



Laure Sirvent

Année universitaire : 2016-2017

Master 2 Professionnel

Expertise Faune Flore

Evaluer l'état de conservation des habitats dunaires méditerranéens d'intérêt communautaire :

2110, dunes mobiles embryonnaires

2120, dunes mobiles du cordon littoral à *Ammophila arenaria* (dunes blanches)

2210, dunes fixées du littoral du *Crucianellion maritimae*

A l'échelle d'un site Natura 2000 : La Grande Maïre, Portiragnes (Hérault)



©Laure Sirvent

Conservatoire Botanique National
Méditerranéen



Structure d'accueil :
**Conservatoire botanique national
méditerranéen de Porquerolles**

Encadrant : **Olivier Argagnon**

Tutrices scientifiques : Nathalie Machon &
Emmanuelle Porcher

Rendu le 25 Août 2017
Soutenu le 27 Septembre 2017

PLAN

REMERCIEMENTS

INTRODUCTION

I)	MATERIEL	
1)	L'habitat 2110 de dunes mobiles embryonnaires méditerranéennes	6
2)	Les relevés phytosociologiques de référence	7
3)	Le site d'étude : La Grande Maïre	8
II)	METHODES	
1)	Sélection des indicateurs	8
2)	Les paramètres et les indicateurs associés	9
2-1)	La surface de l'habitat	10
	<i>L'analyse diachronique stationnelle par photo-interprétation</i>	10
	<i>Les cartographies d'habitats</i>	10
2-2)	La structure et les fonctions de l'habitat	10
2-2-1)	Le volet d'étude floristique	11
	<i>La végétation des laisses de mer</i>	11
	<i>Le recouvrement total de la végétation</i>	11
	<i>Les valences écologiques</i>	11
	<i>Les types biologiques</i>	12
2-2-2)	Le volet d'étude géomorphologique	12
	<i>Le degré d'érosion éolienne et marine</i>	12
	<i>La pente et l'exposition</i>	12
2-2-3)	Les pressions déstructurantes de l'habitat	13
	<i>Les perturbations par piétinement</i>	13
	<i>La bioturbation</i>	13
	<i>L'artificialisation</i>	13
	<i>La pollution</i>	13
2-3)	Les perspectives futures de l'habitat	13
2-3-1)	Les perspectives futures d'évolution de la surface de l'habitat	13
	<i>Le niveau de protection réglementaire ou foncière</i>	13
2-3-2)	Les perspectives futures du paramètre structure et fonctions de l'habitat	14
	<i>Les tendances d'évolution du bilan sédimentaire et du trait de côte</i>	14
	<i>La vulnérabilité du système dunaire à la submersion marine</i>	15
	<i>La présence et la morphologie des barres sédimentaires</i>	16
	<i>La déstructuration de l'habitat par les espèces exotiques envahissantes</i>	16
3)	Le système de notation	16
3-1)	A l'échelle des indicateurs	16
3-2)	A l'échelle du site	16
4)	Le protocole d'échantillonnage	17
5)	Les analyses statistiques	18
III)	RESULTATS	
1)	Analyse Factorielle des Correspondances : Position des relevés de terrain par rapport à la bibliographie	19
2)	Analyse générale des corrélations : Les indicateurs testés sont-ils redondants ?	20
3)	Les indicateurs sont-ils corrélés à l'état de conservation à dire d'expert ?	20
4)	Le paramètre Surface de l'habitat	21

5) Le paramètre Structure et Fonctions de l'habitat	22
5-1) Le spectre des valences écologiques des relevés de terrain est-il similaire à celui de la bibliographie ?	22
5-2) Le spectre des types biologiques des relevés de terrain est-il similaire à celui de la bibliographie ?	23
5-3) Le recouvrement total de la végétation	24
5-4) La végétation de laisses de mer	25
5-5) La pente et l'exposition	25
6) Le paramètre Perspectives futures de l'habitat	26
6-1) Les perspectives d'évolution de la surface des habitats	26
<i>La protection réglementaire ou foncière</i>	26
6-2) Les perspectives d'évolution de la structure et des fonctions de l'habitat	26
<i>Les barres sédimentaires littorales</i>	26
<i>Les tendances d'évolution du bilan sédimentaire et du trait de côte</i>	27
<i>La vulnérabilité à la submersion marine</i>	28
7) La notation finale à l'échelle du site	29
IV) DISCUSSION	
1) Les références bibliographiques	29
2) Le paramètre Surface de l'habitat	29
3) Le paramètre Structure et Fonctions de l'habitat	30
4) Le paramètre Perspectives futures de l'habitat	32
5) Les intérêts de la méthode	33
6) Les indicateurs à tester ou à approfondir	35
BIBLIOGRAPHIE	36
Annexe 1 Présentation de la structure d'accueil : Le Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles	39
Annexe 2 Schéma syntaxonomique et relevés phytosociologiques de référence	40
Annexe 3 Tableau synthétique des indicateurs et des méthodologies associées	42
Annexe 4 Cartographie des habitats dunaires méditerranéens du site La Grande Mère (2017)	43
Annexe 5 Protocole d'échantillonnage des relevés de végétation et des relevés entomologiques	43
Annexe 6 Fiche de terrain Indicateurs	44
Annexe 7 Volet d'étude faune sur les dunes mobiles blanches méditerranéennes (2120)	45
Annexe 8 Requête SQL concernant l'indicateur 'Vulnérabilité à la submersion marine'	47
Annexe 9 : Détail des tests de corrélations et p-value associées pour chaque indicateur	48
Annexe 10 Caractérisation des plages méditerranéennes concernant la diversité morphologique des barres littorales	49
Annexe 11 Les valences écologiques et les types biologiques	49
Annexe 12 Rapport d'activités - Formations et autres programmes	52
RESUME/ABSTRACT	53



Antenne Languedoc-Roussillon



Remerciements

Au cours de cette expérience professionnelle de six mois au sein de Conservatoire Botanique national méditerranéen de Porquerolles, j'ai eu l'opportunité d'échanger de manière constructive avec les collègues et différentes structures. Cela m'a permis d'approfondir mes connaissances du littoral méditerranéen et de réaliser au mieux ce rapport. Je tiens donc à remercier :

- Sylvia Lochon-Menseau, directrice du conservatoire, pour m'avoir acceptée au sein du conservatoire dans le cadre du stage, mais aussi pour continuer notre collaboration dans les mois qui suivent. James Molina et Frédéric Andrieu pour avoir partagé volontiers leurs connaissances pointues sur la flore méditerranéenne. Guilhem Debarros pour sa patience, sa joie de vivre et ses précieux conseils dans le maniement de Qgis. Toute l'équipe du Conservatoire botanique, pour m'avoir aussi bien accueillie lors de la semaine botanique et tout au long du stage : notamment Martine Paquin, Guillaume Papuga, Tania Gilain ont transmis leur bonne humeur et leur gentillesse.

- Hamza Nabila de la DREAL Occitanie, pour m'avoir transmis des études antérieures et pour m'avoir permise d'assister à la formation « Evaluation de l'état de conservation des prés salés méditerranéens » avec de nombreux partenaires et gestionnaires de site de la région.

- Philippe Dufresne de la DREAL, et Hugues Heurtefeux de l'EID, pour leur éclairage et leurs conseils avisés concernant l'approche littoral et géomorphologique, ainsi que la transmission des données et études nécessaires à la mise en place de nombreux indicateurs.

- Stéphane Jaulin, pour ses conseils concernant l'adaptation du protocole aux contraintes de dates de mon stage et pour la confirmation des déterminations.

- Julien Azéma, pour nous avoir accueilli sur le site Natura 2000 La Grande Maïre et transmis les informations nécessaires à mon étude ; mais surtout pour sa gentillesse, sa patience et sa connaissance du site. Manon Vaillier, stagiaire BTS GPN, à la communauté d'agglomération, pour son aide et sa compagnie sur le terrain.

- Nathalie Machon et Emmanuelle Porcher, pour leurs conseils, remarques et réponses à mes interrogations, lors de la mise en place du protocole d'échantillonnage et des analyses statistiques. Bruno de Reviers, Francis Olivereau et Isabelle Le Viol, surtout pour leur soutien et leurs enseignements tout au long du cursus, mais bien entendu pour avoir approuvé ce sujet de stage génial! Farid Bensettiti, pour m'avoir renseigné avec plaisir sur les concepts de base de l'évaluation de l'état de conservation au niveau national, avant mon entretien pour le stage.

- Loric, mes parents, mes amis et collègues de master Iris et Alexandre, pour leur soutien inconditionnel !

Enfin, je remercie vivement Olivier Argagnon pour son encadrement éclairé et continu, mais aussi pour la liberté d'action et la confiance qu'il a placée en moi depuis le début du stage. J'ai hâte de continuer notre collaboration sur d'autres missions du Conservatoire, au cours des quatre prochains mois.

INTRODUCTION

Trois grandes conventions internationales sont à l'origine de la prise en compte de la biodiversité à l'échelle mondiale : la Convention sur les espèces migratrices (CMS), à Bonn (1979) ; la Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe, à Berne (1979), et la Convention mondiale sur la Diversité Biologique (CBD), à Rio (1992). Suite à ces engagements, le maintien de la biodiversité a été placé au premier plan de la politique environnementale de l'Union Européenne. Deux directives européennes fondamentales pour la protection de la faune, de la flore et des habitats naturels, menacés et/ou remarquables, ont été mises en place. Ces directives « Oiseaux » (1979/409/CEE) et « Habitats-Faune-Flore » (1992/43/CEE-DHFF) ont permis de fonder un réseau écologique européen, le réseau Natura 2000 (N2000), ayant pour objectif de concilier la préservation de la nature et les préoccupations socio-économiques. Dans le cadre de la DHFF (Communauté européenne, 1992), chaque état membre doit garantir le maintien ou le rétablissement dans un état de conservation favorable des habitats naturels et des espèces inscrits sur les annexes I et II de la Directive.

La notion d'état de conservation était peu usitée, dans la littérature scientifique, avant que la Directive introduise la première définition : « l'effet de l'ensemble des influences agissant sur un habitat naturel ainsi que sur les espèces typiques qu'il abrite, qui peuvent affecter à long terme sa répartition naturelle, sa structure et ses fonctions, ainsi que la survie à long terme de ses espèces typiques, sur le territoire, visées à l'article 2 ». L'état de conservation d'un habitat est dit 'favorable' s'il prospère et s'il se maintient, sans changement dans la gestion ou les politiques existantes. Il est dit 'défavorable inadéquat' si des mesures de gestion particulières sont nécessaires pour qu'il retrouve son état favorable. Enfin, il est qualifié de 'défavorable mauvais' lorsque l'habitat est en danger sérieux d'extinction, même en prenant des mesures particulières de gestion (Bensettiti *et al.*, 2012).

La Directive impose l'évaluation de l'état de conservation de chaque habitat, à l'échelle de la zone biogéographique Natura 2000, tous les 6 ans, dans chaque état membre: c'est ce que l'on appelle le rapportage (Art. 17). En France, le Code de l'Environnement (Art. R414-11, Anonyme, 2008) rend obligatoire l'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire, à l'échelle de chaque site Natura 2000.

Or, la définition réglementaire de l'état de conservation a été pensée au niveau du domaine biogéographique, et nécessite d'être adaptée à l'étude d'un site Natura 2000. Trois paramètres doivent être pris en compte dans l'évaluation de l'état de conservation des habitats à l'échelle d'un site : la surface couverte par l'habitat, sa structure et ses fonctions, ainsi que les perspectives futures d'évolution des paramètres précédents.

La problématique générale consiste à assoir la définition réglementaire de l'état de conservation sur des bases scientifiques. La Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL), de la région Occitanie, a demandé au Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles (Annexe 1) de mettre en place des méthodologies permettant d'évaluer l'état de conservation de certains habitats d'intérêt communautaire.

La méthode d'évaluation de l'état de conservation d'un habitat dans un site Natura 2000 repose sur la comparaison entre l'état observé de l'habitat, sur le site, et l'état de l'habitat défini dans les publications scientifiques et phytosociologiques, considéré comme favorable. Les caractéristiques des habitats étudiés sont synthétisées à l'aide d'indicateurs de l'évolution de la surface, de la structure et des fonctions, ainsi que des perspectives évolutives. Ce sont des variables qualitatives ou quantitatives, mesurées sur le terrain, qui doivent être idéalement pertinentes, simples et pragmatiques. L'évaluation repose sur l'attribution de notes aux indicateurs. Cependant, il existe différentes méthodes de notation qui permettent d'attribuer un état de conservation à un habitat, à l'échelle d'un site.

L'objectif de ce stage est de proposer des éléments pour la mise en place d'une méthode standardisée, scientifique et adaptable, permettant d'évaluer l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire du système dunaire Méditerranéen : 2110 dunes mobiles embryonnaires, 2120 dunes mobiles à *Ammophila arenaria* (blanches) et 2210 dunes fixées du *Crucianellion* (grises). Cette étude est focalisée sur le site Natura 2000 « La Grande Maïre », géré par la Communauté d'Agglomération Hérault Méditerranée.

Plusieurs questions ont été abordées lors de ces six mois.

- Les indicateurs choisis reflètent-ils efficacement l'état des paramètres de surface, structure et fonction, et perspectives d'évolution de l'habitat considéré ? Lesquels sont redondants ou peu fiables ?

- La méthode d'évaluation de l'état de conservation via les indicateurs est-elle corrélée au dire d'expert ?
- Les valeurs des indicateurs issues des prospections de terrain correspondent-elles aux valeurs issues de la bibliographie ? Si non, quelles sont les explications les plus probables à ces variations ?

Dans un souci de concision, ce rapport est focalisé sur l'habitat dunaire méditerranéen d'intérêt communautaire 2110 dunes mobiles embryonnaires. Ce rapport contient une présentation de l'habitat 2110 et du site d'étude, suivie des indicateurs testés, des protocoles d'échantillonnage et des analyses statistiques utilisées. Enfin, les résultats à l'échelle du site sont présentés et discutés, tout comme les points forts et les limites de la méthode, suivis des perspectives d'amélioration de celle-ci.

I) MATERIEL

1) L'habitat 2110 de dunes mobiles embryonnaires méditerranéennes

La DHFF définit les habitats naturels comme « des zones terrestres ou aquatiques se distinguant par leurs caractéristiques géographiques, abiotiques et biotiques, qu'elles soient entièrement naturelles ou semi-naturelles. La description de l'habitat de dune embryonnaire méditerranéenne est issue du manuel d'interprétation des habitats de l'Union Européenne EUR 28 (Commission européenne, 2013), et du tome 2 - Habitats côtiers - du cahier d'habitat « Natura 2000 » (Bensettiti *et al.*, 2004).

Suite au groupe de travail national réunissant les principaux experts de l'étude des végétations (Gaudillat *et al.*, 2017, à paraître), il a été décidé que les végétations méditerranéennes des *Cakiletea maritimae* de hauts de plages et laisses de mer, traitées dans le cahier d'habitats en 1210 végétation annuelle des laisses de mer, sont à rattacher à l'habitat 2110 de dune mobile embryonnaire méditerranéenne. Dans ce rapport, l'habitat 2110 comprend donc à la fois les syntaxons de haut de plage et de dunes embryonnaires.

Les végétations de laisses de mer (ex 1210) sont définies comme suit dans le manuel d'interprétation : « Annual vegetation of drift lines: Formations of annuals or representatives of annuals and perennials, occupying accumulations of drift material and gravel rich in nitrogenous organic matter ». Elles appartiennent aux *Thero-Suaedetea splendentis* ; *Thero-Suaedetalia splendentis* ; *Euphorbion peplis* ; *Salsolo kali-Cakiletum aegyptiacae*. Cet habitat temporaire est

observable du printemps à l'automne. Il est caractérisé par une végétation herbacée basse, ouverte, très largement dominée par les espèces annuelles à bisannuelles, présentant une seule strate, et dont le recouvrement est le plus souvent faible. Il se développe de manière linéaire et discontinue, constituant la première ceinture de végétation terrestre des massifs dunaires. Les espèces indicatrices sont : *Cakile maritima* subsp. *aegyptiaca* (Wild.) Nyman, 1878, *Euphorbia peplis* L., 1753, *Kali tragus* (L.) Scop., 1771, *Salsola soda* L., 1753, *Polygonum maritimum* L., 1753 et *Xanthium orientale* subsp. *italicum* (Moretti) Greuter, 2003.

Les végétations de dunes mobiles embryonnaires méditerranéennes (2110 initial) sont définies comme suit : « Formations of the coast representing the first stages of dune construction constituted by ripples or raised sand surfaces of the upper beach, or by a seaward fringe at the foot of the tall dunes. » Elles appartiennent aux *Euphorbia paraliae*-*Ammophiletea australis* ; *Ammophiletalia australis* ; *Ammophilion australis* ; *Echinophoro spinosae*-*Elymetum farcti*. Cet habitat est caractérisé par des végétations pionnières vivaces des sables dunaires meubles à semi-fixés. Il se développe immédiatement au contact supérieur des laisses de haute mer, sur pente faible à nulle. Le substrat sableux, de granulométrie fine à grossière, parfois mêlé de laisses organiques, est occasionnellement baigné par les vagues au moment des tempêtes. La végétation spontanée est adaptée et favorisée par un enfouissement régulier, lié au saupoudrage éolien à partir du haut de plage. La végétation herbacée graminéenne moyenne est ouverte et dominée par les espèces vivaces. Elle présente une seule strate, dont le recouvrement n'est jamais très élevé. En raison du caractère assez instable du substrat (tempêtes hivernales), cet habitat ne présente pas d'évolution dynamique particulière. Dans les sites à saupoudrage éolien régulier, l'agropyraie de la dune embryonnaire peut évoluer vers l'ammophilaie. Les espèces indicatrices sont : *Elymus juncea* (L.) Nevski subsp. *juncea*, *Eryngium maritimum* L., 1753, *Sporobolus pungens* (Schreb.) Kunth, 1829, *Euphorbia paralias* L., 1753, *Calystegia soldanella* L., 1753, *Echinophora spinosa* L. 1753, *Medicago marina* L., 1753, *Anthemis maritima* L., 1753, *Polygonum maritimum* L., 1753 et *Ammophila arenaria* subsp. *arundinacea* (Husn.) H.Lindb., 1932.

