, la Ferme Nord par exemple) et/ou de l'ANB (à La Panne, par exemple au Koekuithof). Ce bureau est principalement considéré comme une plateforme organisationnelle et administrative qui soutient et aide à développer la réalisation concrète de projets.

- **Ressources financières pour le développement de projets transfrontaliers**

Le plan directeur FLANDRE fournit le cadre pour la suite de la mise en œuvre planifiée du développement de projets transfrontaliers. Pour y parvenir, une planification pluriannuelle est nécessaire dans un premier temps. Sur cette base sera établi chaque année un programme de projet concret comportant des actions, et qui cadrera avec le plan directeur. Les budgets et les ressources nécessaires pour les points d'actions identifiés peuvent alors encore être inclus dans les budgets et le fonctionnement des partenaires.

Pour le fonctionnement opérationnel quotidien, il est recommandé de prévoir un compte bancaire central pour le projet. Les partenaires du projet peuvent y verser les sommes convenues annuellement. Cela facilitera le règlement administratif de petites dépenses communes. Il appartient aux partenaires du projet d'en délibérer annuellement et de conclure les accords correspondants.

Références

- Alexandre J., Ericum M. & Vernemmen C. 1992. Het klimaat. In: Denis J. (Ed.) Geografie van België. Gemeentekrediet, Brussel: 87-127.
- ALFA Environnement. 2013. NATURA 2000, Document d'objectifs Dunes de la Plaine Maritime Flamande, Site FR 3100474. Rapport. 139p.
- Ampe C. 1996. Pedologie. In: Provoost S. and Hoffmann M. (eds) Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust. Deel I. Ecosysteembeschrijving. Instituut voor Natuurbehoud en Universiteit Gent, Brussel: 113-139.
- Ampe C. 1999. Onderzoek van duinbodems langsheen de Vlaamse en Noord-Franse kust met bijzondere aandacht voor de ecosysteemdynamiek en natuurbeheer. PhD Thesis. RUG, Faculteit Wetenschappen, Vakgroep Geologie en Bodemkunde, Laboratorium voor Bodemkunde: Gent. 3 volumes.
- Ampe C. 2009. Natuurinrichting: project Noordduinen: monitoringrapport. *Monitoringrapport*. Agentschap Natuur en Bos (ANB)/Vlaamse Landmaatschappij (VLM). 14 pp.
- Ampe C. & Langohr R. 1993. Distribution and dynamics of shrub roots in recent coastal dune valley ecosystems of Belgium. *Geoderma* 56: 37-55.
- Anoniem. 2004. Natuurproject Oosthoekduinen. Vlaamse Landmaatschappij en Aministratie Natuur, natuurinrichtingskrant, 4 p.
- Anthony E.J., Mrani-Alaoui M. & Héquette A. 2010. Shoreface sand supply and mid- to late Holocene aeolian dune formation on the storm-dominated macrotidal coast of the southern North Sea. *Marine Geology* 276: 100-104.
- Arens S.M., Geelen L., van der Hagen H. & Slings Q.L. 2007. Duurzame verstuiving in de Hollandse duinen; kans, droom of nachtmerrie. Eindrapport fase 1. RAP2007.02 in opdracht van Waternet, DZH en PWN, 72 p. + bijl.
- Augustyn B. 1992. Zeespiegelrijzing, transgressiefasen en stormvloed in maritiem Vlaanderen tot het einde van de XVIde eeuw: een landschappelijke, ecologische en klimatologische studie in historisch perspectief. Algemeen Rijksarchief, Brussel, 731p.
- Baeteman C. 2001. De Moeren and Inland Dunes – Holocene depositional history: Excursion Guide Fieldmeeting Geologica Belgica, 41p.
- Baeteman C. 2007. De ontstaansgeschiedenis van onze kustvlakte De Grote Rede 18: 2-10.
- Baeteman C. 2011. Ontstaan en evolutie van de IJzer- en Handzamevallei. In: Zwaenepoel A. & Verhaeghe F. (Red.). De Broeken van de IJzer- en Handzamevallei: 1-16.
- Bagnold R.A. 1954. The physics of blown sands and desert dunes. Methuen and Co, London, 265p.
- Bakker T.W.M., Klijn J.A. & Van Zadelhoff F.J. 1979. Duinen en duinvalleien. Een landschapsecologische studie van het Nederlandse duingebied. Pudoc, Wageningen, 201p.
- Banks B. & Beebee T.J.C. 1987. Factors affecting breeding site choice by the pioneering amphibian *Bufo calamita*. *Holarctic ecology* 10: 14-21.
- Barkman J.J. & Stoutjesdijk P. 1987. Microklimaat, vegetatie en fauna. Pudoc, Wageningen, 223p.
- Beauchamp Y. 1991. Prospection archéologique à Zuydcoote. Résultat des sondages de Juin 1991. GRALD.

Belgische Staat. 2012. Initial Assessment for the Belgian marine waters. Marine Strategy Framework Directive - Article 8, paragraphs 1a and 1b. BMM, Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, Brussel, België, 81 pp.

Belpaeme K. (red.) 2011. 10 jaar Duurzaam Kustbeheer. Oostende, België, 20 september 2011. Referatenbundel van de studiedag. Coördinatiepunt Duurzaam Kustbeheer. 78p

Biotope, 1996. Plan de gestion des dunes flamandes. Tome5. La gestion. Rapport. Conseil Général Département du Nord, Conservatoire de l' Espace Littoral et des Rivages Lacustres. 78p.

Bonte D. (Ed.) 2001. Monitoring van de effecten op vegetatie, Flora en Fauna van het beheer van de natuureservaten en gewestelijke domeinen langs de Vlaamse Kust. Universiteit Gent.

Bonte D. 2004. Distribution of spiders in coastal grey dunes: spatial patterns and evolutionary-ecological importance of dispersal. Phd University Ghent.

