MASTER FAGE
Biologie et Ecologie pour la Forêt,
l'Agronomie et l'Environnement

Spécialité FEN

# ÉLÉMENTS POUR LA MISE EN PLACE D'UNE MÉTHODE D'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DE CONSERVATION DE l'HABITAT « DUNES LITTORALES À JUNIPERUS SPP. » (2250)

Maud ANTOINE

**Mars-Août 2014**

Encadrant du stage : Mlle Lucie LABBÉ, chargée de mission Natura 2000, SMCG

Encadrement scientifique : M. Olivier ARGAGNON, chargé de mission végétation, CBNMed

Relecture : Mme Nabila HAMZA, DREAL LR

Tuteur universitaire : M. Daniel EPRON, enseignant chercheur, Inra

Structure d'accueil : Syndicat mixte pour la protection et la gestion de la Camargue Gardoise

Centre du Scamandre, Route des Iscles Gallician, 30600 Vauvert

# Remerciements

Ces six mois de stage auront été pour moi une expérience enrichissante aussi bien au niveau relationnel que professionnel. Pour cela, je tiens à remercier en premier lieu Mlle Lucie LABBE, chargée de mission Natura 2000 au Syndicat Mixte pour la protection et la gestion de la Camargue Gardoise et responsable de mon stage, pour sa sympathie et sa bonne humeur au quotidien, et pour m'avoir conseillé, guidé et soutenu tout au long de mon travail. J'adresse également mes sincères remerciements à M. Olivier ARGAGNON, botaniste au Conservatoire Botanique National Méditerranéen et second encadrant de mon stage, pour l'aide qu'il m'a apporté au travers de ses conseils et remarques avisés, et pour toutes les connaissances qu'il a pu me transmettre sur la botanique des habitats dunaires.

Je remercie aussi l'équipe d'enseignement, et plus particulièrement mon tuteur de stage M. Daniel EPRON, ainsi que M. Mathieu FORTIN, qui n'ont pas hésité à user de leur temps pour répondre à mes questions et aux problèmes que j'ai pu rencontrer.

Merci bien évidemment à l'ensemble de l'équipe du SMCG pour leur accueil, leur convivialité et leur cordialité. Merci plus particulier à Clarisse BROCHIER pour l'aide qu'elle m'a apporté pour la prise en main du logiciel QGis ce qui m'a permis de gagner un temps précieux.

Merci également à tous ceux qui m'auront accordé de leur temps en m'accompagnant sur le terrain, me permettant d'élargir mes connaissances et de récolter des informations concernant les dunes à Genévrier, objet d'étude de mon stage. Merci donc à Sonia SEJOURNE, chargée de mission biodiversité aux Salins du Midi, et plus particulièrement à son stagiaire Guillaume PLOUHINEC qui m'aura été de bonne compagnie durant les trois jours passés ensemble aux Salins. Merci encore à Eric COULET, directeur de la Réserve de Camargue, et à Philippe VANDEWALLE, chargé de mission scientifique à la Réserve Nationale de Camargue, qui nous auront permis de découvrir l'exceptionnel et le mythique Bois des Rièges. Sans oublier de remercier Jonathan FUSTER de la Communauté d'Agglomération du Pays de l'Or qui m'aura permis de découvrir le site du Grand Travers de la Grande Motte et ses milieux dunaires.

Enfin, je ne pourrais conclure sans remercier tous ceux, que je n'ai pas nommés, mais qui m'auront soutenu et accompagné de près ou de loin pendant mon stage et qui auront, eux aussi, contribué en grande partie à sa réussite.

# Sommaire

**I. Contextes historique, morphodynamique et écologique des systèmes dunaires en Petite Camargue ..... 4**

1. Les phénomènes de formation de la Camargue gardoise ..... 4
   1.1. Formation du delta du Rhône ..... 4
   1.2. Le phénomène d'érosion actuel du trait de côte ..... 5
2. La formation du système dunaire de l'Espiguette ..... 6
   2.1. Formation et dynamique des plages et des dunes ..... 6
   2.2. Organisation spatiale du système dunaire ..... 7
3. Les dunes littorales à *Juniperus spp* ..... 8

**II. Contexte réglementaire et objectifs de l'étude ..... 11**

1. La Directive Habitats Faune Flore et le réseau Natura 2000 ..... 11
2. Le SMCG et le SIC Petite Camargue ..... 11
3. Objectifs du stage ..... 13

**III. Elaboration du protocole de suivi de l'état de conservation de l'habitat 2250 ..... 14**

1. Définition des concepts de l'évaluation de l'état de conservation d'un habitat ..... 14
   1.1. Contexte ..... 14
   1.2. Le concept d'état de conservation au sens de la Directive Habitat ..... 14
   1.3. Des exemples de méthodes d'évaluation à l'échelle du site ..... 16
2. La démarche pour l'élaboration de la méthode ..... 17
3. Modalités de l'échantillonnage ..... 17
   3.1. Données disponibles ..... 17
   3.2. Unité d'échantillonnage ..... 18
   3.3. Plan d'échantillonnage ..... 18
   3.4. Période d'échantillonnage ..... 20
4. Critères et indicateurs retenus pour évaluer l'état de conservation ..... 20
   4.1. Paramètre « Surface couverte » ..... 22
   4.2. Paramètre « Structures et fonction de l'habitat » ..... 23
   4.3. Paramètre « Perspectives futures » ..... 28