2) Les relevés phytosociologiques de référence

Les relevés phytosociologiques de référence, permettent de décrire et de définir l'habitat considéré. Une recherche bibliographique, concernant les trois habitats dunaires méditerranéens, a été

réalisée en amont du stage (Annexe 2). Elle a permis d'extraire 444 relevés de référence de la base de données SILENE (<http://flore.silene.eu/index.php?cont=accueil>), dont 212 ont été saisis durant le stage. Les relevés de référence ont été réalisés entre 1919 et 1989, en France, dans les départements de l'Aude, des Bouches-du-Rhône, du Gard, de l'Hérault, des Pyrénées-Orientales et du Var. Suite à une analyse typologique (AFC et CAH), réalisée grâce au logiciel Ginkgo (Caceres *et al.*, 2003), 293 relevés ont été conservés dont 93 relevés pour l'habitat 2110 dunes mobiles embryonnaires et végétations annuelles de laisses de mer.

3) Le site d'étude : La Grande Maïre

Le site d'étude a été choisi principalement sur la base de l'intérêt, de l'implication et de la coopération du gestionnaire : la Communauté d'agglomération Hérault Méditerranée, en la personne de Julien Azéma garde du conservatoire du littoral. Ce site Natura 2000, de 415,6 Ha, référencé FR9101433 'La Grande Maïre' est situé sur les communes de Portiragnes et Sérignan, dans l'Hérault. Il a notamment été désigné Site d'Intérêt Communautaire (SIC), en 2008, grâce à la présence de quatorze habitats d'intérêt communautaire, dont les habitats dunaires méditerranéens. Il possède aussi les statuts de Zone de Protection Spéciale (ZPS) « Est et Sud de Béziers », Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) de type II « Grande Maïre » et enfin Zone Spéciale de Conservation (ZSC) « Grande Maïre ».

II) METHODES

1) Sélection des indicateurs

Niemeijer et de Groot (2006), ainsi que Cantarello et Newton (2008) ont compilés les caractéristiques idéales d'un indicateur. Il devrait être réactif, afin d'indiquer rapidement un changement ; universel pour être applicable sur l'ensemble de l'aire de répartition de l'habitat ; facile à renseigner et effectif d'un point de vue financier ; pertinent, en considérant qu'il existe un lien direct entre l'indicateur et des actions de gestion réalisables ; compréhensible, c'est-à-dire, accessible aux non-spécialistes et applicable par eux-mêmes ; valable scientifiquement et prévisible, soit lié à un phénomène écologique important et bien étudié, la réaction de l'indicateur devenant ainsi prévisible.

Diverses études écologiques, menées en Europe et à l'échelle du bassin méditerranéen, ont permis de synthétiser les critères et indicateurs les plus utilisés, qui traduisent le mieux les caractéristiques dynamiques, biotiques et abiotiques des habitats dunaires. Carboni (2009), Ciccarelli *et al.* (2016) et Garcia-Mora *et al.* (2011) proposent une cinquantaine de variables, associées par groupe thématique : conditions géomorphologiques du système dunaire, influence marine, influence éolienne, caractéristiques de la végétation et effets anthropiques. Schlacher *et al.* (2014) ont noté les indicateurs existants en fonction de leur capacité à refléter fidèlement les conditions écologiques, les changements et les impacts sur les écosystèmes dunaires. Les indicateurs sont reliés avec des pressions telles que l'érosion, la perte d'habitat, la conservation, les loisirs et la pollution. Les indicateurs les mieux notés, en lien avec la thématique de conservation, sont notamment les dimensions structurales de la dune (pentes, hauteurs...), la végétation dunaire, les macro-invertébrés (par espèces ou communautés), les vertébrés et leurs succès de reproduction, ainsi que l'abondance, le recouvrement ou la biomasse des entités étudiées. Le rapport du Service du Patrimoine Naturel (SPN) fournit, quant à lui, les bases nationales de l'évaluation de l'état de conservation, à l'échelle d'un site, concernant habitats dunaires non boisés du littoral atlantique (Goffé, 2011). Au niveau de la région Languedoc-Roussillon, Kleszczewski *et al.* (2010) ont posé les concepts de base de l'évaluation de l'état de conservation. Une méthodologie d'évaluation de l'état de conservation de l'ensemble du complexe dunaire a même déjà été appliquée sur le site Natura 2000 La Grande Maïre (Grosset, 2006 et EID-Méditerranée, 2013).

Cette étude, en s'inspirant des précédentes, développe à la fois un volet flore et une approche géomorphologique pour les trois habitats étudiés, ainsi qu'un volet faune pour les dunes blanches (Annexe 7). Les indicateurs considérés comme les plus pertinents pour l'habitat 2110 (ainsi que ceux du 2120 et 2210, Annexe 3) sont classés suivant trois axes, qui reprennent les exigences européennes : Surface, Structures et Fonctions, et Perspectives futures. Ils sont détaillés dans la partie suivante.

2) Les paramètres et les indicateurs associés

2-1) La surface de l'habitat

Le paramètre Surface est en état de conservation favorable lorsque celle-ci est globalement stable ou en augmentation. L'état de conservation défavorable mauvais se traduit par une forte diminution de la surface, équivalente à une perte de plus de 1% par an. Deux méthodes d'évaluation du paramètre Surface sont testées ici : la photo-interprétation et la cartographie.

L'analyse diachronique stationnelle par photo-interprétation

La DREAL Occitanie a fourni les photographies verticales aériennes des années 1954, 1962, 1968, 1971, 1974, 1981, 1989, 1992, 1995, 2011 ; les photographies ortho-rectifiées de 1977, 1992 et 1963 ; les ortho-photographies de 2009 et 2012 (BD_ORTHO), ainsi que l'ortho-littorale de 2011(RVB et IRC). Tous les dossiers ont été traités en projection Lambert 93 et dans la référence altimétrique IGN69. Pour des raisons de résolutions, de cadrages, d'expositions et de périodes de prise de vue diverses, les trois habitats n'ont pas pu faire l'objet de techniques de télédétection. Il a donc été décidé de délimiter l'ensemble du massif dunaire par une approche visuelle, en s'aidant de la connaissance actuelle du terrain. Le logiciel de Système d'Information Géographique Quantum Gis ® (QGIS Development Team, 2009) nous a permis de géo-référencer les photographies aériennes, de digitaliser le polygone du massif dunaire sur chacune d'elles, ainsi que de calculer (fonction \$area dans la table attributaire) et d'extraire les surfaces respectives.

Les cartographies d'habitats

L'étude des photographies aériennes n'apportant pas d'informations précises, les surfaces de chaque habitat ont été extraites des couches SIG de la cartographie des habitats Natura 2000 (bureau d'étude BIOTOPE), réalisées pour le Document d'Objectif (Biotope, 2009). Une nouvelle cartographie des habitats dunaires a été réalisée par mes soins en Mai 2017 (6 jours de prospection/1personne), grâce au logiciel Qfield (OPENGIS.ch, 2016) sur tablette. Des données surfaciques supplémentaires ont été extraites du rapport de suivi écologique des dunes de La Grande Maïre, réalisé par l'Entente Interdépartementale de Démoustication (EID-Méditerranée, 2012) en 2009, 2010 et 2011.

2-2) La structure et les fonctions de l'habitat

2-2-1) Le volet d'étude floristique

Les dunes se forment grâce à la présence concomitante du sable (le substrat), du vent et d'un obstacle (ici les plantes) (Kuhnholz-Lordat, 1924). L'obstacle perturbe la trajectoire des grains de sables qui s'accumulent à proximité. Les plantes pionnières, telle que l'*Ammophila arenaria* ou Oyat, édifient de cette manière la dune et créent des conditions propices au développement d'autres espèces psammophiles. Les communautés végétales sont un des trois éléments clés de l'édification des dunes. Le suivi de la composition floristique et de la structure de la végétation permet d'avoir une bonne image de l'état de conservation d'un habitat (Goffé, 2011). Plusieurs indicateurs floristiques sont testés.

La végétation de laisses de mer

L'habitat de laisses de mer (ex 1210) optimum se présente sous forme d'une ceinture linéaire et continue de végétation en haut de plage. D'après les cahiers d'habitats (Bensettiti *et al.*, 2004), l'état optimal de celui-ci est directement lié à la présence et au maintien des laisses de mer. Etant intégré à l'habitat de dune embryonnaire, la présence ou absence de ce type de végétation, ainsi que des laisses de mer doit être prise en compte.

Le recouvrement total de la strate herbacée

Le recouvrement prend en compte la surface occupée par la végétation caractéristique de l'habitat 2110. Les végétations de laisses de mer et de dunes mobiles embryonnaires sont ouvertes. Leur recouvrement n'étant jamais très élevé, ce critère paraît être un bon indicateur.

Les valences écologiques

Les valences, ou coefficients écologiques ont été définis par Ellenberg (1974). Elles traduisent les conditions écologiques préférentielles des espèces floristiques d'Europe centrale. Selon Schaffers and Sýkora (2000), ces valences sont de bons outils pour caractériser les habitats. Deux coefficients traduisent les préférences 'climatiques' des espèces : continentalité du climat C et température T. Le coefficient de luminosité L traduit les préférences en termes d'ouverture du milieu. Les trois autres coefficients traduisent les préférences physico-chimiques de celles-ci vis-à-vis du sol : le niveau trophique, en lien avec la disponibilité des nutriments N, l'humidité édaphique U, la réaction du sol R et la salinité S (Annexe 11). Les classes reflètent un gradient de chaque variable. Par exemple, la valeur 1, concernant l'humidité édaphique est attribuée aux espèces hyperxérophiles et la valeur 12

aux espèces aquatiques profondes. La valence de salinité, utilisée dans cette étude, provient de la base de données Baseflor de Julve (1998). Les autres valences sont extraites de l'adaptation faite par Pignatti (2005) concernant les espèces méditerranéennes d'Italie. Une unique classe de chaque valence est attribuée à chaque espèce. Afin de pouvoir utiliser ces indicateurs pour toutes les espèces rencontrées, les listes existantes ont été complétées à dire d'expert. Les valences température et continentalité ne sont pas étudiées ici, car la bibliographie de référence ne prend pas en compte toute la niche bioclimatique de l'habitat au niveau méditerranéen. L'étude des valences moyennes (N, U, R, S, L) par relevé de végétation, permet de définir localement les conditions écologiques de l'habitat 2110* et de les comparer à celles décrites dans la bibliographie.

Les types biologiques

La structure d'un habitat est aussi liée à la physionomie de la végétation. Les travaux de Raunkiaer (1905) définissent six types biologiques, identifiés essentiellement grâce à la position des organes de survie (bourgeons) pendant la période défavorable : chamaephytes, thérophytes, géophytes, phanérophytes et hémicryptophytes. Pignatti (1982) a même subdivisé ces types en sous-types biologiques : cespiteux, rampants, sempervirents...(Annexe 11). L'écologie particulière des habitats dunaires (fort dynamisme, perturbations éoliennes et marines perpétuelles, embruns salés, sécheresse), tout comme les pressions anthropiques, contraignent le développement des espèces et donc la physionomie des habitats. Par exemple, les espèces de végétations de laisses de mer sont en majorité annuelles ou bisannuelles : ce sont des thérophytes. De façon similaire aux valences écologiques, la comparaison des proportions relatives de chaque type biologique (aussi appelé spectre), dans une végétation, entre les relevés de terrain et la bibliographie, permettrait d'évaluer l'état de conservation de l'habitat.

2-2-2) Le volet d'étude géomorphologique

Le degré d'érosion éolienne et marine

Une érosion marine ou éolienne, trop forte et prolongée, peut déstructurer les dunes, déchausser les végétaux et empêcher leur recolonisation. Le degré d'érosion éolienne et marine au niveau de l'avant-dune est donc considéré comme un indicateur de l'état de conservation des habitats

dunaires. Il est estimé visuellement par l'observateur. Favennec (2002) définit trois niveaux d'érosion : absence ou amorce d'érosion, se traduisant par une falaise et des débuts de brèches, sifflements ou couloirs de déflation ; érosion forte si des falaises à larges sifflements sont présentes et si des caoudeyres sont en cours de formation ; érosion très forte, si les falaises sont accompagnées de plusieurs caoudeyres larges de 30 à 50m, suivies en arrière de pourrières pentues. Le niveau d'érosion est considéré à l'échelle d'un relevé de végétation.

La pente et l'exposition

La pente peut accentuer le phénomène d'érosion, tout comme l'exposition par rapport aux vents dominants qui peuvent alimenter la dune en sables ou au contraire favoriser son érosion. La pente et l'exposition sont considérées à l'échelle des relevés de végétation. Les autres paramètres géomorphologiques, comme la hauteur des dunes, sont pris en compte dans le paramètre Perspectives futures.

2-2-3) Les pressions déstructurantes de l'habitat

La perturbation par piétinement ; La bioturbation ; L'artificialisation et la pollution

L'habitat 2110 est principalement menacé par le nettoyage des plages, le piétinement et l'artificialisation. De même, une activité de bioturbation importante (lapins ou blaireaux) impacte forcément le développement des habitats de végétation dunaire. Toutes traces (Présence/Absence) de perturbations par piétinement (pas, chemins...), de bioturbation, d'artificialisation et de pollution sont considérées à l'échelle des relevés de végétation.

2-3) Les perspectives futures de l'habitat

2-3-1) Les perspectives futures d'évolution de la surface de l'habitat

Le niveau de protection réglementaire ou foncière

L'évolution de la surface des habitats dunaires est étroitement liée à l'existence d'une protection forte sur le site, qui permet de limiter directement toute destruction définitive de l'habitat et de conserver l'intégrité fonctionnelle du site. Les statuts de protection réglementaire forte sont les réserves naturelles, les réserves biologiques, les sites classés ou inscrits, les arrêtés de protection de biotope, etc. Les statuts de protection foncière forte correspondent aux sites acquis par le

Conservatoire du littoral ou les Conservatoires d'Espaces Naturels. Les sites couverts par la loi Littoral et ceux appartenant au Domaine Public Maritime (DPM) sont aussi protégés de manière forte. Le DPM étant inaliénable et imprescriptible (défini dans l'Edit de Moulins, 1566 ; précisé dans la Loi du 28 Novembre 1963), il apporte des garanties de l'état de conservation des habitats, à l'exclusion de la mise en place de concessions de plage, de port de plaisance, d'endiguage ou de concessions ostréicoles. Le gestionnaire dispose en général de ces données parcellaires. Sinon, elles sont accessibles sur les cadastres ou sur le site internet géoportail (<https://www.geoportail.gouv.fr>).

2-3-2) Les perspectives futures du paramètre structure et fonctions de l'habitat

Les tendances d'évolution du bilan sédimentaire et du trait de côte

Il est essentiel de comprendre le fonctionnement de la cellule sédimentaire marine dans laquelle le site est inclus. La dérive littorale correspond au déplacement de matières sédimentaires et de sables le long du littoral. Ces matériaux sont transportés et déposés par le vent, les vagues et les courants, permettant l'édification et le fonctionnement de l'écosystème dunaire. Lorsque la dérive littorale dépose les sédiments sur le site, le bilan sédimentaire est stable ou positif. Dans ce cas, le système dunaire se maintient ou est en phase d'accrétion (accumulation des sédiments) et l'avenir des habitats dunaires est assuré. Au contraire, lorsque la dérive littorale emporte les sédiments, le bilan sédimentaire est négatif, ce qui est synonyme d'érosion et de mise en danger des habitats dunaires.

Le taux d'évolution du trait de côte traduit l'avancée ou le recul de la mer sur la terre. Il est calculé sur 30 ans et rapporté à un taux d'évolution annuel en mètres. Les données nécessaires à l'évaluation de cet indicateur sont fournies par la DREAL Occitanie. La combinaison d'un bilan sédimentaire négatif et du recul du trait de côte menace l'état de conservation des habitats dunaires.

La vulnérabilité du système dunaire à la submersion marine

La côte sableuse du Languedoc-Roussillon montre des indices d'instabilité morpho-sédimentaire, à l'instar d'une partie importante des littoraux de ce type dans le monde (Barusseau et Saint-Guily, 1981). Les projets européens, tels qu'Eurosion et Coastance, ont permis de mettre en place des méthodologies d'évaluation des enjeux et de la vulnérabilité du littoral méditerranéen à la submersion marine. Au total, dans l'Hérault, 137 hectares, appartenant à des sites d'intérêt écologiques (SIC/ZSC et ZPS), sont situés dans des zones basses, à 1 mètre au dessous des niveaux

centennaux (www.georisques.gouv.fr). Les travaux d'Heurtefeux *et al.* (2012) ont permis de mettre en place un indice de vulnérabilité du site à la submersion marine.

Cet indicateur, prend en compte l'altitude moyenne du site, ainsi que la distance entre la crête de dune et le trait de côte. Le levé LIDAR (Modèle Numérique de Terrain, grilles Raster 1km*1km, Octobre 2015), réalisé par l'entreprise Aerodata Surveys Nederland, permet d'analyser la topographie terrestre et marine du site, sur le logiciel ArcGis (ESRI, 2011). Les centroïdes de chaque pixel du MNT sont vectorialisés afin d'obtenir leurs altitudes respectives. Les altitudes des centroïdes inclus dans une bande de 500 mètres au-delà du trait de côte sont sélectionnées. L'export, vers Microsoft Excel, de la table attributaire des ces entités, permet de calculer l'altitude moyenne du massif dunaire. La crête de dune est digitalisée, sous forme de ligne, grâce aux altitudes maximales du MNT. Des points, distants de 50 cm, sont répartis sur la crête de dune. Le script (Annexe 8), réalisé sur Postgrès-PostGIS (PostgreSQL, 2017), permet de calculer la distance minimale entre chaque point de la crête de dune et le trait de côte datant de 2016, ainsi que la distance moyenne finale.