Bonte D & Maes D. 2008. Trampling affects the distribution of specialised coastal dune arthropods. *Basic & Appl. Ecology*. 9(6): 726-734

Bortier P. 1848. Culture des dunes. De Panne, 8 p.

Bot J. 2010. Rapport 30. Instandhoudingsdoelstellingen voor speciale beschermingszones BE2500001 Duingebieden inclusief IJzermonding en Zwin BE2500121 Westkust BE2501033 Het Zwin. S-IHD-rapport-30-ontwerprapport voor WBC. Agentschap voor Natuur & Bos. docnr 021402100623.343p.

Brunsveld M. & Corporaal A. 2008. Halfnatuurlijke graslanden: herkomst van de plantensoorten, ontstaan en ontwikkeling. In: Schaminée J. & Weeda E. (red.) Grenzen in beweging, beschouwingen over vegetatiegeografie. Vegetatiekundige monografieën 1, KNNV, Zeist: 112-131.

Bultot F., Coppens A. & Dupriez G.L. 1983. Estimation de l'évapotranspiration potentielle en Belgique. Publications de l'Institut Royal Météorologique de Belgique, Série A No 112.

Coninx I., Bomans K., Dugernier M., Goosen H., Maas G. & Vervaet C. 2012. Klimaatbestendig Vlaanderen. Alterra, Wageningen, 142 p.

Cher Y., Cossement S., Paulet Y. 2013a. Evaluation du plan de gestion 1996-2001 de l'ENS Dune Dewulf Rapport i.o. Conseil Général Département du Nord, Conservatoire de l' Espace Littoral et des Rivages Lacustres. 177pp + annexes

Cher Y., Cossement S., Paulet Y. 2013b. Evaluation du plan de gestion 2001-2005 de la Réserve Naturelle Dune Marchand. Rapport i.o. Conseil Général Département du Nord, Conservatoire de l' Espace Littoral et des Rivages Lacustres. 159pp

Cher Y., Cossement S., Paulet Y. 2013c. Evaluation du plan de gestion 1996-2001 de l'ENS Dune du Perroquet. Rapport i.o. Conseil Général Département du Nord, Conservatoire de l' Espace Littoral et des Rivages Lacustres. 163pp.

Clarke M.L. & Rendell H.M. 2009. The impact of North Atlantic storminess on western European coasts: a review. *Quaternary International* 195: 31-41.

Clemmensen L.B., Andreasen F., Heinemeier J. & Murray A. 2001. A Holocene coastal aeolian system, Vejers, Denmark: landscape evolution and sequence stratigraphy. *Terra Nova* 13: 129-134.

Constandt M. 1986. Een eeuw vakantie : 100 jaar toerisme in West-Vlaanderen. Lannoo, Tielt. 159 p.

Coornaert M. (1974). Knokke en het Zwin. De geschiedenis, de topografie en de toponimie van Knokke, met een studie over de Zwindelta. Lannoo, Tielt, 442 p.

Cosyns, E. 2004. Ungulate seed dispersal: aspects of endozoochory in a semi-natural landscape. Phd University Ghent.

Cosyns E., Leten M., Provoost S., Zwaenepoel, A. & Hoffmann M 2010. Management of transition zones between coastal dunes and salt marsh or polder area: experiences from the Belgian coast. In: Dewulf E., Van Nieuwenhuysse H. & Herrier J.-L. (red.) Proceedings of the International workshop on the Management of Dune Polder and Dune Marshland Transition Zones, 7 October 2010, Knokke-Heist: 25-83.

Cosyns E., Provoost S. & Zwanepoel A. 2011. Evaluatie van het gevoerde beheer en opmaak van een beheerplan voor het VNR De Duinen en Bossen van De Panne. Wvi & INBO i.o.v. Agentschap Natuur en Bos.

Davoult D, Dewarumez J-M, Prygiel j & Richard A 1988. Carte des peuplements benthiques de la partie française de la Mer du Nord. Station Marine de Wimereux URA-CNRS 1363, 30 pp.

Cox K., Vanden Broeck, A. & Mergeay, J. 2015. Toestand van Vlaamse rugstreeppadpopulaties op basis van genetische data. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2015 (10767598), Brussel, 41 p.

Crapoulet A. 2015. Evolution du trait de côte, bilans sédimentaires et évaluation des zones à risques sur le littoral du Nord-Pas-de-Calais: analyse multi-échelles par LiDAR aéroporté. PhD Université du Littoral, Dunkerque, 345 p.

Creemers R.C.M. & van Delft J.J.C.W. (red.) 2009. De amfibieën en reptielen van Nederland. Nederlandse Fauna 9. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, Leiden, 476 p..

Curreli, A.; Wallace, H.; Freeman, C.; Hollingham, M.; Stratford, C.; Johnson, H.; Jones, L.. 2013 Eco-hydrological requirements of dune slack vegetation and the implications of climate change. *Science of the Total Environment*, 443. 910-919.

De Ceunynck R. & Thoen H. 1981. The Iron Age settlement at De Panne-Westhoek: ecological and geological context. *Helinium* 1981 (1): 21-42.

De Ceuninck R. 1992. Het duinlandschap: ontstaan en evolutie. In Termote, J. (red.) Tussen land en zee. Het duingebied van Nieuwpoort tot De Panne, Lannoo, Tiel. 18-45.

Declerck K. (Ed.) 2007. Europees beschermde natuur in Vlaanderen en het Belgisch deel van de Noordzee: habitattypen: dier- en plantensoorten. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2007.01, Brussel, 584 p.

Declercq E. & De Moor G. 1996. Geomorfologie. In: Provoost S. and Hoffmann M. (eds) Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust. Deel I. Ecosysteembeschrijving. Instituut voor Natuurbehoud en Universiteit Gent, Brussel: 48-86.