La présence et la morphologie des barres sédimentaires

Les barres sableuses d'avant-côte se mettent en place par l'action des forçages et du transport sédimentaire. Elles réagissent avec une extrême rapidité aux changements du climat océanographique (Desmazes, 2005). Barusseau et Saint-Guily (1981), repris par Certain (2002) ont réalisé une classification générale des morphologies des barres d'avant-côte, rencontrées sur le littoral du Languedoc-Roussillon (Annexe 10). Le littoral du golfe du Lion présente une à trois barres festonnées ou rectilignes. En simplifiant, les barres rectilignes traduisent la présence de courants marins faibles et d'un système dynamique stable : on dit que la plage présente un caractère dissipatif. L'énergie des vagues se dissipe en déferlant sur ces barres: les habitats dunaires ont moins de chance d'être soumis à l'action mécanique directe des vagues. Au contraire, les barres dites 'festonnées' présentent des motifs répétés de croissants plus ou moins fréquents, qui traduisent la présence de courants marins d'arrachement et d'érosion forte. Les profils de barres très perturbés, voire l'absence de barres caractérisent les plages dites réfléchives. L'énergie des vagues est alors réfléchiée par le haut de plage, menaçant directement l'existence des habitats dunaires de dunes embryonnaires, mais aussi de dunes blanches. Les données nécessaires à cet indicateur sont issues du profil bathymétrique d'avant-côte et

du tracé de l'évolution des barres sédimentaires, fournis par la DREAL Occitanie. Elles peuvent aussi être issues de photographies aériennes de l'IGN, de Google Earth, de données LIDAR ou Spot 6/7.

La déstructuration de l'habitat par les espèces exotiques envahissantes

L'intégrité structurale de l'habitat est un point important. La présence d'espèces déstructurantes (cf V-4), à forte dynamique, à proximité de l'habitat ou déjà présentes au sein de celui-ci, comporte des risques pour son avenir (Argagnon, 2016). Le concept d'espèces déstructurantes a, ici, été réduit aux espèces exotiques envahissantes (EEE). Ainsi, la présence ou absence d'EEE est prise en compte à l'échelle des relevés de terrain.

3) Le système de notation

Afin de mettre en place un système de notation logique, il est nécessaire de se poser les questions suivantes : Où se situe la valeur de chaque indicateur sur le gradient d'état de conservation ? Comment faire la différence entre l'état défavorable inadéquat et mauvais ? Quel système de notation reflète le plus fidèlement les trois états de conservation ?

3-1) A l'échelle des indicateurs

Pour les indicateurs non testés sur le terrain, les notes sont attribuées à dire d'expert ou grâce aux seuils de la bibliographie. Un intervalle de confiance à 95%, autour de la médiane d'une variable, est défini à partir du 5^{ème} et du 95^{ème} centile. L'intervalle de confiance de référence est calculé uniquement sur les données de la bibliographie. Le pourcentage des relevés de terrain, qui sont inclus dans l'intervalle de confiance issue de la bibliographie permet d'attribuer à l'indicateur une note sur 100. Par exemple, si 60% des relevés de terrains ont une proportion de chaméphytes incluse dans celle de la bibliographie, l'indicateur '% de chamaephytes' se voit attribué une note de 60/100.

3-2) A l'échelle du site

La somme des notes des indicateurs d'un même paramètre est rapportée à une note sur 100. Cette note reflète la position du paramètre sur un gradient de conservation, qui va de 0 en mauvais état, à 100 l'état optimal. Ce gradient sur 100 est divisé par 3 afin de déterminer les seuils de 33% et 66% qui permettent de passer d'un état de conservation à un autre. Si la note est comprise entre 0 et 33%, le paramètre est en état défavorable mauvais. Si la note est comprise entre 33% et 66%, le paramètre est

en état défavorable inadéquat. Si la note est supérieure à 66%, le paramètre est en état favorable. L'état de conservation final de l'habitat, sur le site, correspond au pire état de conservation parmi ceux des paramètres. Si un paramètre est en état de conservation défavorable mauvais, l'état de conservation de l'habitat sera défavorable mauvais.

4) Le protocole d'échantillonnage

Le volet d'étude floristique concerne un échantillon de la population statistique des habitats dunaires méditerranéens d'intérêt communautaire. Géhu et Rivas-Martinez (1981) reconnaissent le rôle crucial de la phytosociologie dans la caractérisation des habitats terrestres. Des relevés de végétation sont donc réalisés sur le site Natura 2000 La Grande Maïre, selon la méthode de Braun-Blanquet (1952). Les habitats considérés (à l'exclusion des laisses de mer) sont des végétations de type herbacées. Au niveau européen, Chytrý et Otýpková (2003) préconisent, pour ces types de végétation, une aire minimale pour les relevés de 10 à 20 m². Goffé (2011) a retenu des placettes de surface fixe de 15-20 m² pour étudier l'état de conservation des habitats dunaires atlantiques. Cette surface permettrait d'avoir une bonne visibilité et d'obtenir des données représentatives par placette (Goffé, 2011). En conclusion, des relevés de 16m² ont été retenus pour s'adapter aux usages européens et rester cohérents avec les relevés de la bibliographie disponible. Pour cela, un réseau de mailles de 20 m² (4m*5m) est appliqué sur les polygones de chacun des habitats dunaires cartographiés en 2017. La différence de surface entre les mailles du réseau (20m²) et l'aire minimale (16m²) permet de prendre en compte la précision du GPS, afin d'éviter que les relevés ne se superposent. Par soucis d'homogénéité des relevés, seules les mailles totalement incluses dans les polygones d'habitats dunaires sont sélectionnées. L'échantillonnage minimal permettant de réaliser des moyennes, avec confiance, est de 30 relevés par habitat, ce qui correspond à 15% des mailles de l'habitat présentant la surface la plus restreinte. Afin que le protocole soit cohérent, l'objectif de prospection des autres habitats est aussi fixé à 15% des mailles. Les mailles qui sont prospectées sont tirées aléatoirement sans remise (Annexe 5). L'intégralité du montage du protocole, ainsi que du projet de terrain pour la tablette, est réalisé sur QGIS ®.

La phase de terrain a duré 15 jours effectifs (du 23 Mai au 23 Juin), à raison de 10 relevés par jour en moyenne, pour une personne. L'état des indicateurs, l'état de conservation à dire d'expert, les coordonnées GPS, ainsi que le numéro du relevé correspondant, sont saisis sur une fiche de terrain (Annexe 6). La pente et l'exposition de chaque relevé est annotée, lorsque c'est possible. Les espèces et les coefficients associés sont directement saisis sur la tablette, via un formulaire de relevé phytosociologique, sur l'application Open Data Kit Collect (Hartung *et al.*, 2010, Open Data Kit Collect, 2010) et importés dans la base de données SILENE après validation. L'ensemble des relevés du terrain et de la bibliographie sont exportés ensuite sur ® Excel. La synonymie des taxons est vérifiée. Les coefficients d'abondance-dominance sont transformés en Présence/Absence. Les données des autres indicateurs, collectés sur le terrain, sont associées à leurs relevés respectifs. De même, les types biologiques et les valences écologiques sont associés à chaque espèce.

5) Les analyses statistiques

Le logiciel R ® (R Development Core Team, 2008) est utilisé pour réaliser les analyses statistiques.

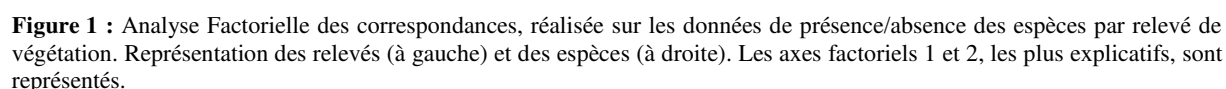
Une Analyse Factorielle des Correspondances est réalisée sur les données brutes de présence/absence des espèces par relevé, afin de vérifier le positionnement des relevés de terrain par rapport à ceux de la bibliographie.

Afin de conserver les indicateurs les plus informatifs et fiables, et de restreindre leur nombre, les corrélations entre chacun d'eux sont vérifiées : soit par des tests de Spearman (distributions non normales), entre les indicateurs de type quantitatif (Valences écologiques, Proportions moyenne de types biologiques, Recouvrement et Pente) ; par des tests de Kruskal-Wallis, entre les indicateurs 'Etat de conservation à dire d'expert' ou 'Exposition' (qualitatifs) et les autres indicateurs quantitatifs ; par un test de Fisher (la règle de Cochran n'étant pas respectée), entre les indicateurs 'Etat de conservation à dire d'expert', 'Exposition' qui sont des variables qualitatives.

Les valeurs moyennes de chaque valence écologique, prises par catégorie 'Relevé de terrain' et 'Bibliographie', ne suivent pas la loi normale. Les médianes de celles-ci sont donc comparées par des tests non paramétriques de Mann-Whitney. Les types biologiques sont des variables qualitatives. Les spectres de type biologiques du terrain et de la bibliographie sont soumis à un test de Chi2. La

III) RESULTATS

L'analyse est réalisée sur 127 relevés de végétation, dont 93 appartiennent à la bibliographie et 34 sont des relevés de terrain. Cinquante six espèces sont citées dans ces relevés. Les axes factoriels 1 et 2 (Fig 1- gauche) expliquent seulement 14,6% de l'inertie totale des relevés (respectivement 7,6% et 7,0%). La majorité des relevés de terrain sont intégrés au nuage de points de la bibliographie au centre. Seuls trois relevés de terrain s'individualisent. Ce sont des relevés situés à proximité d'un passage, à la confluence des végétations de prés salés et de la lagune 'La rivierette'.



Ils sont composés d'espèces qui ne sont pas caractéristiques des dunes, telles que *Scabiosa atropurpurea*, *Artemisia campestris* et *Senecio inaequidens* (Fig 1 - droite). Les relevés bibliographiques, qui se détachent, appartiennent à la publication de Géhu *et al.* (1984) en Camargue. Ces relevés sont caractérisés par la présence de *Spartina patens*, *Atriplex prostrata* et *Arthrocnemum macrostachyum* (Fig 1 - droite).

2) Analyse générale des corrélations : Les indicateurs testés sont-ils redondants ?

L'analyse générale des corrélations (Annexe 9), sur les données de terrain et de la bibliographie, permet de sélectionner uniquement des indicateurs qui apportent des informations variées. Le seuil de corrélation de Spearman est fixé à $\rho=0,6$. La valence d'humidité édaphique est corrélée négativement à la valence lumière ($\rho = -0,6917$; $S = 577520$; $p < 2,2e-16$) et positivement à la valence Nutriments ($\rho = 0,9322$; $S = 23124$; $p < 2,2e-16$). La valence de nutriments est aussi corrélée négativement à la valence luminosité ($\rho = -0,7349$; $S=592270$; $p < 2,2e-16$) et positivement à la valence de salinité ($\rho=0,6546$; $S=11789$; $p < 2,2e-16$). Bien que les valences humidité édaphique et nutriments soient considérées comme redondantes, elles peuvent fournir des informations importantes, explicites et utiles pour les gestionnaires. Les valences de Luminosité, Réaction du sol et Salinité sont de meilleurs indicateurs, d'autant plus qu'elles présentent des intervalles de confiance (95%) autour de la médiane, plus restreintes que les autres valences (Tab 1).

Tableau 1 : Médianes et intervalles de confiance à 95% [5^{ième} centile ; 95^{ième} centile] des valences écologiques issues des relevés bibliographiques.

VALENCES ECOLOGIQUES	MEDIANES [IC]	SIGNIFICATION
Humidité édaphique	3,5 [2,5 ; 5,0]	Xéro- à méso-xérophile
Lumière	10,8 [10,2 ; 11,2]	Plein soleil, rayonnement élevée, nébulosité faible du climat
Réaction du sol	7 [6,4 ; 7,3]	Basique à neutro-basiphile
Salinité	5,3 [4,8 ; 6,3]	Mésooligo- à oligohaline [0,5-0,9% Cl-]
Nutriments du sol	3 [1,9 ; 4,8]	Intermédiaire

3) Les indicateurs sont-ils corrélés avec l'état de conservation à dire d'expert ?

D'après les résultats du test exact de Fisher ($p = 0,016 < 0,05$), réalisés uniquement sur les données de terrain, il existe un lien entre la présence/absence de la végétation des laisses de mer et l'évaluation de l'état de conservation à dire d'expert. D'après les tests de Kruskal-Wallis réalisés sur l'ensemble des données bibliographiques et terrain, il existe un lien entre l'état de conservation (EC) à dire d'expert et

le recouvrement ($\text{Chi}^2=43,519$, $\text{df}=16$, $p=0,0002$). De même, l'EC à dire d'expert varie suivant la pente des relevés ($\text{Chi}^2=34,096$, $\text{df}=11$, $p=0,0003$). Les proportions de types biologiques ont aussi un lien avec l'état de conservation à dire d'expert : chamaephytes ($\text{Chi}^2=74,447$, $\text{dl}=19$, $p=3,651 \times 10^{-9}$), géophytes ($\text{Chi}^2=68,087$, $\text{dl}=19$, $p=1,907 \times 10^{-7}$), thérophytes ($\text{Chi}^2=83,95$, $\text{dl}=17$, $p=7,561 \times 10^{-11}$), nanophanérophytes ($\text{Chi}^2=21,428$, $\text{dl}=5$, $p=0,00067$). De plus, le test exact de Fisher (règle de Cochran non respectée) montre qu'il existe un lien entre l'EC à dire d'expert et l'exposition des relevés (Fisher, $p=0,004$). Ces indicateurs sont donc validés. Les données concernant les phanérophytes, l'érosion marine et éolienne, la bioturbation, la pollution, l'artificialisation et la perturbation anthropique par piétinement ne sont pas en nombre suffisant, sur la dune embryonnaire, pour vérifier leur fiabilité. La présence d'espèces envahissantes exotiques ne semble pas être corrélée à l'état de conservation à dire d'expert. Les résultats des indicateurs validés, pour chaque paramètre de la Directive, sont détaillés ci-dessous.

4) Le paramètre Surface de l'habitat

La surface du massif dunaire, entre 1950 et 2010, issue de la technique de photo-interprétation, a tendance à augmenter de manière constante et linéaire, de 2% par an (160 m² en 6 ans) (Fig 2).

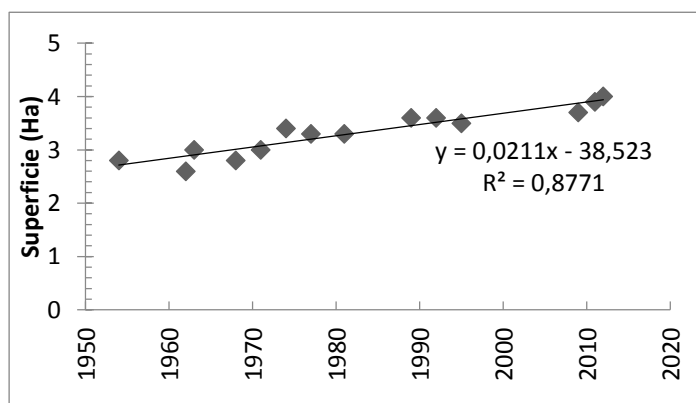


Figure 2 : Evolution de la superficie du complexe dunaire sur le site Natura 2000 'La Grande Maïre', entre 1950 et 2010, issue de photo-interprétations satellitaire ; accompagnée d'une courbe de régression linéaire, présentant un fort coefficient R^2 .

La végétation de haut de plage n'a pas été prise en compte dans le suivi écologique de l'EID. Les surfaces du tableau 2 font donc référence à l'habitat de dune embryonnaire au sens premier. La surface des dunes embryonnaires, issue des couches SIG cartographiques, est multipliée par 2,7 entre la

cartographie de 2008 et celle de 2017 : elles passent de 0,33 à 0,89 Ha. La surface occupée par les dunes embryonnaires a tendance à augmenter entre 2009 et 2011, puis se stabilise de 2011 à aujourd'hui. La répétition de la méthodologie sur trois années par le même organisme et la cohérence avec les données de 2017 nous permettent d'avoir confiance en ces tendances (Fig 3).

Tableau 2 : Surfaces de l'habitat dunes embryonnaires, en Ha, issues du suivi écologique de l'EID, de la cartographie de 2008 et de la cartographie de 2017.

Surfaces (Ha)	BIOTOPE (2008)	EID (2009)	EID (2010)	EID (2011)	CBNMed (2017)
Dunes embryonnaires	0,33	0,70	0,81	0,93	0,89

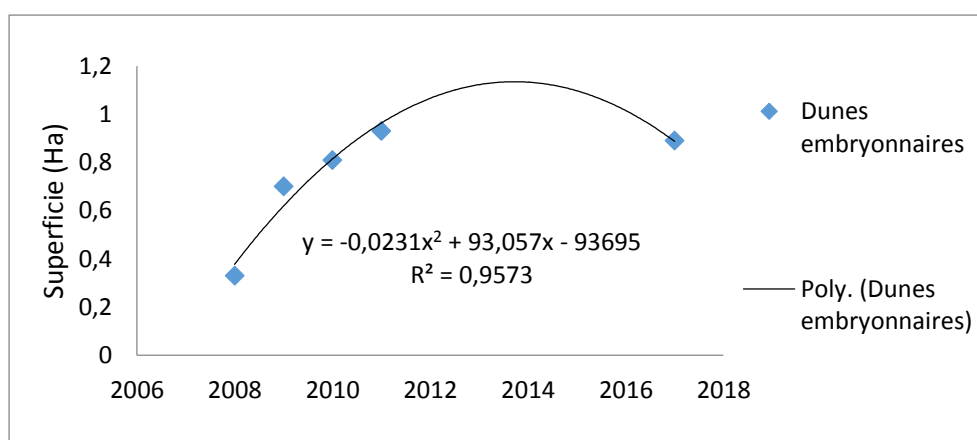


Figure 3 : Evolution de la superficie de l'habitat dunes embryonnaires sur le site de La Grande Maïre, entre 2008 et 2017 ; accompagnée d'une courbe de tendance polynomiale de degré 2, présentant un fort coefficient R^2 .

Pour conclure, le paramètre Surface se voit attribué la note maximale de 100/100 étant donné que l'habitat est en expansion.

5) Le paramètre Structure et Fonctions de l'habitat

5-1) Le spectre des valences écologiques des relevés de terrain est-il similaire à celui de la bibliographie ?

Le test de Fisher ne détecte pas de différence entre le spectre des valences écologiques de la bibliographie et du terrain. Les valeurs médianes des valences de luminosité, d'humidité édaphique et de nutriments sont similaires entre les relevés de la bibliographie et du terrain. Les valences de réaction du sol et de salinité ont des valeurs médianes significativement supérieures dans les relevés de la bibliographie (Tab 3).

Tableau 3 : P-value des tests de comparaison des médianes [IC 95%] des valences entre les relevés bibliographiques et ceux de terrain. Chi2 sur les spectres de valences entre la bibliographie et le terrain.