Degezelle, T. & Hoffmann, M. 2002. Natuurtechnisch beheersplan voor de duinen van het militair domein 'Kwartier Lombardsijde' te Nieuwpoort. *Verslag van het Instituut voor Natuurbehoud*, 2002.25. Instituut voor Natuurbehoud: Brussel. 103 + appendices

Degezelle T., Martens K., Van Camp M., Van Verre M., Walraevens K. & Hoffmann M. 2003. Naar een Geïntegreerd Watervoorzienings- en Natuurontwikkelingsplan (GWEN) voor de Westkust: gaan waterwinning en natuurontwikkeling hand in hand in overdekt waddenlandschap of Lenspolder? [CD-ROM]. Universiteit Gent: Gent, Belgium. 1cd-rom (232 pp. + annexes) pp.,

De Graaf L.W.S. 1977. Het strand : de relatie tussen processen, materialen en vormen, en een proeve van terminologie-gebruik. *K.N.A.G. Geografisch Tijdschrift* 11 (1): 47-67.

Degraer S, Vincx M, Meire P, Offringa H 1999. The macrozoobenthos of an important wintering area of the common scoter (*Melanitta nigra*). J.Mar.Biol.Ass. U.K. 79:243-251.

Degraer, S., U. Braeckman, J. Haelters, K. Hostens, T. Jacques, F. Kerckhof, B. Merckx, M. Rabaut, E. Stienen, G. Van Hoey, V. Van Lancker en M. Vincx 2009. Studie betreffende het opstellen van een lijst van potentiële Habitatrichtlijngebieden in het Belgische deel van de Noordzee. Eindrapport in opdracht van de Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, Directoraat-generaal Leefmilieu. Brussel, België. 93 pp.

Delaunois H. 1952. De Zeeduinen van de Westhoek. Natuur- en Stedenschoon 25 : 91-110.

De Loose L., Van Elsacker C., Verheyen R. F. 1996. Een verwervingsplan voor de Vlaamse kustduinen en aangrenzende gebieden. Universiteit Antwerpen, Intern rapport i. o. van AMINAL afdeling Natuur.

De Moor G. 2006. Het Vlaamse strand, geomorfologie en dynamiek. VLIZ, Oostende, 155p.

De Nocker L. Broeckx S., Demeyer R., Simoens I., Turkelboom F., Provoost S. & Van der Biest K. 2015. Evaluatie van de socio-economische impact van het FLANDRE project op de lokale economie, bevolking en het herstel van de ecosysteemdiensten. Eindrapport VITO i.o. van de Vlaamse Overheid, Agentschap Natuur en Bos West-Vlaanderen en het Conservatoire de l' Espace Littoral et des Rivages Lacustres in het kader van het Life+ Natuurproject FLANDRE. 87p.

De Putter G. & Orbie G. 1990. Het voorkomen van de Dwergstern *Sterna albifrons* als broedvogel aan de Vlaamse kust. Mergus 4(1) : 14-22.

Depuydt F. 1967. Bijdrage tot de geomorfologische en fytogeografische studie van het domaniaal natuurreserveaat De Westhoek. Waters en Bossen, Brussel, 101p.

De Raeve F. 1979. Sur les pelouses à Therophytes des dunes de la côte ouest de la Belgique, en partulier le Tortulo-Phleetum arenarii. Biologisch Jaarboek (Dodonaea) 47: 74-86

De Raeve F. 1989a. Natuurontwikkelingsplan voor de Belgische kust. Eindverslag eerste fase, partim vegetatiekunde: probleemstelling, theoretische basis, en overzicht van de ecologische processen in het duinlandschap, op grond van de inventarisatie van enkele sleutelgebieden. Instituut voor Natuurbehoud: Hasselt. 38 p

De Raeve F. 1989b. Landschap en beheer van de kustduinen: mag natuur ooit weer eens natuur worden? In M. Hermy (red.), Natuurbeheer. Van de Wiele, Stichting Leefmilieu, Natuurreserveaten en Instituut voor Natuurbehoud Brugge: 125-143.

De Raeve F. 1991. Een overzicht van een aantal ecologische basisdeterminanten en hun potenties voor natuurontwikkeling in de duinen en aangrenzende gebieden langs de Belgische kust. Verslag van de tweede fase (1990-1991), partim vegetatiekunde, van het onderzoeksproject "Natuurontwikkelingsplan voor de Belgische kust". Universiteit Gent, Lab. Plantkunde. 170p.

De Rond J. 2010. Invertebraten van dynamische zeeduinen. Provinciaal Waterleidingbedrijf Nood-Holland, 24 p.

Desender K., Baert L., Maelfait J.-P. & Hendrickx F. 2004. Evaluatie van recente natuurontwikkelingsmaatregelen aan de IJzermonding en langetermijnmonitoring van loopkevers en spinnen. In: Hoffmann M. et al. (eds). MONAIJ, Evaluatie van recente natuurontwikkelingsmaatregelen aan de IJzermonding. Universiteit Gent, 385 p.

De Smet J. 1961. Onze duinen in 1828. Biekorf 9: 256-266.

- Devos K. & De Groote D. 2004. Avifauna. In: Hoffmann M. et al. (eds). MONAIJ, Evaluatie van recente natuurontwikkelingsmaatregelen aan de IJzermonding. Universiteit Gent, 385 p.
- D'hondt B. 2011. The fate of seeds in dispersal through ungulates - costs and benefits to dry-fruited plants. Phd University Ghent.
- DIREN. 2005. Document d'objectifs du site Natura 2000 NPC002 "Dunes Flandriennes Décalcifiées", 127 p.
- Ebrahimi A. 2007. Towards an integrated framework of determining Grazing Capacity in low-productive, spatially heterogeneous landscapes. Phd University Ghent.
- Econnection. 1999. Vlaams natuurreservaat Belvédère (Koksijde, Sint-Idesbald) : Inrichtingsplan ten behoeve van natuurontwikkeling met gebruiksklaar uitvoeringsbestek en voorstellen inzake beheer. Econnection: Gent. 82 pp.
- Econnection, 2000. Geïntegreerd kustzonebeheer, Actieplan voor het beheer en de duurzame ontwikkeling van het duingebied tussen de Franse grens en Westende, deel I: Gebiedsvisie van het gebied tussen de Franse grens en Westende. Econnection cvba, i. o. van AWZ-WWK.
- Econnection, 2001. Beheersplan voor het Vlaams natuurreservaat "Het Schipgat, de Doornpanne en de Hoge Blekker" in het kader van een gebiedsvisie voor het gelijknamige strand- en duinencomplex te Koksijde. Eindrapport. Econnection: Gent. 166 pp.
- Edgar P. & Bird D.R. 2006. Action Plan for the Conservation of the Crested Newt *Triturus cristatus* species complex in Europe. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats, Strasbourg, 33p.'
- Erfanzadeh R. 2009. Spatio-temporal aspects of early vegetation succession in a recently restored salt-marsh ecosystem: a case study of the IJzer estuary (Belgium). Phd University Ghent.
- Fettweis M. & Van den Eynde D. 2003. The mud deposits and the high turbidity in the Belgian-Dutch coastal zone, Southern Bight of the North Sea. *Cont. Shelf Res.* 23(7): 669-691.
- Greipsson, S., and Davy, A.J. 1997. Responses of *Leymus arenarius* to nutrients: improvement of seed production and seedling establishment for land reclamation. *Journal of Applied Ecology*, 34, 1165-1176.
- Grootaert P. & Pollet M. 2004. Vliegen als onontbeerlijke elementen in de ecologie van strand en duinen. In: Provoost S. & Bonte D. (eds). *Levende duinen: een overzicht van de biodiversiteit aan de Vlaamse kust*. Mededelingen van het Instituut voor Natuurbehoud 22: 208-219.
- P. Grootjans P, Hendriksma, Engelmoer M, Westhoff.V. 1988. Vegetation dynamics in a wet dune slack I: rare species decline on the Waddenisland of Schiermonnikoog in The Netherlands. *Acta Botanica Neerlandica*. 37 (2)265-278.
- Haghebaert G. 1989. Coleoptera from marine habitats. *Verhandelingen van het symposium 'Invertebraten van België'*: 301-307.
- Herbauts, J. 1971. *Flore et végétation des dunes de la Réserve Naturelle domaniale du Westhoek*. Waters en Bossen, Werken nr 5, Brussel, 95 p.
- Herrier, J.-L., J. Mees, A. Salman, J. Seys, H. Van Nieuwenhuyse and I. Dobbelaere (Eds.) *Proceedings 'Dunes and Estuaries 2005' – International Conference on Nature Restoration Practices in European Coastal Habitats, Koksijde, Belgium*. Xiv + 685 pp. VLIZ Special Publication 19.
- Hesp P. 2002. Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology* 48: 245-268.

Hoffmann M., Ampe C., Baeté H., Bonte D., Leten M. & Provoost S. 1999. Ontwerpbeheersplan voor het Vlaams natuureservaat Hannecartbos gekaderd in een gebiedsvisie voor het duinencomplex Ter Yde te Oostduinkerke. Studie i.o.v. AMINAL, Afdeling Natuur, UG, Gent, 220p.

Hoffmann M., Bonte D., Cosyns E., Criel P., Lamoot I., Maelfait J.P., Provoost S., Somers N., & Struyven T. 2005. Evaluatie begrazing kustduinen 1997-2004: onderzoek en evaluatie van de biologische gevolgen van acht jaar graasbeheer in de vlaamse westkustreservaten. Instituut voor Natuurbehoud: Brussel : Belgium. 447 pp.

Hoffmann M. 2005. Monitoring natuurherstel IJzermonding 2001-2005. Eindrapport onderzoekopdracht. Instituut voor Bos en Natuuronderzoek. 386 p.

Hoffmann M. 2006. Beheersplan voor het Vlaams Natuureservaat IJzermonding.

Honnay O. & Jacquemyn H. 2010. Hoe groot is groot genoeg? De minimale omvang van een levensvatbare populatie vanuit populatiegenetisch perspectief. *Natuur.focus* 9(3): 117-123.

Houthuys R. 2012. Morfologische trend van de Vlaamse kust in 2011. Agentschap Maritieme dienstverlening en Kust, Afdeling Kust, Oostende, 150 p.

Howe M.A., Knight G.T. & Clee C. 2010. The importance of coastal sand dunes for terrestrial invertebrates in Wales and the UK, with particular reference to aculeate Hymenoptera (bees, wasps & ants). *Journal of Coastal Conservation* 14: 91-102.

Huiskes A.H.L. 1979. Biological flora of the British Isles: *Ammophila arenaria* (L.) Link (*Psamma arenaria* (L.) Roem. et Schult; *Calamagrostis arenaria* (L.) Roth). *Journal of Ecology* 67: 363-382.

Janssens J., Delgado R., Verwaest T. & Mostaert F. 2013. Morfologische trends op middellange termijn van strand, vooroever en kustnabije zone langsheen de Belgische kust: Deelrapport in het kader van het Quest4D-project. Versie WL2011R814_02_2rev3_0. WL Rapporten. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Jehle R. 2000. The terrestrial summer habitat of radio-tracked great crested newts *Triturus cristatus* and marbled newts *Triturus marmoratus*. *Herpetological Journal* 10: 137-142.

Jelgersma S., de Jong J., Zagwijn W.H. & Van Regteren Altena J.F. 1970. The coastal dunes of the Western Netherlands; geology, vegetational history and archeology. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 21: 93-167.