VALENCES ECOLOGIQUES	BIBLIOGRAPHIE	TERRAIN	Mann-Whitney, p-value
Humidité édaphique	3,5 [2,5 ; 5,0]	3,3 [2,5 ; 4,0]	W = 1931, p = 0,057
Luminosité	10,8 [10,2 ; 11,2]	10,8 [10,5 ; 11,2]	W = 13835, p = 0,28
Réactivité du sol	7 [6,4 ; 7,3]	6,6 [6,2 ; 7,0]	W = 2086, p = 0,0046 <0,05
Salinité	5,3 [4,8 ; 6,3]	5,0 [4,2 ; 6,0]	W = 2080, p = 0,0064 <0,05
Nutriments du sol	3 [1,9 ; 4,8]	2,8 [2,0 ; 4,0]	W = 1741, p = 0,3832
	SPECTRE		Fisher, p = 1

Tableau 4 : Pourcentages des relevés du terrain dont les valeurs moyennes de chaque valence sont incluses dans l'intervalle de confiance des valeurs de la bibliographie.

Le tableau 4 compile le pourcentage de relevés dont les valeurs moyennes de chaque valence sont incluses ou non dans l'intervalle de confiance défini par la bibliographie. La note attribuée à chaque

Valences écologiques	% relevés dont la valence moyenne <IC	% relevés dont la valence moyenne incluse dans IC	% relevés dont la valence moyenne >IC
Luminosité	3	79	18
Salinité	38	56	6
Réaction du sol	29	71	0
Nutriments	6	85	9
Humidité	12	88	0
	TOTAL	379/500	

valence est le pourcentage de relevés dont la valence moyenne est incluse dans l'intervalle de confiance de la bibliographie. La valence écologique de luminosité a donc une note de 79/100 ; la salinité 56/100 ; la réaction du sol 71/100 ; les nutriments 85/100 ; l'humidité 88/100. En faisant la somme, la note de 379/500 est attribuée aux valences écologiques.

5-2) Le spectre des types biologiques des relevés de terrain est-il similaire à celui de la bibliographie ?

D'après le test de Chi², le spectre des types biologique est similaire entre la bibliographie et le terrain. En effet, les médianes des proportions moyennes des thérophytes, des hémicryptophytes et des chamaephytes sont similaires entre les relevés de la bibliographie et du terrain (Tab 5). Cependant, le test de Mann-Whitney détecte des différences significatives entre la bibliographie et le terrain, concernant les nano-phanérophytes et les géophytes. On retrouve des nano-phanérophytes dans les relevés de terrain alors qu'ils sont totalement absents des relevés de la bibliographie. A l'inverse, on

retrouve plus de géophytes dans les relevés de la bibliographie. Une étude similaire réalisée sur les spectres de sous-types biologiques révèle que chaque type biologique est dominé par un seul sous-type.

Tableau 5 : P-value des tests de Mann-Whitney ; comparaison des médianes [IC 95%]) de chaque type biologique entre les relevés bibliographiques et ceux de terrain. Chi2 sur les spectres de types biologiques entre la bibliographie et le terrain. NP = Nano-Phanérophyte, SV = Sempervirent, T SCAP = Thérophyte scappiforme, H SCAP = Hémicryptophyte scappiforme, CH REPT = Chamaephyte rampant, G RHIZ = Géophyte Rhizomateux.

TYPES BIOLOGIQUES	Sous-type biologique dominant	BIBLIOGRAPHIE	TERRAIN	Mann-Whitney, p-value
Nano-phanérophytes	NP (SV)	0 [0 ; 0]	0 [0 ; 10,9]	W=1433 ; p=0,02891 <0,05
Thérophytes	T SCAP	33,3 [0 ; 50]	27,3 [10,1 ; 46,4]	W=1610,5 ; p=0,8707
Phanérophytes	/	/	/	/
Hémicryptophytes	H SCAP	16,7 [0 ; 50]	19,1 [0,0 ; 37,5]	W=1765,5 ; p=0,3074
Chamaephytes	CH REPT	16,7 [0 ; 66,7]	23,6 [9,7 ; 33,3]	W=1602,5 ; p=0,9072
Géophytes	G RHIZ	50,0 [0 ; 90]	29,3 [16,7 ; 50]	W=2455 ; p=1,344e-06 <0,05
		SPECTRE		Chi ² =1,8811, dl=3, p=0,5974

Tableau 6 : Pourcentages des relevés du terrain dont les proportions moyennes de chaque type biologique sont incluses dans l'intervalle de confiance à 95% des valeurs de la bibliographie.

Le tableau 6 compile le pourcentage de relevés, dont les proportions moyennes de chaque type biologique sont incluses ou non dans l'intervalle de confiance à 95%, défini par la bibliographie. La

Types biologiques	% relevés dont la valence moyenne <IC	% relevés dont la valence moyenne incluse dans IC	% relevés dont la valence moyenne >IC
Nano-phanérophytes	0	88	12
Thérophytes	0	97	3
Phanérophytes	0	100	0
Hémicryptophytes	0	100	0
Chamaephytes	0	100	0
Géophytes	0	100	0
TOTAL		585/600	

note attribuée à chaque type biologique est le pourcentage de relevés dont la proportion moyenne est incluse dans l'intervalle de confiance de la bibliographie. La somme des notes de chaque type biologique nous donne la note finale de 585/600.

5-3) Le recouvrement total de la végétation

D'après le test de Mann-Whitney (W=18475 ; p=0,02366), le recouvrement total de la végétation 2110* issu des relevés de la bibliographie (Médiane [IC 95%] = 40% [16,3 ; 78]) est supérieur de manière significative à celui des relevés de terrain (30% [15 ; 75]). La note attribuée à

l'indicateur recouvrement est le pourcentage de relevés dont le recouvrement moyen est inclus dans l'intervalle de confiance de la bibliographie. Ici, 91% des relevés sont cohérents avec la bibliographie. La note de 91/100 est donc attribuée à l'indicateur Recouvrement total de la strate herbacée.

5-4) La végétation de laisses de mer

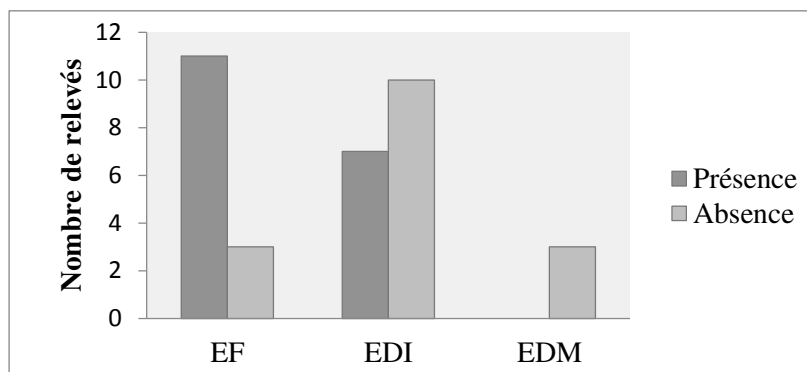


Figure 4 : Lien entre la présence ou l'absence de la végétation de laisses de mer avec l'état de conservation. Effectifs (relevés) où la végétation de haut de plage est recensée. EF = Etat de conservation favorable ; EDI = Etat de conservation défavorable inadéquat ; EDM = Etat de conservation défavorable mauvais.

La végétation des laisses de mer est présente dans 18 relevés sur les 34 réalisés (Fig 4). L'absence de cette végétation n'est pas en elle-même un indicateur du mauvais état de conservation, étant donné que certains relevés sont en état favorable ou défavorable inadéquat, alors qu'elle est absente. Cependant, cette végétation est bien absente de tous les relevés en état défavorable mauvais. Aucune note n'est attribuée à cet indicateur car il n'est pas suffisamment fiable.

5-5) La pente et l'exposition

D'après le test de Mann-Whitney ($W=501,5$; $p=0,4013$), il n'y a pas de différence significative entre la pente moyenne des relevés de la bibliographie (Médiane [IC 95%]= 3[3 ; 3]) et du terrain (0[0;19]). Cependant, comme le montre l'intervalle de confiance, les données de la bibliographie ne sont pas suffisamment renseignées pour être fiables. Cet indicateur n'est pas noté.

D'après le test exact de Fisher ($p=0,001181$), il existe une différence significative au niveau de l'exposition des relevés suivant leur état de conservation. Les relevés en état de conservation favorable ont tendance à être orientés Sud-Est ou Nord-Ouest, alors que les relevés en état défavorable inadéquat sont répartis équitablement entre le Nord, Nord-Ouest et l'Est (Fig 5). Cependant, les informations fournies ne sont pas suffisantes pour mettre en place un système de notation. Cet indicateur n'est pas validé.

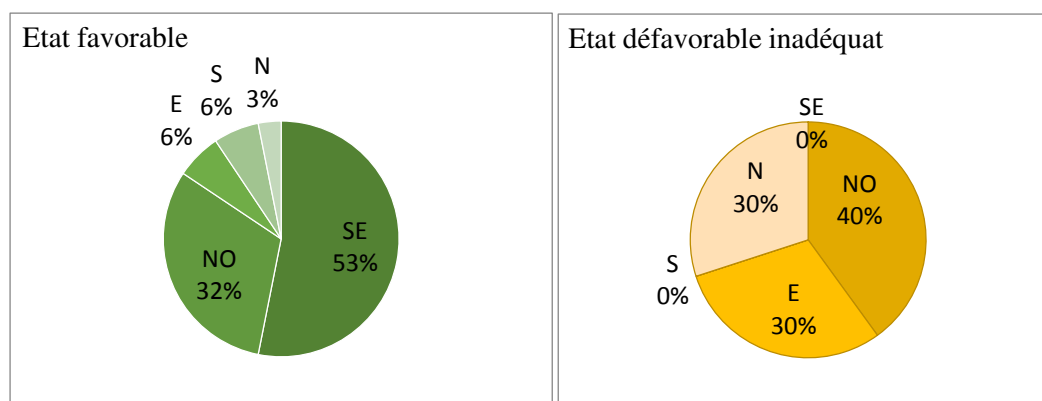


Figure 5: Répartition des relevés de terrain pour l'état de conservation favorable (32 relevés) et défavorable inadéquat (10 relevés), suivant leur exposition.

Le paramètre Structure et Fonctions obtient une note de 1055/1200, soit 88/100.

6) Le paramètre Perspectives futures de l'habitat

6-1) Les perspectives d'évolution de la surface de l'habitat

La protection réglementaire ou foncière

La note de l'indicateur dépend du pourcentage de surface de l'habitat, qui est sous protection réglementaire ou foncière forte. Les habitats dunaires méditerranéens d'intérêt communautaire du site Natura 2000 La Grande Maïre, sous soumis à une protection forte. Ils sont situés sur les terrains acquis par le Conservatoire des Espaces Littoraux et des Rivages Lacustres, et sur le Domaine Public Maritime. Pour le site de La Grande Maïre, l'indicateur de Protection réglementaire ou foncière reçoit donc la note de 10/10.

6-2) Les perspectives d'évolution de la structure et des fonctions de l'habitat

Les barres sédimentaires littorales

En termes de notation, une barre rectiligne obtient un point. Une barre de type festonnée n'obtient aucun de point. Dans le cas de la présence de plusieurs barres, la note finale est issue de la somme des notes de chaque barre. Cette note s'échelonne de 0 (3 barres festonnées) à 3 (3 barres rectilignes). Sur le site Natura 2000 La grande Maïre, les barres littorales sédimentaires sont au nombre de deux et de type linéaire : une interne visible mais perturbée et une externe, moins visible, mais plus linéaire (Fig 6). L'indicateur reçoit donc la note de 2/3 pour le site de La Grande Maïre.

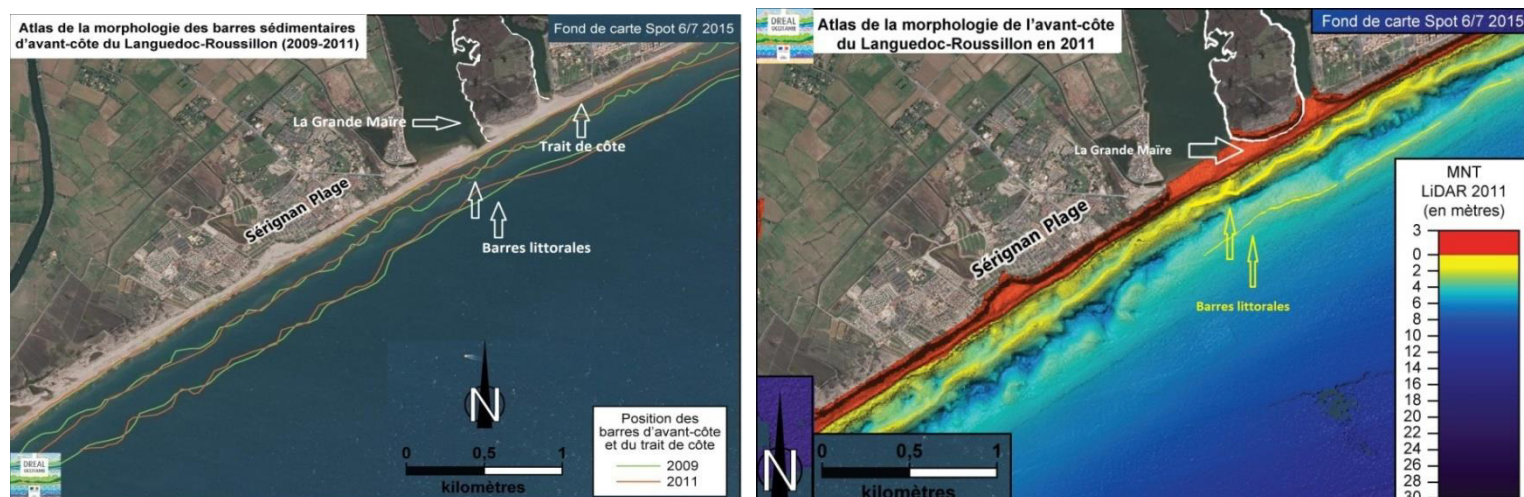


Figure 6 : Modèle Numérique de Terrain (LIDAR 2011) et photographie SPOT 6-7 (2015), du secteur littoral de La Grande Maïre (Hérault), issus de l'atlas morphologique de l'avant-côte du Languedoc-Roussillon entre 2009 et 2011. Y sont figurés : les barres d'avant-côte, ainsi que le trait de côte, datant de 2009 et 2011, aux abords du site Natura 2000 La Grande Maïre (contours en blanc). Ces cartographies sont fournies par la DREAL Occitanie.

Les tendances d'évolution du bilan sédimentaire et du trait de côte

Le tableau 6 compile le système de notation de l'indicateur, qui s'échelonne de 0 (érosion et recul du trait de côte vers les terres) à 3 (accrétion et avancée du trait de côte vers la mer).

Tableau 6 : Système de notation de l'indicateur Tendances d'évolution du bilan sédimentaire et du trait de côte. Le bilan tend vers l'accrétion, la stabilité ou l'érosion du système dunaire. Le Trait de côte recule ou avance.

Evolution du trait de côte	Tendances du bilan sédimentaire		
	Accrétion	Stabilité	Erosion
Recul (vers la terre)	2	1	0
Avancée (vers la mer)	3	2	1

Au niveau des cordons dunaires de La Grande Maïre, le taux d'évolution du trait de côte se situe en moyenne entre 0 et -0,5m/an, pour la période de 1977 à 2009. Il y a donc une tendance de stabilité, à un faible recul du trait de côte. La dérive littorale charrie les sédiments, provenant de l'embouchure de l'Hérault et du Libron, d'Est en Ouest, vers l'embouchure de l'Orb (Fig 7). Le site La Grande Maïre appartient à la sous-cellule sédimentaire qui s'étend de Portiragnes Est à l'Orb. L'Est de la cellule présente un bilan neutre, alors que l'Ouest présente un bilan positif (Communications personnelles Dufresne P., DREAL Occitanie). Il existe un point neutre où la tendance est à la stabilité, situé un peu à l'Ouest du site La Grande Maïre. De ce fait, le site est pour le moment dans une phase dite 'stable'

concernant le bilan des échanges sédimentaires (alternance de phase d'accrétion/érosion). Il est impossible de prévoir à quelle période ce bilan deviendra négatif ; cela dépend de la vitesse de progression du point neutre vers l'Ouest.

L'indicateur obtient une note de 1/3 (Recul du trait de côte, bilan sédimentaire stable).

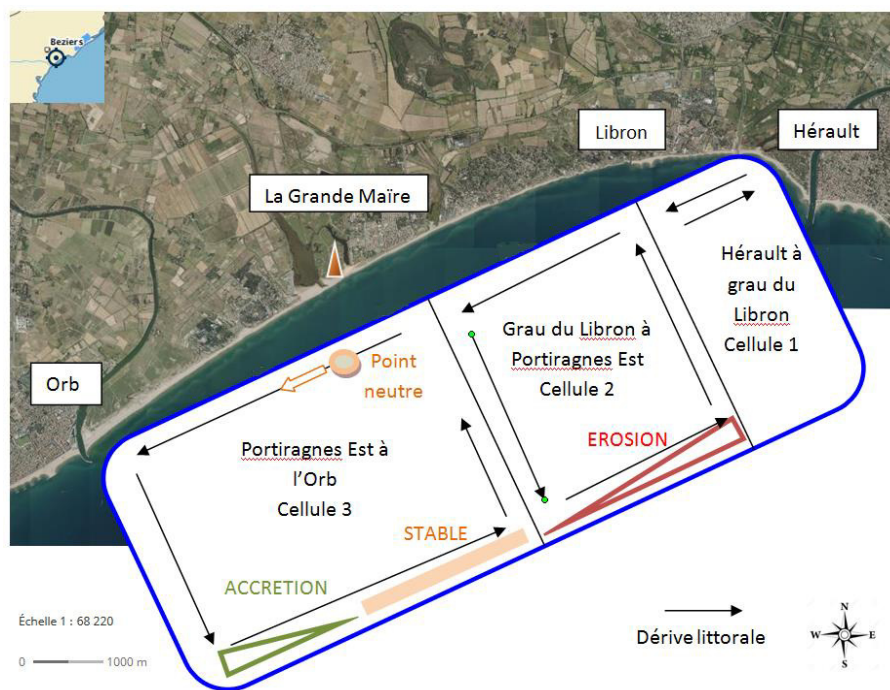


Figure 7 : Schéma récapitulatif du fonctionnement des cellules sédimentaires entre l'embouchure de l'Hérault et de l'Orb, représentant la dérive littorale, ainsi que les tendances d'accrétion, stabilité (point neutre) et d'érosion des différents secteurs. Au centre, La Grande Maïre (triangle rose).