Joly P., Miaud C., Lehman A. & Grolet O. 2001. Habitat Matrix Effects on Pond Occupancy in Newts. *Conservation Biology* 15: 239-248.

Jones, M.L.M.; Wallace, H.L.; Norris, D.; Brittain, S.A.; Haria, S.; Jones, R.E.; Rhind, P.M.; Reynolds, B.R.; Emmett, B.A.. 2004 Changes in vegetation and soil characteristics in coastal sand dunes along a gradient of atmospheric nitrogen deposition. *Plant Biology*, 6 (5). 598-605.

Jones M.L.M., Sowerby A., Williams D.L. & Jones R.E. 2008. Factors controlling soil development in sand dunes: Evidence from a coastal dune soil chronosequence. *Plant and Soil* 307: 219-234.

Klijin J.A. 1981. Nederlandse kustduinen, geomorfologie en bodems. Pudoc, Wageningen, 188p.

Klijin J.A. 1990. The Younger Dunes in the Netherlands; chronology and causation. In: Bakker T.W., Jungerius P.D. & Klijin J.A. (eds.) *Dunes of the European Coasts; geomorphology – hydrology – soils*. *Catena Supplement* 18: 89-100.

Kooijman A.M., Dopheide J.C.R., Sevink J., Takken I. & Verstraten J.M. 1998. Nutrient limitations and their implications on the effects of atmospheric deposition in coastal dunes; lime-poor and lime-rich sites in the Netherlands. *Journal of Ecology* 86: 511-526.

Kooijman A.M. 2001. Sleutelrol voor N of P? Consequenties van nutriëntenbeschikbaarheid voor regeneratieperspectieven van duinvalleien. *Landschap* 18: 199-210.

Kooijman, A.M., and Besse, M. 2002. The higher availability of N and P in lime-poor than in lime-rich coastal dunes in the Netherlands. *Journal of Ecology*, 90, 394-403.

Kupfer A. & Kneitz S. 2000. Population ecology of the great crested newt in an agricultural landscape: dynamics, pond fidelity and dispersal. *Herpetological Journal* 10: 165-172.

Lamoot I. 2004. Foraging behaviour and habitat use of large herbivores in a coastal dune landscape. Phd University Ghent.

Landuyt L. & Schietecat G.D. 1992. Klimaatgemiddelden en weerextremen in België. Meteorologische documentatie, K.M.I., België, 255p.

Le Falher G., Rufin-Soler C. & Audouit C. 2015. Etude de la fréquentation dans les dunes de Flandre Opération Grand Site de France, Rapport final avril 2015. Université du Littoral Côte d'Opale, Université Lille 1

Lehouck A., Thoen H. 2012. De oude bewoning op de duinen. Onderzoek naar landschap en bewoning in de Westhoekduinen van ijzertijd tot middeleeuwen. In Berquin H. (ed.). In het zand geschreven. De duinen van de Westhoek, een geschiedenis.

Lemoine G. 2005. Dunes flamandes. Joyau naturel du Nord. Cahier, Service Espaces Naturels Sensibles, Département du Nord. 34p.

Leten M., Van Nieuwenhuysse H. & Herrier J. -L. 2005. Invasive scrub and trees in the coastal dunes of Flanders (Belgium): an overview of management goals, actions and results, *in*: Herrier, J. -L. *et al.* (Ed.) (2005). *Proceedings 'Dunes and Estuaries 2005': International Conference on nature restoration practices in European coastal habitats, Koksijde, Belgium 19-23 September 2005. VLIZ Special Publication*, 19: pp. 111-128.

Leten M. 2013. Veranderende floristiek in een veranderend landschap. Beschouwingen naar aanleiding van waarnemingen van *Iris foetidissima*, nieuw voor de Belgische flora. *Dumortiera* 102: 17-31.

Lippens L. 1954. Les oiseaux d'eau de Belgique. 2e éd., Vercruyssen-Vanhove, St.Andries.

Loiseau J., Fauchois J. & La Chapelle M. 1996. Plan de gestion des dunes flamandes. Tome 1: géologie, géomorphologie, hydrogéologie. Biotope, Paris, 201 p.

Lommaert L. 1989. Beheerspraktijk: oefening baart kunst! In M. Hermy (red.), *Natuurbeheer*. Van de Wiele, Stichting Leefmilieu, Natuureservaten en Instituut voor Natuurbehoud Brugge: 187-207.

Martens K. & Walraevens K. 1996. Hydrologie. In: Provoost S. & Hoffmann M. (red.). *Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust*. Universiteit Gent en Instituut voor Natuurbehoud i.o.v. AMINAL, afdeling Natuur, Brussel : 87-112.

Massart J. 1908a. Essai de géographie botanique des districts littoraux et alluviaux de la Belgique + Annexe. Lamartin, Bruxelles, 584 + 121 p.

Massart J. 1908b. Les districts littoraux et alluviaux de la Belgique. In: Bommer, Ch. & Massart, J.: *Les aspects de la végétation de la Belgique*. Jardin botanique de l'Etat, Bruxelles.

Massart J. 1913. Pour la protection de la nature en Belgique *Bull. Soc. roy. bot. Belg. 51(2ième sér.)(1 (Vol. jubilaire))*: 1-308, map., ill.

Mathys M. 2009. Holocene transgression, evolution of a back-barrier basin, and formation of storm-generated sand ridges. P. 137-253. In: The quaternary geological evolution of the Belgian Continental Shelf, southern North Sea. PhD University Ghent. 382p.

Miaud C., Sanuy D. & Avrillier J.-N. 2000. Terrestrial movements of natterjack toad *Bufo calamita* (Amphibia, Anura) in a semi-arid, agricultural landscape. *Amphibia-Reptilia* 21: 357-369.