La vulnérabilité à la submersion marine

Le système de notation (Fig 8) est adapté de l'étude d'Heurtefeux *et al.* (2012). Dans le cadre de notre étude, plus le site est vulnérable à la submersion marine, plus l'état de conservation de l'habitat est menacé, plus la note est faible.

Altitude (m)						
	3m	1	4	4	4	4
	2m	0	4	4	4	4
	1,5m	0	2	2	3	3
	0m	0	0	0	1	1
		Distance au TdC (m)				
		0m	100m	200m	300m	400m 500m

Figure 8 : Grille de notation de la vulnérabilité à la submersion marine, en fonction de l'altitude moyenne du massif dunaire et de la distance au trait de côte, adaptée d'Heurtefeux *et al.*, 2012 ; issue des travaux de Bawedin et Hoeblich, 2006.

L'altitude moyenne du système dunaire est de 1,23 mètre. La distance moyenne entre le trait de côte et le sommet de dune est de 104,5 mètres. Selon la grille de notation, l'indicateur reçoit une note de 0/4. Au total, le paramètre Perspectives futures de l'habitat obtient une note de 13/20, soit 65/100.

7) La notation finale à l'échelle du site

Le paramètre Surface est en état de conservation favorable. Le paramètre Structure et Fonctions est en état de conservation favorable. Le paramètre Perspectives futures est en état de conservation défavorable inadéquat (juste en dessous du seuil limite 65% au lieu de 66%). En prenant en compte le principe de sélection du pire état de conservation des trois paramètres, l'habitat 2110 est considéré en état de conservation défavorable inadéquat, à l'échelle du site Natura 2000 La Grande Maïre.

IV) DISCUSSION

Les intérêts et limites de chaque indicateur, ainsi que de la méthode mise en place dans ce rapport sont discutés dans les paragraphes suivants.

1) Les références bibliographiques

Les références bibliographiques sont localisées aux régions Provence Alpes Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon. Il serait intéressant d'étendre le pool de références bibliographiques sur l'ensemble du pourtour méditerranéen. Cela permettrait d'étendre le panel bioclimatique et géomorphologique pris en compte et ainsi mieux refléter la diversité des habitats dunaires méditerranéens. Dans ce cas, les valences écologiques de température et de continentalité pourraient être étudiées. Par contre, cette opération nécessiterait un temps de travail conséquent pour accéder et saisir les travaux à cette échelle géographique, tout en prenant en compte la barrière des langues.

2) Le paramètre Surface de l'habitat

L'évaluation de l'évolution du paramètre 'Surface' dépend essentiellement de la disponibilité, de la qualité et de la précision des données cartographiques et des photographies aériennes du site. L'interprétation visuelle des photographies conduit à des approximations qui dépendent à la fois de l'observateur et de la connaissance du terrain. L'idéal serait de tester la méthode avec de personnes différentes sur la même photographie pour évaluer l'erreur d'approximation des surfaces. Dans notre

cas, il est impossible de prendre en compte les patches d'habitats dunaires en arrière dune car ils sont difficiles à distinguer ou absents des photos aériennes, qui sont focalisées sur le littoral. Le croisement des altitudes issues du MNT et de la cartographie, permettrait sûrement de détecter les habitats d'arrière dune fixée, qui sont très souvent sur des monticules surélevés. La comparaison de couches SIG, à différent pas de temps, atteint ses limites en fonction de l'effort de prospection fourni, des compétences phytosociologiques des observateurs, ainsi que de la précision des GPS. Les données de suivis sur trois années successives mettent en évidence un problème sur les données de 2008. En effet, une aussi forte augmentation (*3) de la surface totale des dunes embryonnaires entre 2008 et 2009 est douteuse. Seules des tendances d'évolution peuvent être déduites de ce suivi et seulement s'il existe des données antérieures suffisamment nombreuses et fiables.

3) Le paramètre Structure et Fonctions de l'habitat

Les valences écologiques et les types biologiques permettent de s'affranchir des spécificités géographiques (contrairement aux listes d'espèces typiques) et de pouvoir comparer différents sites. Elles traduisent l'évolution des conditions abiotiques de l'habitat étudié.

Dans cette étude, la valence Réaction du sol est plus élevée dans la bibliographie que dans les relevés de terrain. Cette différence peut s'expliquer par le type de substrat en arrière pays, ou bien par une spécificité des sédiments apportés par la dérive littorale. La valence de Salinité est aussi légèrement plus élevée dans la bibliographie que dans les relevés de terrain. Selon Pignatti (1959) la salinité des sols des associations psammophiles diminue rapidement lorsque l'on passe du bord de mer à l'*Agropyretum* à *Sporobolus pungens*, jusqu'à s'annuler au niveau de la transition entre l'*Agropyretum typicum* et l'*Ammophiletum*. La différence observée pourrait être due à un échantillonnage localisé à la frontière entre *Agropyretum* et *Ammophiletum*, soit à une diminution de l'arrivée des embruns ou du recul du système dunaire, qui s'éloignant de la mer, se désalinise petit à petit. Une autre explication peut être mise en relation avec les résultats de l'AFC. Les trois relevés de la bibliographie, qui s'individualisent sur l'AFC, ont été réalisés en Camargue. Ils contiennent des espèces vivant dans des milieux plus salés. Les valences de Salinité associées à ces espèces pourraient donc faire augmenter la salinité moyenne des relevés de la bibliographie.

Concernant les types biologiques, il y a proportionnellement moins de géophytes dans les relevés de terrain que dans la bibliographie. Cette différence est due à la présence des géophytes rhizomateux suivants : *Spartina patens* (Aiton) Muhl., 1813 dans un relevé, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., 1840, dans quatre relevés et *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla, 1905 dans un relevé. Il serait donc judicieux d'enlever les trois relevés, réalisés en Camargue, du pool de référence, et de recalculer la valence moyenne de salinité, ainsi que la proportion moyenne de géophytes de la bibliographie. Quelques nano-phanérophytes sont présentes dans les relevés de terrain, contrairement aux relevés de la bibliographie. On retrouve *Ephedra distachya* L. 1753 sur deux relevés alors que c'est une espèce de dunes fixées. La présence de l'espèce exotique envahissante *Yucca gloriosa* L., 1753 est aussi détectée sur deux relevés. Ces observations nous confirment la sensibilité de la méthode, qui détecte et identifie les espèces que l'on ne devrait pas retrouver sur la dune embryonnaire.

Les résultats du paramètre Végétation de laisses de mer ne permettent pas de conclure que l'absence de cette végétation est due aux conditions de mauvais état de conservation de l'habitat. Ils mettent en évidence un problème dans le protocole d'échantillonnage. En effet, l'absence de cette végétation n'est pas déterminante ici, car l'échantillonnage est fait aléatoirement. Certains cadrats échantillonnés sont uniquement positionnés dans la dune embryonnaire stricte et non en bordure vers la mer, où la végétation de *Cakiletea* se développe. Ainsi, des cadrats sans végétation de laisses de mer sont en bon état de conservation. L'association des habitats de laisses de mer et de dunes embryonnaires sous le même habitat 2110* masque leur disposition spatiale. Pour que l'indicateur Végétation de laisses de mer soit fiable, il faudrait réaliser des transects.

Le pourcentage de recouvrement total de la strate herbacée n'est pas un indicateur très informatif. D'une part, cette estimation de recouvrement varie en fonction des observateurs. D'autre part, l'intervalle de confiance issue de la bibliographie est trop étendu.

Les données de Pente et d'Exposition sont peu nombreuses dans la bibliographie. De plus, l'échantillonnage de 34 relevés, sur un site, ne permet pas d'être représentatif de la diversité de ces variables sur l'ensemble des dunes méditerranéennes.

Les données récoltées pour ces derniers indicateurs ne sont pas suffisantes pour conclure en termes statistiques, sur leur efficacité et leur lien avec l'état de conservation. Par exemple, seulement trois

relevés sont considérés comme en état défavorable mauvais pour l'habitat 2110* sur le site de La Grande Maïre. Il est essentiel de tester cette méthode sur d'autres sites, qu'ils appartiennent au réseau Natura 2000 ou non. En effet, l'étude d'une plus grande diversité de sites, et donc de conditions biotiques et abiotiques, permettrait de mieux calibrer les indicateurs, voire d'en tester de nouveaux ; c'est pourquoi un deuxième stage de Master sera réalisé l'année prochaine.

4) Le paramètre Perspectives futures de l'habitat

Les barres littorales

Il existe de nombreux types de barres littorales en Méditerranée. Cet indicateur est peut être trop simplifié pour refléter fidèlement la complexité des conditions marines.

La vulnérabilité à la submersion marine

La délimitation de la surface de dune sur laquelle est calculée l'altitude moyenne (bande de 500 mètres par rapport au trait de côte) a été fixée à dire d'expert en prenant en compte la zone de déferlement, aussi appelée zone d'action mécanique des vagues. Cette zone correspond à la surélévation du plan d'eau, dû au transfert d'énergie sur la colonne d'eau lorsque les vagues déferlent. Il serait intéressant de prendre en compte l'altitude moyenne de la crête de dune au lieu de l'altitude moyenne de la dune dans notre indicateur. En effet, c'est la hauteur de la première dune qui paraît la plus pertinente en termes de barrières à la submersion marine. De plus, la grille de notation permettant d'évaluer la vulnérabilité à la submersion marine ne paraît pas intuitive. En effet, à quelques centimètre près de distance au trait de côte ou d'altitude, le système dunaire peut être considéré comme très vulnérable (note de conservation de 0/4) ou peu vulnérable (note de conservation de 4/4) à la submersion marine.

Les tendances d'évolution du bilan sédimentaire et du trait de côte

Les taux d'évolution du trait de côte sont calculés volontairement sur une période de 30 ans, afin de lisser les événements ponctuels et de pouvoir les utiliser à des fins de projections fiables dans le futur. Les apports sédimentaires peuvent être naturels, ou artificiels (rechargements volontaires de certains secteurs côtiers). Il est donc intéressant de veiller à la présence de projets de ce type, car ils se répercutent sur la dynamique sédimentaire des secteurs voisins. Il existe un projet de rechargement

massif, en amont, du côté de Vias. Dans ce cas, le sable aurait tendance à se déplacer vers Portiragnes, compte tenu du sens de la dérive littorale, et pourrait conforter la dynamique de stabilité.

Le niveau de la mer a tendance à augmenter et le trait de côte à reculer vers les terres avec le réchauffement climatique. Ces phénomènes peuvent provoquer une salinisation des lentilles d'eau douce dont dépendent les espèces de dunes telles que *Crucianella maritima* et *Ammophila arenaria* et mettre en danger les habitats dunaires. Les zones basses peuvent être envahies durablement par la mer et le complexe dunaire peut subir une érosion rapide du front de végétation. Les habitats de dunes embryonnaires et de dunes blanches sont donc les plus vulnérables à la submersion marine, à l'érosion et au recul du trait de côte.

Le niveau de protection réglementaire ou foncière

Cet indicateur devrait être construit en parallèle avec les collectivités territoriales et les responsables des Plans Locaux d'Urbanisme. Cela permettrait d'intégrer la dimension sociale et politique, pour rester en accord avec les objectifs du réseau Natura 2000. Cependant, cela ne rentre pas dans le champ de compétences du Conservatoire botanique. De plus, malgré les protections réglementaires ou foncières fortes, il existe toujours des exceptions. Par exemple, dans le cas de demandes de dossiers de dérogation, un projet d'intérêt public peut menacer l'intégrité des habitats.

Les espèces envahissantes déstructurantes

La présence des Espèces Exotiques Envahissantes n'étant pas corrélée à l'état de conservation, il est nécessaire de modérer la conception des impacts et des pressions engendrées par la présence des EEE. De plus, leur présence devrait être corrélée au dire d'expert futur et non actuel de l'état de conservation des habitats. L'essentiel est la connaissance approfondie de la biologie de reproduction de ces espèces, la surveillance des 'noyaux sources' à proximité du site et leur vitesse de colonisation. Le plus intéressant serait d'évaluer la pérennité de ces espèces envahissantes et leur impact réel sur le milieu, ainsi que la résilience de l'habitat suite à la disparition de celles-ci. La présence d'espèces exotiques n'est pas forcément synonyme de déstructuration ou de dysfonctionnement de l'habitat, car elles peuvent réaliser, par exemple, des fonctions similaires aux espèces indigènes, sans les concurrencer.

5) Les intérêts de la méthode

L'intérêt de cette méthode est qu'elle est reproductible, standardisée, sensible et permet aussi de suivre l'évolution des paramètres biotiques et abiotiques des habitats au cours des différents rapportages. De plus, elle est basée sur l'étude des caractéristiques intrinsèques des végétations et non sur l'observation unique de perturbations et de dégradations, en évitant au maximum les indicateurs basés sur le 'dire d'expert'. Au niveau méthodologique, une phase de terrain permet de récolter les indicateurs (cartographie si nécessaire et relevés). Seuls les relevés de végétation et les analyses SIG nécessitent des compétences particulières : notamment, un niveau d'expertise botanique élevé. Les analyses des indicateurs sont basées sur l'exhaustivité des relevés. Cependant, le gestionnaire peut apprendre à reconnaître les taxons des habitats dunaires, relativement rapidement, avec le soutien d'un botaniste, pour la première année du protocole (la richesse spécifique étant peu élevée). Les relevés de végétation peuvent être réalisés par un gestionnaire averti, un bureau d'étude ou le Conservatoire botanique... Les coefficients d'abondance-dominance et de sociabilité ne sont pas indispensables à l'analyse des indicateurs. Les listes de valences écologiques et de types biologiques par espèces ont été mises à jour et peuvent être transmises aux gestionnaires. De plus, le traitement de l'ensemble des indicateurs sur Excel est réalisable sans compétence particulière. La DREAL peut fournir, au travers d'une convention de données, les profils bathymétriques, l'évolution morphologique des barres littorales, les résultats du suivi national de l'indicateur du trait de côte, etc... Les levés topographiques et bathymétriques étant la plupart du temps réalisés tous les 5 ans, la mise à jour des indicateurs de perspectives, en termes de géomorphologie, serait possible à chaque Rapportage.

Il est nécessaire de bien faire la différence, dès le début d'une étude de ce type, entre l'état favorable qui peut être défini dans le cadre de la gestion, l'état optimal théorique de l'habitat, l'état actuel et l'état de référence ; tout dépend des objectifs de l'étude. L'évaluation de l'état de conservation ne permet pas d'évaluer directement l'efficacité de la gestion, car il n'est pas uniquement la résultante de celle-ci. Cependant, la méthode développée ici permet de mettre en évidence les variations biotiques et abiotiques au sein de l'habitat et d'identifier les zones en mauvais états, donnant ainsi des pistes d'explications au gestionnaire. Le système de notation doit être assez flexible pour permettre au gestionnaire d'adapter la méthode en fonction du temps, du coût et des informations disponibles sur les sites...

6) Les paramètres intéressants à approfondir

Trois autres approches pourraient permettre de développer une méthode plus complète.

Une espèce déstructurante, qu'elle soit exotique ou indigène, serait capable de modifications structurelles et fonctionnelles de l'écosystème : en modifiant les conditions abiotiques : par exemple, faire de l'ombre, modifier le pH ou être capable d'allopathie ; ou en modifiant les proportions des types biologiques au sein de l'habitat: par exemple, développement de type arborescent dans un habitat où prédominent les chamaephytes. Ces caractéristiques seraient combinées à un dynamisme important et de fortes capacités compétitrices : croissance rapide, forte reproduction végétative ou clonale, ou diaspores nombreuses dispersées par le vent/stratégie R. Bien entendu, le caractère déstructurant d'une espèce dépend de l'habitat considéré, qui a ses propres caractéristiques structurelles. Une fois les espèces déstructurantes identifiées, il suffirait de créer un indicateur tel que la présence/absence de ces espèces, pour estimer les perspectives futures de déstructuration de l'habitat considéré.

L'approche non plus par espèces, mais par groupes fonctionnels d'espèces est aussi très intéressante. Cette méthode permet de s'affranchir des caractéristiques géographiques et est directement liée aux fonctions caractéristiques de l'habitat. Les groupes fonctionnels regroupent les espèces qui ont des rapports similaires avec un processus spécifique de l'écosystème ou des réponses similaires à des conditions environnementales (Hooper *et al.*, 2005). Ils constituent la base de plusieurs indices d'évaluation, utilisés en milieux marins. Cette vision est notamment appliquée par Garcia-Mora *et al.* (1999), sur les écosystèmes dunaires. Elle est mise en parallèle avec les processus géomorphologiques d'érosion et d'accrétion. Un spectre d'occurrence des trois groupes fonctionnels, basés sur l'observation directe de caractéristiques morphologiques, serait alors indicateur de la dynamique et du fonctionnement biotique et abiotique du milieu.

De la même manière, il serait possible d'étudier l'habitat au travers d'une approche des stratégies de vie des espèces, définies notamment par Grime (1974). Il faudrait synthétiser les traits de vie observables permettant d'associer une stratégie de vie Compétition, Stress tolérance ou Rudérale, à chaque espèce de l'habitat, comme l'a fait Pierce pour les taxons anglais (Pierce *et al.*, 2017). Il serait

alors possible de travailler sur un spectre de stratégies de vie des espèces caractéristiques de l'habitat ou directement sur une stratégie de vie associée à l'habitat (Grime et Pierce, 2012).

BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme, 2008. Article R414-11 du Code de l'environnement, modifié par le décret n°2008-457 du 15 mai 2008, art. 18. *Code de l'environnement*[en ligne]. <http://www.legifrance.gouv.fr>
- Argagnon O., 2016. L'évaluation de l'état de conservation des habitats de la Directive 92/43/CEE à l'échelle du site Natura 2000. Présentation Power Point. *Conseil scientifique du Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles*. Aix-en-Provence. Doi : 10.13140/RG.2.2.17148.74888
- Argagnon O., 2012. Note sur l'évaluation de l'état de conservation à l'échelle du site Natura 2000. *Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles, Antenne Languedoc-Roussillon* : 13 p.
- Barusseau J. P. et B. Saint-Guily, 1981. Disposition, caractères et formation des barres d'avant-côte festonnées du golfe du Lion. *Oceanologica*, **4** : 3. 297-304.
- Bensettiti F., F. Bioret, J. Roland, et J.P. Lacoste (coord.), 2004. Cahiers d'habitats « Natura 2000 ». Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 2 - Habitats côtiers. MEDD/MAAPAR/MNHN. Ed. *La documentation française*, Paris, 399 p.
- Bensettiti F., R. Puissauve, F. Lepareur, J. Touroult et L. Maciejewski, 2012. Evaluation de l'état de conservation des habitats et des espèces d'intérêt communautaire - Guide méthodologique - DHFF article 17, 2007-2012. Version 1. Rapport SPN 2012-27, *Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle*, Paris, 76 p. + annexes.
- Biotope, 2009. Document d'objectifs de la zone spéciale de conservation « La Grande Maïre » (FR9101433). A valeur de plan de gestion pour les terrains du conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres. 371 p.
- Braun-Blanquet J., N. Roussine et R. Nègre, 1952. Les groupements végétaux de la France méditerranéenne. *Centre National de la Recherche Scientifique*, Montpellier. 297 p.
- Caceres M., F. Oliva et X. Font, 2003. Ginkgo ® [logiciel] : a multivariate analysis system. Vegana Package, Java Runtime Environment. Version 1.5.0. *Journal of Vegetation Science*, **16** : 353-359. URL biodiver.bio.ub.es/ginkgo/ [consulté le 07/08/2017].
- Cadotte M. W., K. Carscadden et N. Mirotchnik, 2011. Beyond species : functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. *J. Appl. Ecol.* **48** : 1079-1087.
- Cantarello E. et A. Newton, 2008. Towards cost-effective indicators to maintain Natura 2000 sites in favourable conservation status. Preliminary results from Cansiglio and New Forest. *I Forest, Biogeosciences and Forestry*, **106**(2) : 75-80.
- Carboni M., M. L. Carranza et A. Acosta, 2009. Assessing conservation status on coastal dunes: A multiscale approach. *Landscape and Urban Planning*, **91** : 17-25.
- Certain R., 2002. Morphodynamique d'une côte sableuse microtidale à barres : le golfe du Lion (Languedoc-Roussillon). Ecole doctorale Energie Environnement (Perpignan).
- Chytry M. et Z. Otypková, 2003. Plot sizes used for phytosociological sampling of European vegetation. *Journal of Vegetation Science*, **14**(4) : 563-570.
- Cicarelli D., M. S. Pinna, F. Alquini, D. Cogoni, M. Ruocco, G. Brachetta, G. Sarti et G. Fenu, 2016. Development of a coastal dune vulnerability index for Mediterranean ecosystems : A useful tool for coastal managers ? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Doi : 10.1016/j.ecss.2016.12.008.
- Commission européenne, Direction Générale de l'Environnement, la Nature et la Biodiversité, 2013. Natura 2000. Manuel d'interprétation des habitats de l'union européenne. EUR 28.
- Communauté européenne, 1992. Council Directive 92/43/CEE du conseil du 21 Mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la flore et de la faune sauvage, O.J. L206, 22.07.92.
- Desmazes F., 2005. Caractérisation des barres sableuses d'une plage de la côte aquitaine: exemple de la plage du Truc Vert (Dissertation Doctorale, Bordeaux 1).

Dufrène M. et L. M. Delescaille, 2007. Synthèse du rapportage sur les critères d'état de conservation (régions biogéographiques) des habitats Natura 2000 pour la période 2001-2007. SPW/DGRNE/CRNFB.

EID-Méditerranée, 2012. Suivi écologique du littoral de Vias, Agde et Portiragnes. Suivi écologique 2011. 19 p.

EID-Méditerranée, 2013. Evaluation de l'état de conservation et de la valeur patrimoniale de l'écosystème dunaire méditerranéen. Protocole d'utilisation des grilles d'évaluation. 11 p.

Ellenberg H., 1974. Indicator values of vascular plants in central Europe. *Indicators values of vascular plants in central Europe*. 9 p.

ESRI, 2011. ArcGIS Desktop ® [logiciel] : Release 10. Redlands, CA : Environmental Systems Research Institute [consulté le 03/08/2017].

Gaudillat V., O. Argagnon, F. Bensettiti, F. Bioret, V. Boulet, Th. Brusten, G. Causse, G. Choynet, B. Coignon, B. de Foucault, L. Delassus, F. Duhamel, Th. Fernex, Ch. Gauberville, K. Herard, A. Lalanne, A. Le Fouler, J. Millet, C. Panaiotis, F. Prud'homme, J. Reymann, P. Rouveyrol et J.-C. Villaret, 2017. Habitats d'intérêt communautaire. Actualisations des interprétations des Cahiers d'habitats, 1^{ère} synthèse. 58 p.

Garcia-Mora M. R., J. B. Gallego-Fernandez, B. Juan et F. Garcia-Novo, 1999. Plant functional types in coastal foredunes in relation to environmental stress and disturbance. *Journal of vegetation Science*, **10** : 27-34.

Géhu J.-M. et S. Rivas-Martinez, 1981. Notions fondamentales de Phytosociologie. In : *Syntaxonomie, Ber. Int. Symp. Int. Vereinigung Vegetationsk* : 5-33.

Goffé L., 2011. Etat de conservation des habitats d'intérêt communautaire des dunes non boisées du littoral atlantique - Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000 - Version 1. Rapport SPN 2011-18. Muséum National d'Histoire Naturelle, Office National des Forêts et Conservatoire Botanique National de Brest, 67 p.

Grall J. et N. Coïc, 2005. Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Rapport Ifremer DYNECO/VIGIES/06-13/REBENT.

Grime, J. P., 1974. Vegetation classification by reference to strategies. *Nature*, **250**(5461) : 26-31.

Grime J. P. et S. Pierce, 2012. The evolutionary strategies that shape ecosystems. *John Wiley & Sons, Ltd*, Chichester. 264 p.

Grosset S., 2006. Etude et évaluation de l'écosystème dune en Languedoc-Roussillon. Rapport de stage Master EGP, MNHN, à l'EID Méditerranée, 48p.

Grunewald R. et H. Schubert, 2007. The definition of a new plant diversity index H' dune for assessing human damage on coastal dunes - derived from the Shannon index of entropy H'. *Ecological Indicators*, **7** : 1-21.

Hartung C., Y. Anokwa, W. Brunette, A. Lerrer, C. Tseng et G. Borriello, 2010. Open Data Kit: Tools to Build Information Services for Developing Regions. International Center for Tax and Development, 11p.

Heurtefeux H., P. Sauboua et P. Lanzellotti, 2012. Evaluation de la vulnérabilité du littoral de l'Hérault à la submersion marine. *XIIèmes Journées Nationales du Génie Côtier-Génie Civil*, Cherbourg. Doi : 10.5150/JNGCGC.2012.101-H.

Hooper D. U., F. S. Chapin, J. J. Ewel, A. Hector, P. Inchausti, S. Lavorel, J. H. Lawton, D. M. Lodge, M. Loreau, S. Naeem, B. Schmid, H. Setälä, A. J. Symstad, J. Vandermeer et D. A. Wardle, 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological monographs*, **75**(1) : 3-35.

Julve P., 1998. Baseflor. Index botanique, écologique et chronologique de la flore de France. Disponible en ligne : <http://philippe.julve.pagesperso-orange.fr/catminat.htm>.

Kluszczewski M., J. Barret, C. Baudot et J. Fleury, 2010. Evaluer l'état de conservation des habitats naturels à l'échelle du terrain : approches dans le Languedoc-Roussillon. *Rev. For. Fr.* **LXII**.

Kuhnholz-Lordat G., 1924. Thèse : Essai de géographie botanique sur les dunes du Golfe du Lion. Faculté des sciences de Paris, Les presses universitaires de France, Paris.

Leslie M., G. K. Meffe, J. L. Hardesty et D. L. Adams, 1996. Conserving biodiversity on military lands : A handbook for natural resource managers. *The Nature Conservancy*, Arlington, VA.

Maciejewski L., F. Lepareur, D. Viry, F. Bensettiti, R. Puissauve et J. Touroult, 2016. Etat de conservation des habitats : propositions de définitions et de concepts pour l'évaluation à l'échelle d'un site Natura 2000. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, **71** : 3-20.

Naeem S., 2002. Ecosystem consequences of biodiversity loss : the evolution of a paradigm. *Ecology*, **83** : 1537-1552.

Niemeijer D. et R. S. De Groot, 2008. A conceptual framework for selecting environmental indicators sets. *Ecological Indicators*, **8** : 14-25.

Open Data Kit Collect [logiciel], 2010. Versions ODK Collect v1.8.1. URL [consulté le 03/08/17].

Opengis.ch, 2016. Qfield © [logiciel] for Android. The Qfield Project. Version 0.10.0 URL www.qfield.org/docs/fr/ [consulté le 04/08/2017].

Pierce S., D. Negreiros, B. E. Cerabolini, J. Kattge, S. Diaz, M. Kleyer, B. Shipley, S. J. Wright, N. A. Soudzilovskaia, V. G. Onipchenko, P. M. van Bodegom, C. Frenette-Dussault, E. Weiher, B. X. Pinho, J. H. C. Cornelissen, J. P. Grime, K. Thompson, R. Hunt, P. J. Wilson, G. Buffa, O. C. Nyakunga, P. B. Reich, M. Caccianiga, F. Mangili, R. M. Ceriani, A. Luzzaro, G. Brusa, A. Siefert, N. P. U. Barbosa, F. S. Chapin, W. K. Cornwell, J. Fang, G. W. Fernandes, E. Garnier, S. Le Stradic, J. Peñuelas, F. P. L. Melo, A. Slaviero, M. Tabarelli et D. Tampucci, 2017. A global method for calculating plant CSR ecological strategies applied across biomes worldwide. *Functional Ecology*, **31**(2) : 444-457.

Pignatti S., 1959. Développement du sol et de la végétation sur la plage de Carnon (Languedoc). Estr. Da Delpinnoa, nuova serie, vol. 1 – 1959. *Istituto e orto botanico dell'universta di Napoli*, diretto dal prof. V. Giacomini.

Pignatti S., 1982. Flora d'Italia. *Edagricole*, Bologna, 2302 p.

Pignatti S., 2005. Valori di bioindicazione delle piante vascolari della Flora d'Italia. *Braun-Blanquetia*, **39** : 1-300.

PostgreSQL, 2017. Global Development Group PostgreSQL® [logiciel], version 9.6.3. PostGIS project, version 2.3.3. URL <https://www.postgresql.org/download/> [consulté le 07/08/2017].

QGIS Development Team, 2009. Version 2.14.9-Essen. QGIS Geographic Information System® [logiciel]. Open Source Geospatial Foundation. URL <http://qgis.osgeo.org> [consulté le 03/08/2017].

Rameau J. C., C. Gauberville et N. Drapier, 2000. Gestion forestière et diversité biologique. Identification et gestion intégrée des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. France-Domaine atlantique-ENGREF, ONF, IDF.

Raunkiaer C. C., 1905. Types biologiques pour la géographie botanique. *Oversigt over Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger* : 347-437.

R Development Core Team, 2008. R® [logiciel] : A langage and environment for statistical computing. Version 3.3.2. R foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org> [consulté le 03/08/2017].

Schaffers A. P. et K. V. Sykora, 2000. Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction : a comparison with field measurements. *Journal of Vegetation science*, **11** (2) : 225-244.

Schlacher T. A., D. S. Schoeman, A. R. Jones, J. E. Dugan, D. M. Hubbard, O. Defeo, C. H. Peterson, M. A. Weston, B. Maslo, A. D. Olds, F. Scapini, R. Nel, L. R. Harris, S. Lucrezi, M. Lastra, C. M. Huijbers et R. M. Conolly, 2014. Metrics to assess ecological condition, change, and impacts in sandy beach ecosystems. *Journal of Environmental Management*, **144** : 322-335. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.05.036>

Annexe 1 : Présentation de la structure d'accueil

Le Conservatoire Botanique de Porquerolles est créé le 15 Février 1979, par arrêté ministériel. Le Parc National de Port-Cros assure la gestion administrative, comptable, financière et la gestion des ressources humaines du Conservatoire. En 1990, le Conservatoire botanique de Porquerolles est agréé Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles (CBNMED). Son agrément est renouvelé depuis ce jour, tous les 5 ans, mais son territoire d'agrément évolue.

Aujourd'hui, le territoire d'agrément comprend neuf départements : les Alpes-Maritimes, le Var, les Bouches-du-Rhône et le Vaucluse pour l'ancienne région Provence Alpes Côte d'Azur, et l'Aude, le Gard, l'Hérault, la Lozère et les Pyrénées-Orientales, pour l'ancien Languedoc-Roussillon. Le CBNMED est concerné par quatre régions biogéographiques Natura 2000 (82% Méditerranéen, 7% Alpin, 10% Continental et 1% Atlantique), du fait de l'étendue du territoire concerné (près de 47 000 km²) et de sa forte hétérogénéité géomorphologique. Cette diversité, associée à celle des substrats, explique la présence d'une richesse floristique remarquable pour le territoire national.

Le conservatoire est organisé en trois grands pôles : Connaissance et Système d'information, Conservation in- et ex-situ, et Services généraux d'administration et de documentation. Il assure la connaissance de la flore sauvage et des habitats naturels et semi-naturels : par exemple, lors de la réalisation d'inventaires de terrain et la validation d'observations transmises par des tiers. Il diffuse ces informations, aux différents acteurs, via le portail de données publiques SILENE. Il participe à la conservation ex-situ et in-situ des espèces rares et menacées, grâce à la collecte et la conservation de semences, et au suivi, au renforcement ou à la réintroduction de populations. De plus, il assure des missions d'expertises scientifiques auprès de l'Etat, qui permettent de définir, mettre en œuvre et évaluer les politiques régionales et départementales. Il alerte, informe et conseille les gestionnaires des sites à enjeux de protection, de conservation ou de lutte contre les espèces envahissantes. Enfin, il réalise des échanges et partenariats au niveau national, avec les CBN limitrophes, et au niveau international, avec l'Italie, l'Espagne, Monaco et Andorre, grâce à des programmes européens Interreg, comme Poctefa.

Le conservatoire est constitué de deux antennes, situées à Antibes (06) et à Montferrier-sur-Lez (34), qui dépendent du siège d'Hyères (83). L'équipe comprend 24 employés.

Annexe 2 : Schéma syntaxonomique et relevés phytosociologiques de référence

Les relevés phytosociologiques de référence pour les trois habitats dunaires méditerranéens ont été extraits des publications suivantes :

Baudière A. et P. Simonneau, 1975. Les dunes basses à *Spartina versicolor* Fabre du Grau de la Vieille-Nouvelle (Aude).

Borel L. et J.-P. Devaux, 1969. Etude écologique de quelques peuplements psammophiles de Provence. *Annales de la Faculté des Sciences de Marseille*, **42** : 35-49.

Géhu J.-M., E. Biondi et Cl. Bournique, 1992. Glanures phytosociologiques sur les côtes de Provence. *Colloques Phytosociologiques*, **19** : 147-157.

Géhu J. M., E. Biondi, J. Géhu-Franck et M. Costa, 1992. Interprétation phytosociologique actualisée de quelques végétations psammophiles et halophiles de Camargue. *Colloques phytosociologiques*, **19** : 103-131.

Géhu J.M. et Cl. P. Bournique, 1992. Interprétation phytosociologique actualisée et comparative des vestiges de végétation du cordon littoral entre Sète et Agde (Languedoc).

Kühnholtz-Lordat G., 1922. Contribution à l'étude des associations par le relevé floristique.

Loisel R., 1976. La végétation de l'étage méditerranéen dans le Sud-Est continental français. *Thèse Université Aix-Marseille III*, 380 p. + annexes.

Molinier R. E., 1948. La végétation des rives de l'Étang de Berre (Bouches-du-Rhône). *Bulletin de la Société linnéenne. Provence*, **16** : 19-42.

Molinier R. E. et G. Tallon, 1965. Etudes botaniques en Camargue. La Camargue pays de dunes. *La Terre et la Vie*, **1-2** : 6-127.

Pignatti S., 1959. Développement du sol et de la végétation sur la plage de Carnon (Languedoc). V. Rapolla.

Piotrowska H., 1964. Les groupements végétaux des dunes méditerranéennes entre Montpellier et Narbonne.

Géhu J.M., M. Costa, A. Scoppola, E. Biondi, S. Marchiori, J. B. Peris, J. Géhu-Franck, G. Caniglia et L. Veri, 1984. Essai synsystématique et synchorologique sur les végétations littorales italiennes dans un but conservatoire. *Documents Phytosociologiques*, Camerino, VIII.

Hekking W.H.A., 1960. Un inventaire phytosociologique des dunes de la côte méditerranéenne française entre Carnon et le Grau-du-Roi. *Comm. S.I.G.M.A.*, 149 p.

Borel L. et J.-P. Devaux, 1969. Etude écologique de quelques peuplements psammophiles de Provence. *Annales de la Faculté des Sciences de Marseille*, **42** : 35-49.

Zarzycki K., 1961. Étude sur la végétation des dunes anciennes en Petite Camargue. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae 30 et Comm. S.I.G.M.A.*, **158** : 577-610.

Schéma syntaxonomique :

CLA *Cakiletea maritimae* Tüxen & Preising in Tüxen 1950

ORD *Euphorbietalia peplis* Tüxen 1950

ALL *Euphorbion peplidis* Tüxen 1950

ASS *Salsolo kali* - *Cakiletum maritimae* Costa & Mansanet 1981 corr.
Rivas-Martínez et al. 1992

CLA *Euphorbio paraliae* - *Ammophiletea australis* Géhu & Géhu-Franck 1988 corr. Géhu in Bardat, Bioret, Botineau, Boulet, Delpech, Géhu, Haury, Lacoste, Rameau, Royer, Roux et Touffet 2004

ORD *Ammophiletalia australis* Br.-Bl. 1933

- ALL *Ammophilion australis* Br.-Bl. 1921 corr. Rivas-Martínez, Costa & Izco in Rivas-Martínez, Lousã, T.E. Díaz, Fernández-González & J.C. Costa 1990
- SUBALL *Sporobolo arenarii* - *Elymenion farcti* Géhu 1988
- ASS *Echinophoro spinosae* - *Elymetum farctii* (Br.-Bl. 1933) Géhu 1988
- SUBALL *Ammophilenion australis* Rivas Martinez & Géhu in Rivas-Martínez, Costa, Castroviejo & E. Valdés 1980 corr. Rivas-Martínez, Lousã, T. E. Diaz, Fern.-Gonz. & J. C. Costa 1990
- ASS *Echinophoro spinosae* - *Ammophiletum arenariae* subsp. *australis* (Braun-Blanquet (1921) 1933) Rivas-Martínez, Costa, Castroviejo & Valdes 1980
- ALL *Crucianellion maritimae* Rivas Goday & Rivas-Martínez 1958
- ASS *Malcolmio littoreae* - *Crucianelletum maritimae* (Braun-Blanquet (1921) 1933) Géhu & Bournique 1992
- ASS *Artemisio glutinosae* - *Holoschoenetum romani* Molinier & Tallon ex Molinier, Ro. Molinier & Tallon 1959
- ASS *Malcolmio littoreae* - *Helichrysetum stoechadis* Géhu, Biondi, Géhu-Franck & Costa 1992
- ASS *Malcolmio littoreae* - *Ephedretum distachyae* (Hekking 1959) Géhu & Bournique 1992

Carte de localisation des relevés bibliographiques :

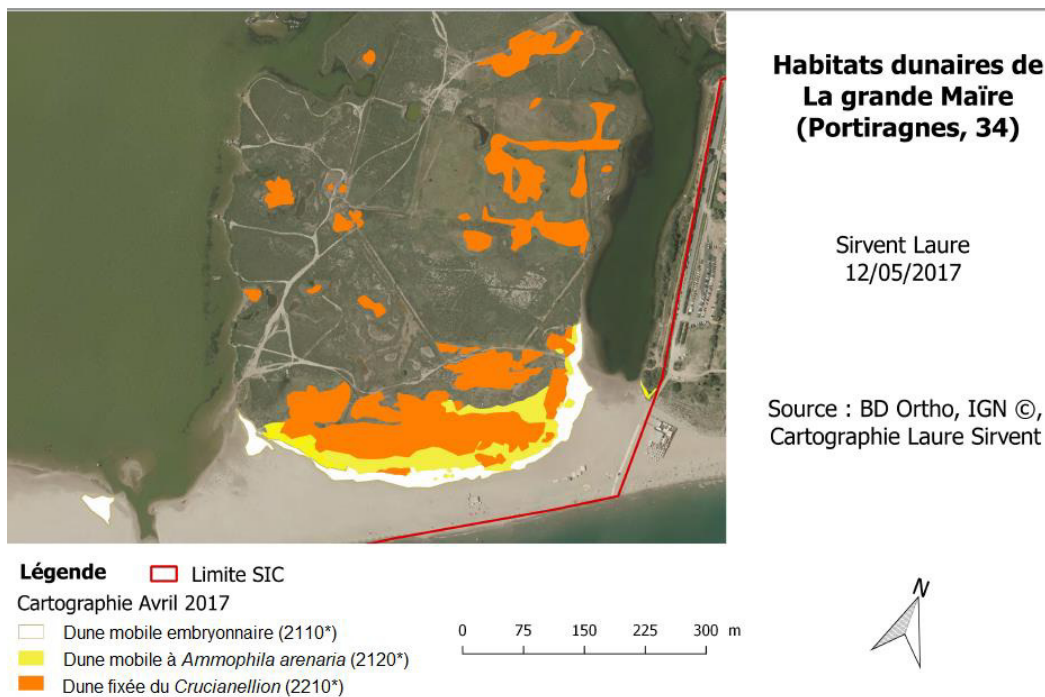


Annexe 3 : Tableau synthétique des indicateurs testés pour chaque habitat dunaire méditerranéen, accompagné des méthodologies principales

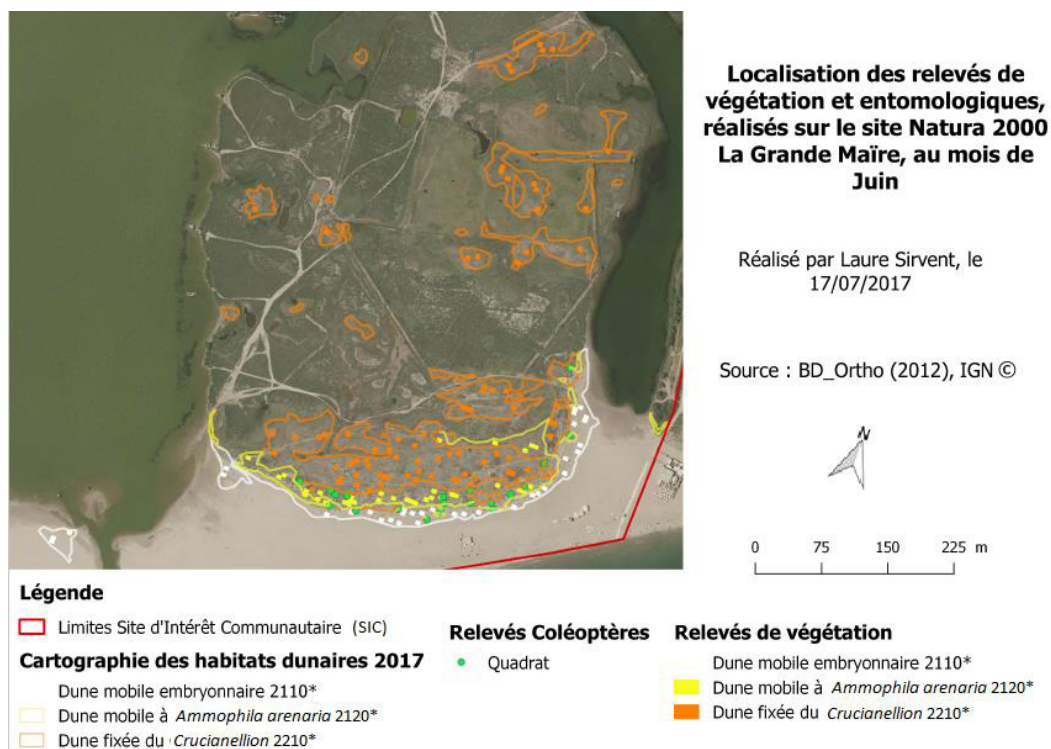
Paramètres	Indicateurs	2110	2120	2210	Données	Méthode de collecte
SURFACE	Surface réelle de chaque habitat en 2017	*	*	*	Surfaces (Ha)	SIG-Cartographie
	Surface du complexe dunaire au cours des ans	*	*	*	Surfaces (Ha)	Photo- interprétation satellitaire
STRUCTURES ET FONCTIONS	VEGETATION					
	Recouvrement total de la strate herbacée	*	*	*	% de recouvrement	Estimation cadrat (16 m ²)
	Végétation de laisses de mer	*			Présence/Absence	Vue/cadrat
	Bryophytes et lichens			*	Présence/Absence	Vue/cadrat
	Valences écologiques	*	*	*	Listes Julve, Pignatti	Liste exhaustive d'espèces
	Types biologiques	*	*	*	Listes Pignatti	Liste exhaustive d'espèces
	FAUNE					
	Cortèges spécialisés de Coléoptères		*		Présence/Absence d'espèces	Tamissage cadrats
	GEOMORPHOLOGIE					
	Substrat					
	Pente	*	*	*	Degrés	Clinomètre
	Exposition	*	*	*	N-S-E-O	Boussole
	Influence marine et éolienne					
	Présence et niveau d'érosion marine et éolienne	*	*	*	Présence/Absence	Vue/cadrat
PERSPECTIVES	EVOLUTION DE LA SURFACE					
	Protection réglementaire ou foncière forte	*	*	*	Statuts réglementaires et propriétaires	Cadastre
	EVOLUTION DE LA STRUCTURE ET DES FONCTIONS					
	GEOMORPHOLOGIE					
	Tendances d'évolution du trait de côte	*	*	*	m/an	Données DREAL, pôle littoral
	Vulnérabilité à la submersion marine	*	*	*	distance au trait de côte et altitude moyenne de la dune	MNT (SIG), Données DREAL
	Barres sédimentaires littorales	*	*	*	Nombre, Morphologie	MNT (SIG), Données DREAL
	Tendances du bilan sédimentaire	*	*	*	Fonctionnement de la cellule sédimentaire	Données DREAL
	VEGETATION					
	Espèces destructurantes Exotiques Envahissantes	*	*	*	Présence/Absence	Vue/cadrat
	PRESSIONS DESTRUCTURANTES					
	Pollution-	*	*	*	Déchets, débris,	Vue/cadrat

	Artificialisation				eutrophisation	
	Perturbations anthropiques	*	*	*	Traces de piétinement, cheminement	Vue/cadrat
	Bioturbation	*	*	*	Traces de bioturbation (lapins, blaireaux...)	Vue/cadrat

Annexe 4 : Cartographie des habitats dunaires méditerranéens. Site Natura 2000 La Grande Maïre (Portiragnes, 34). Réalisation en 2017.



Annexe 5 : Protocole d'échantillonnage des relevés de végétation et des relevés entomologiques



Annexe 6 : Fiche de terrain Indicateurs

SITE : La Grande Maire FR9101433 (Portiragnes, 34420)	OBS : Laure Sirvent	DATE : Point GPS : N°photo :	N° relevé : Surface : Dune :
Indices de piétinement			
Bioturbation	☐ Présence Surface impactée	☐ Absence	Indices : Crottes Terrier Gîte
Recouvrement de la strate bryo-lichénique			
Lichens et mousses	☐ Présence Support :	☐ Absence	
Degré d'érosion marine et éolienne	☐ Absence Avant-dune ☐ Amorce - Brèches - Sifflements	Forte ☐ micro-falaises ☐ sifflements ☐ caoudeyres actives	Très forte ☐ Falaises ☐ plusieurs caoudeyres larges avec pourrières, pentues ☐ langue de sable sur la dune fixée
Présence de laisses de mer			
Présence de végétation de laisses de mer			
Espèces Exotiques envahissantes	☐ <i>Yucca sp</i> ☐ <i>Senecio inaequidens</i> ☐ <i>Carpobrotus sp</i>	☐ <i>Cortaderia selloana</i> ☐ <i>Arundo donax</i> ☐ <i>Salpichroa origanifolia</i>	
Faune observée			
Traces de pollution	☐ Gravats ☐ Plastiques ☐ Hydrocarbures	☐ Autre :	
Etat de conservation à dire d'expert	Etat favorable	Etat défavorable inadéquat	Etat défavorable mauvais
	Raisons		
REMARQUES : Description du milieu (végétation et type/mobilité du substrat)			
Pente	Exposition	Altitude	

Annexe 7 : Volet d'étude faune sur les dunes mobiles blanches méditerranéennes (2120*)

Jaulin S. et F. Soldati, 2005. Les dunes littorales du Languedoc-Roussillon. Guide méthodologique sur l'évaluation de leur état de conservation à travers l'étude des cortèges spécialisés de Coléoptères. *OPIE-LR / DIREN-LR*, Millas, 58 p.

Etant donné leurs adaptations comportementales, physiologiques, anatomiques et leur degré de spécialisation, les coléoptères, notamment les Tenebrionidae, sont très sensibles aux changements de l'environnement de l'écosystème dune-plage. En effet, ces espèces se distribuent selon un gradient spatial et temporel, de variations des micro-conditions abiotiques locales (teneur en eau du sable, température, salinité, pH), depuis la dune jusqu'à la mer (Aloia *et al.*, 1999; Colombini *et al.*, 1994, 2002, 2005; Colombini and Chelazzi, 1996). De plus, les coléoptères psammophiles, majoritairement détritivores, jouent un rôle majeur dans le recyclage de la matière organique et la fertilisation des dunes. Dans cette optique, ils peuvent être considérés comme de bons bio-indicateurs de la santé des écosystèmes des complexes dunaires (Fallaci *et al.*, 1997, 2002).

Un protocole d'étude des cortèges spécialisés de coléoptères de dune blanche méditerranéenne (Jaulin et Soldati, 2005), a été mis en place par l'OPIE Languedoc-Roussillon. La méthodologie permet notamment de répondre à l'interrogation suivante : le peuplement des Carabidae, Scarabaeoidea et Tenebrionidae de la dune mobile blanche est-il typique de celui des dunes méditerranéennes en bon état de conservation ?

Le sable de 20 cadrats d'1 m² est tamisé sur 10 cm de profondeur, à l'aide d'une passoire de 20 cm de diamètre et de mailles de 1 mm. Les relevés tirés aléatoirement dans les polygones de l'habitat de dune blanche sont déplacés, si besoin, au pied d'une touffe d'Oyat. Treize relevés ont été réalisés à deux personnes, les sept autres seul, pour un total de cinq matinées où les conditions climatiques étaient favorables. La période de relevé et l'effort d'échantillonnage a été adapté aux contraintes temporelles du stage et au site, sous les conseils de Stéphane Jaulin : 10 cadrats fin Mai et 10 autres fin Juin, au lieu de Mai et Octobre. Les paramètres suivants sont annotés pour chaque relevé : la référence du site Natura 2000 et sa localisation, le nom de l'observateur, la date, le numéro, les coordonnées GPS du centre du cadrat, la surface, l'heure du relevé, les conditions climatiques (T°/vent/humidité), la présence de traces anthropiques (piétinement, pollution), l'état de la végétation, la présence de traces d'érosion (déchaussement de l'Oyat), le numéro du pilulier contenant les échantillons. Tous les

individus rencontrés dans les cadrats ont été prélevés dans des piluliers identifiés par cadrat, congelés 48h, puis identifiés par mes soins (1 journée), à la loupe binoculaire, grâce aux fiches espèces et à la clef de détermination fournie. Les individus rencontrés lors



Photographie d'un cadrat d'un mètre carré, en dune blanche, avec une passoire et un pilulier.

des relevés floristiques ont fait l'objet de prélèvements pour les nouvelles espèces. Les échantillons, ainsi que les positions GPS,

photos des cadrats et autres données stationnelles et climatiques, ont ensuite été transmises à l'OPIE, qui a corrigé les déterminations.

La grille de cotation des espèces potentiellement présentes (tableau ci-dessous) attribue des coefficients plus élevés aux espèces caractéristiques de la dune mobile. Une note finale issue de la somme des valeurs (Figure ci-dessous), associées à chaque espèce présente, est attribuée à l'état du peuplement. Il est alors possible d'extrapoler le résultat obtenu à celui de l'état de conservation du complexe.

Grille de cotation des espèces ; Résultats : l'indice final est issu de la somme des coefficients de chaque espèce présente sur le site ; en gris, les espèces non détectées lors de l'échantillonnage.

Genre espèce	Coefficients	Valeur
<i>Ammobius rufus</i>	3	3
<i>Anomala ausonia</i>	3	3
<i>Brindalus porcicollis</i>	3	3
<i>Catomus consentaneus</i>	2	
<i>Eugrapha trisignata</i> ou <i>Lophyridia lunulata</i>	1	
<i>Gonocephalum yemalosi</i>	1	
<i>Halammobia pellucida</i>	3	3
<i>Heliopathes littoralis</i>	2	
<i>Leichenium pulchellum</i>	2	2
<i>Phaleria bimaculata</i> ou <i>Phaleria provincialis</i>	3	
<i>Phtora crenata</i>	1	1
<i>Pimelia bipunctata</i>	3	3
<i>Psammodius basalis</i>	2	
<i>Psammodius pierottii</i>	1	1
<i>Pseudoseriscius pruinosis</i>	1	
<i>Rhyssemus marqueti</i>	1	
<i>Scarabaeus semipunctatus</i>	2	
<i>Scarites buparius</i>	3	3
<i>Stenosis intermedia</i> ou <i>Stenosis sardoa</i>	2	2

<i>Tentyria mucronata</i>	3	3
<i>Trachyscelis aphodioides</i>	3	
<i>Xanthomus pellucidus</i>	3	3
SOMME		30

Indice	Etat du peuplement
≤9	Très dégradé
10 à 19	En déclin
20 à 29	Perturbé
30 à 39	Bien conservé
≥ 40	Très bien conservé

Correspondance de l'état du peuplement des Carabidae, Scarabaeoidea et Tenebrionidae, en fonction de l'indice obtenu.

Le peuplement de coléoptères des dunes mobiles blanches du site Natura 2000 'La Grande Maïre' est bien conservé, selon les critères de notation du protocole. Par analogie, l'habitat 2120 est considéré comme bien conservé.