Molenaar T. 2005. Het raadsel van de grote en de duinparelmoervlinder, waarom is de aantalsverhouding gewijzigd. *Vlinders* 3: 14-15.

Ntegeka V. & Willems P. 2008. Climate change impact on hydrological extremes along rivers and urban drainage systems. III. Statistical analysis of historical rainfall, ETo and river flow series trends and cycles. KUL en KMI, Leuven, 37p.

Observatoire de la biodiversité du Nord - Pas-de-Calais, 2013. Analyse des indicateurs 2012. ORB, Bailleul. 110 p.

Observatoire de la biodiversité du Nord - Pas-de-Calais, 2014. État des lieux de la biodiversité dans les territoires des schémas de cohérence territoriale. ORB, Bailleul. 300 p.

Oloff H., Huisman J. & Vantooten B.F. 1993. Species dynamics and nutrient accumulation during early primary succession in coastal sand dunes. *Journal of Ecology* 81: 693-706.

Oloff H. & Piersma T. 2010. De Nederlandse biodiversiteit is met verder polderen niet te herstellen. *De Levende Natuur* (111)6:238-242.

Ozinga W.A., Arnolds E., Keizer P.J. & Kuyper T.W. 2013. Paddenstoelen in het natuurbeheer. OBN Preadvies paddenstoelen. Deel 2: mycoflora per natuurtipe. Bosschap, Driebergen, 377p.

Pontee, N. 2013. Defining coastal squeeze: A discussion. *Ocean & Coastal Management*, Volume 84, 204-207

Provoost S. & Hoffmann M., eds., 1996. Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust. 1. Ecosysteembeschrijving. Studie in opdracht van Aminal, Afdeling Natuur, Universiteit Gent & Instituut voor Natuurbehoud, Brussel, 375 p. + bijlagen.

Provoost S. 2004. Het kustecosysteem. In: Provoost S. & Bonte D. (red.). *Levende duinen: een overzicht van de biodiversiteit aan de Vlaamse kust*. Mededelingen van het Instituut voor Natuurbehoud 22: 10-45.

Provoost S. & Bonte D. 2004. Biodiversiteit en natuurbehoud. In: Provoost S. & Bonte D. (red.). *Levende duinen: een overzicht van de biodiversiteit aan de Vlaamse kust*. Mededelingen van het Instituut voor Natuurbehoud 22: 366-415.

Provoost S., Ampe C., Bonte D., Cosyns E. & Hoffmann M. 2004. Ecology, management and monitoring of grey dunes in Flanders. *Journal of Coastal Conservation* 10(1): 33-42.

Provoost S., Van Gompel W., Feys S., Vercruyssen W., Packet J., Van Lierop F., Adams Y. & Denys L. 2010. Permanente Inventarisatie van de Natuurrezervaten aan de Kust, eindrapport periode 2007-2010. Rapport Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2010.19, Brussel, 169 p.

Provoost S., Edmondson S.E. & Jones M.L.M. 2011a. Changes in landscape and vegetation of coastal dunes in northwest Europe: a review. *Journal of Coastal Conservation* 15 : 207-226.

Provoost S., Feys S., Van Gompel W. & Vercruyssen W. 2011b. Evaluatie van het gevoerde beheer en opmaak van een beheerplan voor het VNR De Duinen en Bossen van De panne, deel I: evaluatie van het gevoerde beheer in de deelgebieden Houtsaegerduinen en de westhoek. Rapport Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2011.53, Brussel, 123 p.

Provoost S. 2014. Ecologische basismonitoring van het kustecosysteem. Rapporten van het INBO.R.2014 (2025629). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Provoost S., Dan S. & Jacobs S. (2014). Hoofdstuk 23 – Ecosysteemdienst kustbescherming (INBO.R.2014.1988082). In: Stevens M. et al. (eds.), Natuurrapport - Toestand en trend van ecosystemen en ecosysteemdiensten in Vlaanderen. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.M.2014.1988582, Brussel.

Provoost S., Van Gompel W., Vercruyssen E., Packet J. & Denys L. 2015. Permanente Inventarisatie van de Natuurreservaten aan de Kust, PINK II: eindrapport periode 2012-2014. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, no. INBO.R.2015.8890955, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

Provoost S., Raman M., Schelfhout S., Verheyen K., Vangansbeke P. De Schrijver A. 2018. Referentieonderzoek nutriënten voor bepalen van de kwaliteit van Europees beschermd duinhabitats: hoe problematisch zijn fosfaten aan de kust? Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Labo voor Bos & Natuur UGent & Vakgroep Natuur- en Voedingwetenschappen HoGent.

Provoost S., Vandekerckhove K. & Denys L. 2018b. PAS-gebiedsanalyse in het kader van herstelmaatregelen voor BE2500001 Duingebieden inclusief IJzermonding en Zwin. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (16). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Prygiel J, Davoult D, Dewarumez J-M, Glaçon R & Richard A 1988. Description and richness of benthic communities of the French part of the North Sea. C.R. Acad. Sci. Paris, t. 306, Série III: 5-10.

Raman M., De Keersmaecker L., Denys L., Leyssen A., Provoost S., Vandevoorde B., Hens M. & Wouters J. 2014. Bepaling van het gunstig abiotisch bereik van Europese habitattypen in Vlaanderen. Overzicht 2014. Rapporten Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.R.2014.3019274, 183 p.

Rappé G., Leten M., Provoost S., Hoys M. & Hoffmann M. 1996. Biologie. In: Provoost S. & Hoffmann M. (red.). Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust. Universiteit Gent en Instituut voor Natuurbehoud i.o.v. AMINAL, afdeling Natuur, Brussel : 167-372.

Rauch M., Denis L & Dauvin JC. 2008. The effects of *Phaeocystis globosa* bloom on the dynamics of the mineralization processes in intertidal permeable sediment in the Eastern English Channel (Wimereux, France). Mar Pollut Bull. 56(7): 1284-1293.