Annexe 8 : La requête SQL (Post-grés, PostGIS) concernant l'indicateur 'Vulnérabilité à la submersion marine'

Elle permet de calculer la distance moyenne entre la crête de dune et le trait de côte.

```
With temp1 as (
  select a.id, min(st_distance(a.geom, b.geom)) dst
  from temporaire.pt_50cm a, temporaire.trait_cote b
  group by a.id
  order by a.id
)
select avg(dst)
from temp1
;
```

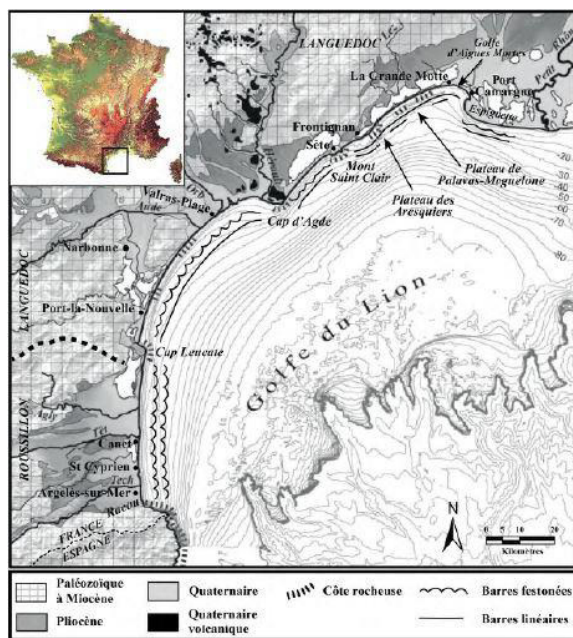
Où

- a** est la couche vecteur (temporaire.pt_50cm) contenant les points de la crête de dune répartis tous les 50 cm
- b** est la couche vecteur (temporaire.trait_cote) contenant le trait de côte
- st_distance** calcule la distance entre chaque point et le trait de côte
- min()** sélectionne uniquement la distance minimale entre chaque point et le trait de côte
- dst** est la table qui compile ces distances
- a.id** sont les identifiants des points de la couche a
- avg()** est la fonction qui calcule la moyenne de ces distances
- temp1** le dossier contenant les couches vectorielles considérées

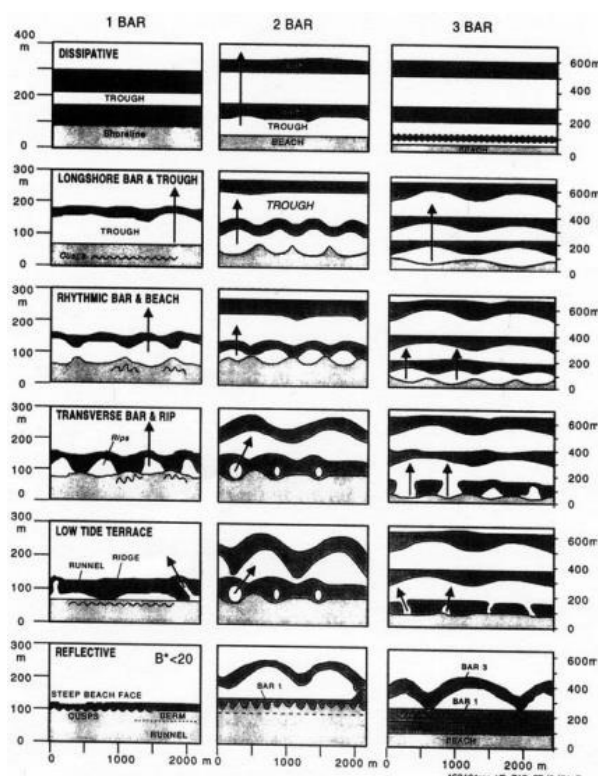
Annexe 9 : Détail des tests de corrélations et p-value associées pour chaque indicateur (en vert les variables corrélées positivement, en rouge négativement) où H=Humidité édaphique, R=Réactivité du sol, S= Salinité, N=Nutriments, T=Température, C= Continentalité, EC= Etat de conservation à dire d'expert, RECOU=Recouvrement total de la strate herbacée, EXPO=Exposition.

	H	L	R	S	N	T	C	EC	RECOU	PEN TE
L	Rho=-0,6917 ; S=577520 ; p<2,2e-16									
R	Rho=0,5901 ; S=139910, p= 2.847e-13	Rho=-0,2546 ; S=428300, p=0.003866								
S	Rho=0,5833 ; S=142230, p= 6.152e-13	Rho= -0,3147 ; S=448820, p=0.0003135	Rho=0,4335 ; S=193390, p=3.562e-07							
N	Rho=0,9322 ; S=23124, p< 2.2e-16	Rho=-0,7349 ; S=592270, p< 2.2e-16	Rho=0,5290 ; S=160770, p=1.616e-10	Rho=0,6546 ; S=117890, p< 2.2e-16						
T	Rho= -0,6105 ; S=549800, p= 2.513e-14	Rho=0,4660 ; S=182290, p=3.366e-08	Rho=-0,4245 ; S=486310, p=6.539e-07	Rho=-0,2143 ; S=414570, p=0.0155	Rho=-0,5883 ; S=542220, p=3.509e-13					
C	Rho=0,3728 ; S=214080, p= 1.579e-05	Rho=-0,3183 ; S=450070, p=0.0002642	Rho=0,1787 ; S=280350, p=0.04433	Rho=-0,1411 ; S=389570, p=0.1134	Rho=0,3592 ; S=218740, p=3.36e-05	Rho=-0,3774 ; S=470240, p=1.215e-05				
E C	K-W Chi²=80.99, df=73, p=0.2441	K-W Chi²=44.987, df=53, p=0.7751	K-W Chi²=56.739, df=49, p=0.2088	K-W Chi²=69.718, df=63, p=0.262	K-W Chi²=79.942, df=71, p=0.2187	K-W Chi²=65.852, df=49, p=0.0543	K-W Chi²=53.64, df=50, p=0.3366			
R E C O U	Rho=-0,0696 ; S=308020, p-value=0.45	Rho=-0,1327 ; S=326200, p=0.1485	Rho=-0,0832 ; S=311960, p=0.366	Rho=0,0341 ; S=278150, p=0.7112	Rho=0,0260 ; S=280490, p=0.7779	Rho=0,0885 ; S=262470, p=0.3359	Rho=0,0293 ; S=279530, p=0.7503	K-W Chi²=43.519, df=16, p=0.0002333		
P E N T E	Rho=-0,0204 ; S=43277, p=0.1208	Rho=0,2866 ; S=25672, p=0.02636	Rho=-0,0388 ; S=37387, p=0.7684	Rho=-0,2658 ; S=45558, p=0.04006	Rho=-0,2658 ; S=45558, p=0.04006	Rho=0,1795 ; S=29526, p=0.1697	Rho=0,0220 ; S=35198, p=0.8675	K-W Chi²=34.096, df=11, p=0.0003489	Rho=0,2628 ; S=26529, p=0.04244	
E X P O	K-W Chi²=38.376, df=33, p=0.2388	K-W Chi²=21.437, df=24, p=0.6128	K-W Chi²=23.137, df=20, p=0.2821	K-W Chi²=27.135, df=30, p=0.6162	K-W Chi²=28.16, df=33, p=0.7069	K-W Chi²=26.657, df=25, p=0.3732	K-W Chi²=31.076, df=26, p=0.2255	Fisher, p=0.003667	K-W Chi²=6.7631, df=9, p=0.6618	K-W Chi²=12.673, df=10, p=0.2425

Annexe 10 : Caractérisation des plages méditerranéennes par rapport à la diversité morphologique des barres littorales



Carte géologique générale du Golfe du Lion (d'après Raynal, 2008) et morphologie du système de barres d'avant-côte (d'après Certain, 2002).



Classification morphodynamique des plages à barres simples et multiples (d'après Short et Aagaard, 1993). Bar = Barre littorale. Through = fosse. Runnel = sillon. Extrait de Demazes (2005).

Annexe 11: Les valences écologiques et les types biologiques

QUADRO D'ASSIEME DEI VALORI DI BIOINDICAZIONE (da ELLENBERG 1974, modif.)
Nome scientifico, codice Pignatti, forma biologica e corotipo: Flora d'Italia (PIGNATTI 1982)

L = Valore di luce

(Distribuzione della specie in relazione all'intensità luminosa relativa – si intende l'intensità nell'ambiente naturale della specie nella stagione con il massimo sviluppo fogliare)

1 – ombra densa, fino all' 1% della luce esterna, ma per brevi periodi può salire fino al 30%

2 – condizioni intermedie fra quelle di 1 e 3

3 – piante d'ombra, per lo più su valori attorno al 5% della luce esterna

4 – condizioni intermedie tra quelle di 3 e 5

5 – piante di mezza ombra, valori superiori al 10% e per brevi periodi anche in piena luce

6 – condizioni intermedie tra quelle di 5 e 7

7 – in generale in piena luce, ma spesso anche con luce ridotta

8 – condizioni intermedie tra quelle di 7 e 9

9 – esposizione al pieno sole in clima temperato con nebulosità frequente

10 – in pieno sole in stazioni esposte a elevato irraggiamento

11 – in pieno sole con elevato irraggiamento e clima a scarsa nebulosità

12 – come sopra, in stazioni nelle quali si aggiunge un effetto di riflessione.

T = Valore di temperatura

(Il valore è ricavato dalle medie annue delle temperature delle aree di distribuzione della specie, dove possibile anche da misure in campo nelle relative associazioni vegetali)

1 – indicatori di ambiente freddo, solo in alta montagna oppure con distribuzione artico-alpina

2 – condizioni intermedie fra quelle di 1 e 3

- 3 – indicatori di ambiente fresco, in ambiente montano-superiore o subalpino, della zona temperato-fredda
- 4 – condizioni intermedie tra quelle di 3 e 5
- 5 – specie adattate alle condizioni medie della fascia temperata, da noi per lo più in bassa montagna
- 6 – condizioni intermedie tra quelle di 5 e 7
- 7 – nella Pianura Padana oppure ambienti mediterraneo-montani aridi: eurimediterranee
- 8 – condizioni intermedie tra quelle di 7 e 9
- 9 – specie mediterranee nel bosco sempreverde, macchia ed ambienti relativamente freschi: stenomediterranee
- 10 – specie mediterranee di stazioni calde
- 11 – specie sudmediterranee di ambienti mesici
- 12 – specie sudmediterranee di stazioni calde ed ambienti subdesertici.

K = Valore di continentalità

(Distribuzione geografica delle specie interpretata secondo il gradiente di continentalità)

- 1 – specie oceaniche (per lo più come disgiunzioni con probabile significato relitto)
- 2 – specie dell'elemento atlantico con areale parziale in territorio italiano
- 3 – specie insulari e costiere
- 4 – specie occidentali oppure legate a distretti con elevata piovosità
- 5 – condizioni medie della flora di clima temperato
- 6 – subcontinentali, con baricentro est-europeo o eurasiatico
- 7 – continentali distribuite in aree con bassi valori di precipitazioni annue
- 8 – specie delle valli aride centroalpine
- 9 – specie ad areale principale continentale, con disgiunzione sul nostro territorio.

U = Valore di umidità

(Distribuzione delle specie nei vari ambienti in base al gradiente di umidità del suolo, da molto arido a moderatamente umido, ad ambienti paludosi ed a vegetazione natante o sommersa)

- 1 – indicatori di forte aridità, in grado di vivere soltanto in luoghi secchi e su suoli aridi
- 2 – condizioni intermedie fra quelle di 1 e 3
- 3 – indicatori di aridità, più frequenti nei luoghi secchi che in quelli con falda superficiale; assenti da suoli umidi
- 4 – condizioni intermedie tra quelle di 3 e 5
- 5 – principalmente su suoli ben provvisti d'acqua, mancano su suoli inondati oppure soggetti a disseccamento
- 6 – condizioni intermedie tra quelle di 5 e 7
- 7 – indicatori di umidità, vivono su suoli umidi, ma non inondati
- 8 – condizioni intermedie tra quelle di 7 e 9
- 9 – indicatori di condizioni palustri, distribuiti su suoli frequentemente sommersi (talora asfittici)
- 10 – indicatori di sommersione transitoria, che possono vivere anche in condizioni subaeree per tempi ± lunghi
- 11 – piante acquatiche, radicanti sul fondo, ma con parti della pianta in condizioni normali emergenti, oppure galleggianti sulla superficie dell'acqua
- 12 – piante sommerse, costantemente o almeno per lunghi periodi

pH = Valore di reazione del substrato

(Distribuzione delle specie lungo il gradiente di pH del suolo o contenuto di calcare)

- 1 – indicatori di forte acidità, non si presentano su suoli basici, neutri o blandamente acidi
- 2 – condizioni intermedie fra quelle di 1 e 3
- 3 – indicatori di acidità, vivono su suoli acidi e solo sporadicamente si presentano su suoli neutri
- 4 – condizioni intermedie tra quelle di 3 e 5
- 5 – specie mesofile, che mancano sui suoli decisamente acidi o basici
- 6 – condizioni intermedie tra quelle di 5 e 7
- 7 – indicatori di ambienti blandamente basici o neutro-basofili, mancano su suoli acidi
- 8 – condizioni intermedie tra quelle di 7 e 9
- 9 – specie calcifile oppure di altri substrati marcatamente basici

N = Valore di nutrienti

(Distribuzione delle specie in relazione alla disponibilità di nutrienti nel suolo durante la stagione vegetativa)

- 1 – specie che crescono in condizioni di oligotrofia, su terreni poveri di fosforo, nitrati e materia organica
- 2 – condizioni intermedie fra quelle di 1 e 3
- 3 – specie di suoli poveri di nutrienti
- 4 – condizioni intermedie tra quelle di 3 e 5
- 5 – crescita ottimale su suolo umificato, ben provvisto di nutrienti
- 6 – condizioni intermedie tra quelle di 5 e 7

7 – occupano gli ambienti nei quali si ha concentrazione di nutrienti nel suolo

8 – condizioni intermedie tra quelle di 7 e 9

9 – specie di ambienti con eccessiva concentrazione di P e N, soprattutto nelle discariche e dove si ha accumulo di escrementi

Animali

La valence de Salinité provient de l'adaptation faite par Julve. Pour des raisons de cohérence avec la notation de Pignatti, la salinité est aussi notée à partir de 1 et non de 0.

S Salinité (surtout Chlorures et Sodium)

1 : ne supportant pas le sel

2 : hyperoligohaline [0-0,1% Cl-]

3 : peroligohaline [0,1-0,3% Cl-]

4 : oligohaline [0,3-0,5% Cl-]

5 : mesooligohaline [0,5-0,7% Cl-]

6 : mesohaline [0,7-0,9% Cl-]

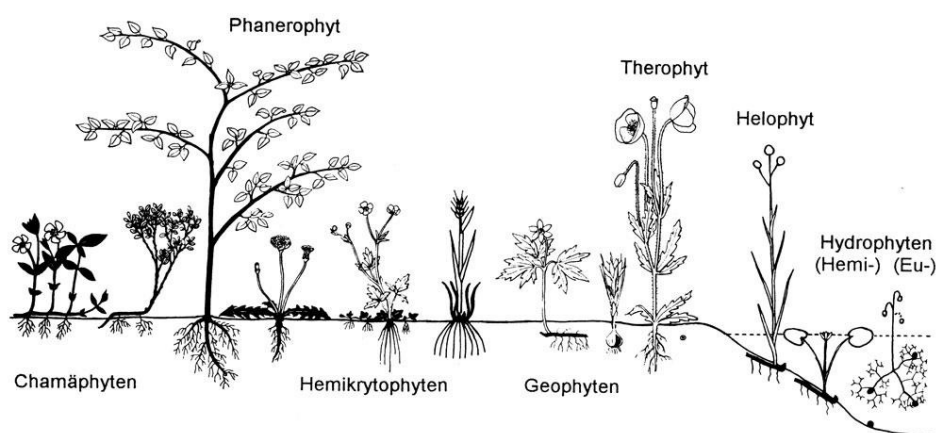
7 : mesoeuhaline [0,9-1,2% Cl-]

8 : euhaline [1,2-1,6% Cl-]

9 : polyhaline [1,6-2,3 Cl-]

10 : hyperhalines [>2,3% Cl-]

Les types biologiques de Raunkier (http://www.denaturaeanimus.fr/dna-coach-jardin/resistance_au_froid.html)



Annexe 12 : Rapport d'activités - Formations et autres programmes (3 semaines et 3 jours)

- Programme POCTEFA (Interreg avec l'Espagne et l'Andorre) : deux jours de suivi phénologique des combes à neige pyrénéennes.
- Formation accélérée d'initiation et de perfectionnement d'une semaine, par le Centre d'Etudes et de Conservation des Ressources Végétales, à Barèges, concernant la flore, les habitats et paysages Pyrénéens, ainsi que les concepts et méthodes de la géobotanique : phytosociologie moderne, phytosociologie dynamique et caténale. Etude pratique sur le terrain de la flore pyrénéenne, des groupements végétaux et des séries de végétation des différents étages altitudinaux (Cirque de Troumouse et Vallée de Gavarnie), avec application à la cartographie de la végétation aux différents niveaux d'intégration écologique (habitats, séries, géoséries, paysage).
- Inventaires botaniques dans la vallée de la Roya (Var), ainsi que dans le Parc National du Mercantour, dans les zones sous-prospectées. Une semaine d'excursions accompagnées de tous les employés du conservatoire.
- Programme ARCAD : une semaine au pôle conservation : banque de graines du Conservatoire, sur l'île de Porquerolles.
- Formation sur la méthodologie d'évaluation de l'état de conservation des prés salés méditerranéens : une journée avec différents acteurs DREAL, Réserves, CBN, PNR, Communautés d'agglomération et gestionnaires de sites en région Occitanie.

Résumé

Dans le cadre de la Directive européenne Habitat Faune Flore (1992) et du code de l'environnement français, l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire doit être évalué tous les 6 ans à l'échelle des sites Natura 2000. Cet état de conservation peut être défini comme favorable, défavorable inadéquat ou défavorable mauvais. La méthode d'évaluation de l'état de conservation de l'habitat dunaire 2110 de dunes mobiles embryonnaires, mise en place dans ce rapport, a permis de sélectionner des indicateurs des paramètres de surface, de structure et de fonction, ainsi que des perspectives futures de l'habitat considéré. Les indicateurs suivants ont été validés pour leur caractère informatif et leur fiabilité : les valences écologiques, les types biologiques, le recouvrement de la strate herbacée, la typologie des barres littorales, le niveau de protection réglementaire ou foncière, la vulnérabilité à la submersion marine, le taux d'évolution du trait de côte et le bilan sédimentaire. Le système de notation de chaque paramètre a permis d'attribuer au site Natura 2000 La Grande Maïre, l'état de conservation défavorable inadéquat.

Mots clés : Evaluation, Etat de conservation, Indicateurs, Habitats dunaires, Méditerranée

Abstract

Under the European Habitat Fauna and Flora Directive and environmental french code guidelines, France has to assess habitats' conservation status of Community interest. This evaluation have to be conducted every 6 years, in each Natura 2000 site. Conservation status are defined as favourable, unfavourable-inadequate and unfavourable-bad .An evaluation protocol of the conservation status has been built for the habitat 2110 mediterranean mobile embryo dunes. Metrics permitting to assess surface, structure and fonctions, and future perspectives have been tested and selected, such as Raunkier's biological types, Ellenberg ecological values, herbaceous layer percentage, littoral bars' morphology, level of regulatory protection, marine submersion vulnerability... A conservation statu inadequate unfavourable has been given to the Natura 2000 site, called La Grande Maïre, thanks to a graduation system adapted to each metric.

Key words : Conservation status Assesment, Metrics, Dune habitats, Mediterranean region