Rolet C, Luczak C, Spilmont N & Dewarumez J-M 2014. Cartographie des communautés benthiques intertidales des substrats meubles de la région Nord – Pas-de-Calais. Laboratoire D’Océanologie et de Géosciences UMR CNRS LOG 8187 Wimereux, 33 pp.

Salz A. & Fartmann T. 2009 Coastal dunes as important stronghold for the Niobe fritillary (*Argynnis niobe*). Journal of insect Conservation 13: 643-654.

Segers N., Jacobs I., Vanreusel W., Van Dyck H., Maes D. 2014. Wetenschappelijk basisrapport voor het Soortbeschermingsprogramma Heivlinder (*Hipparchia semele*). Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2014.1494593, Brussel, 215 p.

Sevenant A., Samson R., Verbeeck H., Vanermen N., Wackenier L. & Lemeur R. 2003. Kwantitatieve analyse van de bijdrage van de vegetatie tot de evapotranspiratie in duinvaleien. Universiteit Gent in opdracht van Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, 120 p.

- Siepel H., Bink F.A., Broekhuizen S., Stumpel A.H.P. & Van Wingerden W.K.R.E. 1993. De internationale betekenis van Nederland voor de fauna. 1. De terrestrische fauna. IBN rapport 12, Wageningen, 234 p.
- Silliman B. & Bertness M.D. 2004. Shoreline Development Drives Invasion of *Phragmites australis* and the Loss of Plant Diversity on New England Salt Marshes. *Conservation Biology*, 18-5:1424-1434.
- Sneyers R. & Vandiepenbeeck M. 1995. Notice sur le climat de la Belgique. K.M.I. Wetenschappelijke en Technische Publicatie 2, Brussel, 62p.
- Speybroeck J., Bonte D., Courtens W., Gheschiere T., Grootaert P., Maelfait J.-P., Mathys M., Provoost S., Sabbe K., Stienen E.W.M., Van Lancker V.R.M., Vincx M. & Degraer S. 2006. Beach nourishment: an ecologically sound coastal defence alternative? A review. *Aquatic Conservation* 16(4): 419-435.
- Speybroeck J. 2007. Ecology of macrobenthos as a baseline for an ecological adjustment of beach nourishment. Thesis Ghent University, 188 pp.
- Speybroeck J., Bonte D., Courtens W., Gheschiere T., Grootaert P., Maelfait J.-P., Provoost S., Sabbe K., Stienen E., Van Lancker V.R.M., Van Landuyt W., Vincx M. & Degraer S. 2008. The Belgian sandy beach ecosystem: a review. *Marine Ecology* 29 (Suppl. 1): 171-185.
- Somers N. 2009. Feeding facilitation, the hidden interaction in mammalian herbivore assemblages? A case-study on rabbits (*Oryctolagus cuniculus* L.) and large grazers.
- Tack G., Van Den Breemt P. & Hermy M. 1993. Bossen van Vlaanderen: een historische ecologie. Davidsfonds, Leuven. 320 p.
- Termote J., 1992. Wonen op het duin, de bewoningsgeschiedenis van het duingebied tot aan de Franse Revolutie. In: Termote J. (red.). Tussen land en zee : het duingebied van Nieuwpoort tot De Panne. Lannoo, Tielt: 46-87.
- Van Acker J. 2012. De Westhoekduinen van de middeleeuwen tot 1800. In: Berquin H. (Ed.). In het zand geschreven. De duinen van de Westhoek: een geschiedenis: 13-73.
- Van Aerschot-Van Haeverbeeck S. 1992. De verdere evolutie van de bestaande duinnederzettingen vanaf de Franse revolutie. In: Termote J. (red.). Tussen Land en zee. Het duingebied van Nieuwpoort tot De Panne, Lannoo, Tielt, pp. 88-109.
- Van Beers P. 1993. De betekenis van flora doelparameters voor de ecologische hoofdstructuur van Nederland. Stageverslag IKC-NBLF/Milieukunde K.U.-Nijmegen, 50 p.
- Vandenbussche V., T'Jollyn F., Leten M. & Hoffmann M. 2002. Systematiek van natuurtypen voor Vlaanderen. 11. Kustduin. Rapport van het Instituut voor Natuurbehoud 2002.15, Brussel, 120 p.
- Vanden Eede S. 2013. Impact of beach nourishment on coastal ecosystems with recommendations for coastal policy in Belgium. PhD thesis University of Ghent.
- Vanden Eede S., Van Tomme J., De Busschere C., Vandegheuchte M., Sabbe K., Stienen E., Degraer S., Vincx M., Bonte D. 2014. Assessing the impact of beach nourishment on the intertidal food web through the development of a mechanistic-envelope model. *J. Appl. Ecol.* 51(5): 1304–1313.
- Van den Eynde D. 2011. Zeespiegelstijging: moeten we vrezen voor natte voeten? *De Grote Rede* 30: 3-9.
- Van der Aa B., Vriens L., Van Kerckvoorde A., De Becker P., Roskams P., De Bruyn L., Denys L., Mergeay J., Raman M., Van den Bergh E., Wouters J. & Hoffmann M. 2015. Effecten van klimaatverandering op natuur en

- bos. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 9952476. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel, 286 p.
- Van der Hoeven P.C.T. 2011. Lysimeters Castricum: summary and datafiles. Alterra report 2053-2, Wageningen, 69 p.
- Van der Putten W.H., van der Werf-Klein Breteler J.T. & van Dijk C. 1989. Colonization of the root zone of *Ammophila arenaria* by harmful soil organisms. *Plant and Soil* 120: 213-223.
- Van Landuyt W., Hoste I., Vanhecke L., Van Den Bremt P., Vercruyse W. & de Beer D. (Ed.) 2006. Atlas van de flora van Vlaanderen en het Brussels Gewest. Flo.Wer/Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek/Nationale Plantentuin van België, Brussel, 1007p.
- Van Lipzig N & Willems P., 2009. Actualisatie en verfijning klimaatscenario's tot 2100 voor Vlaanderen. MIRA/2015/01. VMM.
- Van Nieuwenhuysse H. 2003. Beheersplan voor het Vlaams Natuurreservaat Ter Yde te Koksijde (Oostduinkerke). Rapport Afdeling Natuur.
- Van Nieuwenhuysse H., Leten M., Lamaire J. en Herrier J. -L. 2007. Beheerplan voor het Vlaams Natuurreservaat De Duinen en Bossen van De Panne, Deelgebied Zwartens Hoek. Agentschap Natuur en Bos.
- Van Oosten H., van Turnhout C., Beusink P., Majoor F., Hendriks K., Geertsma M., van den Burg A. & Esselink H. 2008. Broed- en voedsel生态学 van Tapuit: Opstap naar herstel van de faunadiversiteit in de Nederlandse kustduinen. Stichting Bargerveen, Nijmegen, 34p.
- Van Uytvanck J., Van der Aa B., De Blust G., Provoost S., Declerck K., Lommelen E., Vercruyse W., De Keersmaecker L. & Thomaes A. 2015. Herstelbaarheid van Europese Habitattypes na tijdelijk Ruimtebeslag. Studie in het kader van de praktische wegwijzers voor de passende beoordeling. Ontwerpversie maart 2015. INBO.R.2015.6976214, Instituut voor Natuur en Bosonderzoek, Brussel, 132 p.
- Verdonschot, P.F.M.; Hering, D.; Murphy, J.; Jähnig, S.C.; Rose, N.L.; Wolfram Graf, W.; Brabec, K.; Sandin, L. 2010. Climate Change and the Hydrology and Morphology of Freshwater Ecosystems in Climate change impacts on freshwater ecosystems. / Kernan, M., Battarbee, R.W., Moss, B., Chischester, UK : Wiley-Blackwell - ISBN 9781405179133 - p. 65 - 83.
- Versluijs R., Van Oosten H. & Van Turnhout C. 2008. De tapuit in het nauw in de Nederlandse duinen. *Fitis* 44: 174-183.
- Wagmann K., Hautekèete N., Piquot Y. & Van Dijk H. 2006. Le voyage de la betterave. Dispersion des graines chez la betterave maritime (*Beta vulgaris* subsp. *maritima*). *Le Jouet du vent* 17: 2.
- Weeda E.J., Ozinga W.A. & Jagers op Akkerhuis G.A.J.M. 2006. Diversiteit hoog houden; bouwstenen voor een geïntegreerd natuurbeheer. Alterra rapport 1418, Wageningen, 246 p.
- Westtoer apb. 2008. Welkom in de duinen - Reflecties en aanbevelingen omtrent natuur en recreatie aan de Vlaamse kust, Brugge, Westtoer apb, 134p.
- West-Vlaamse vereniging voor de vrije tijd (WVT). 1979. Rekreatie in het Westhoek-Natuurreservaat. Rapport, Brugge, 56p. + ill.
- West-Vlaamse vereniging voor de vrije tijd (WVT). 2001. Onthaalplan Westkustduinen, deel II-III-IV-V. Rapport.
- Wittoeck J., Chavatte N., Vincx M. & Degraer S. 2004. Benthos en bentische gemeenschappen. In: Hoffmann M. et al. (eds). MONAII, Evaluatie van recente natuurontwikkelingsmaatregelen aan de IJzermonding.

Universiteit Gent, 385 p.

Zhang J.H. 1996. Interactive effects of soil nutrients, moisture and sand burial on the development, physiology, biomass and fitness of *Cakile edentula*. *Annals of Botany* 78: 591–598.

Zoon F.C., Troelstra S.R. & Maas P.W.T. 1993. Ecology of the plant-feeding nematode fauna associated with sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L. spp. *rhamnoides*) in different stages of dune succession. *Fundamental and Applied Nematology* 16(3): 247-258.

Zwaenepoel A. 1994. *Cochlearia danica* L. als bermhalofyt langs verkeerswegen in het Vlaamse binnenland. *Dumortiera* 55-57: 43-49.

Zwaenepoel A., Cosyns E., Lambrechts J., Ampe C., Termote J., Waeyaert P., Vandenbohede A., Lebbe L., Van Ranst E. & Langohr R. 2008. Gebiedsvisie voor de fossiele duinen van Adinkerke, inclusief beheerplan voor het Vlaams natuurreservaat de duinen en bossen van De Panne, deelgebied Cabour en deelgebied Garzebekeveld. Wvi iov ANB, 454 + 150 p.

Zwaenepoel A., Van de Genachte G. & Lambrechts J. 2004. Natuur- en bosbeheerplan voor de Oosthoekduinen, het Calmeynbos en de Krakeelduinen (De Panne). Afdeling Natuur/Wvi/Aeolus: Brugge, Belgium.

Zwaenepoel A., Cosyns E., Lambrechts J., Ampe C., Termote J., Waeyaert P., Vandenbohede A., Lebbe L., van Ranst E., Langohr R. 2008. Gebiedsvisie voor de Fossiele duinen van Adinkerke, inclusief beheerplan voor het Vlaams Natuurreservaat De Duinen en Bossen van De Panne, deelgebied Cabour en deelgebied Garzebekeveld. Universiteit Gent/Agentschap voor Natuur en Bos/Aeolus/WVI: Brugge, Belgium. 454 p. (Inventaris + Kaartenbundel)

<http://www.klimaat.be/nl-be/klimaatverandering/gevolgen/biodiversiteit>

http://www.kwrwater.nl/klimaat_natuur/waterbalans/