5. Paramètres, critères, indicateurs non retenus ..... 29
5.1. Indicateurs relatifs à la structure et fonction de l'habitat ..... 29
5.2. Indicateurs relatifs aux perspectives futures ..... 30
6. Méthodologie de la méthode d'évaluation ..... 31
6.1. Système d'évaluation ..... 31
6.2. Etat de référence ..... 32
6.3. Terminologie retenue pour définir les différents états de conservation ..... 32
6.4. Du relevé à la note, à l'échelle des paramètres ..... 33
7. Du relevé à la note d'état de conservation à l'échelle du site ..... 36
7.1. A l'échelle de la station ..... 36
7.2. A l'échelle du site ..... 37

**IV. Résultats de l'évaluation de l'état de conservation des dunes littorales à *Juniperus spp*. 38**

1. Saisie et traitement des données ..... 38
1.1. Saisie des données ..... 38
1.2. Analyse statistique des données ..... 38
1.3. Analyse cartographique ..... 39
2. Résultats ..... 39
2.1. Paramètre « Surface couverte » ..... 39
2.2. Paramètre « Structure et fonction » ..... 39
2.3. Paramètre « Perspectives futures » ..... 41
2.4. Note finale à l'échelle du site ..... 41

**V. Discussion ..... 42**

**VI. Conclusion ..... 45**

**BIBLIOGRAPHIE ..... 46**

**ANNEXES ..... 48**

# Table des figures et tableaux

Figure 1 : Formation des lobes successifs du Rhône de St-Ferréol et remblaiement du Paléogolfe d'Aigues-Mortes ..... 4
Figure 2 : Superposition de la carte de Tony REY (2005) avec la cartographie des dunes à *Juniperus spp* du SIC Petite Camargue ..... 4
Figure 3 : Localisation des cellules hydro-sédimentaires le long du delta du Rhône ..... 5
Figure 4 : Schéma de l'organisation spatiale des habitats du système dunaire ..... 7
Figure 5 : Aire de répartition de *Juniperus phoenicea* L ..... 8
Figure 6 : Morphologie des appareils reproducteurs mâle et femelle de *Juniperus phoenicea subsp lycia* ..... 9
Figure 7 : Positionnement du bon état de conservation le long d'un gradient de conservation ..... 15
Figure 8 : Terminologie adoptée pour évaluer l'état de conservation au niveau du site ..... 16
Figure 9 : Etapes de l'élaboration de la méthode d'évaluation de l'habitat dunes littorales à *Juniperus spp* ..... 17
Figure 10 : Quadrillage d'une placette tirée au sort au niveau de l'une des stations ..... 18
Figure 11 : Evaluation de l'évolution de la surface couverte par la comparaison de la cartographie de la station à trois dates différentes (1964, 1996 et 2011) ..... 22
Figure 12 : Schéma des différentes étapes de formation d'une caoudeyre ..... 25
Figure 13 : Classes d'estimation du pourcentage de recouvrement végétal ..... 26
Figure 14 : Gradient de l'état de conservation ..... 32
Figure 15 : Axe de correspondance note/état de conservation des paramètres ..... 32
Figure 16 : Tableau de correspondance note/état de conservation du paramètre « Surface couverte » ..... 33
Figure 17 : Du relevé à la note par indicateur pour le paramètre "Structure et fonction de l'habitat" ..... 34
Figure 18 : Somme des notes par indicateurs pour obtenir la note finale du paramètre "Structure et fonction de l'habitat" ..... 34
Figure 19 : Axe de correspondance note/état de conservation du paramètre "structure et fonction de l'habitat" ..... 34
Figure 20 : Courbe des notes obtenues par station ..... 35
Figure 21 : Tableau de correspondance note/état de conservation du paramètre « Perspectives futures » ..... 35
Figure 22 : Du relevé à la note par paramètre à l'échelle de la station ..... 36
Figure 23 : De la note stationnelle à l'évaluation de l'état de conservation à l'échelle du site ..... 37
Figure 24 : Fréquence des différents états de conservation évalués sur l'ensemble des stations ..... 39
Figure 25 : Localisation des stations présentant un fort degré d'érosion éolienne ..... 40

•••

Tableau 1 : Habitats naturels d'intérêt communautaire du SIC Petite Camargue ..... 13
Tableau 2 : Nombre de placettes à échantillonner par rapport à la superficie de la station ..... 19
Tableau 3 : Récapitulatif des paramètres, critères et indicateurs (détaillés en annexe 4)..... 21
Tableau 4 : Evaluation de l'état de conservation à l'échelle du site Natura 2000 Petite Camargue ..... 41

# Annexes

Annexe 1 : Périmètre SIC « Petite Camargue » ..... 42
Annexe 2 : Localisation des HIC Dunes littorales à Juniperus spp. ..... 43
Annexe 3 : Localisation des 30 stations sélectionnées ..... 44
Annexe 4 : Grille d'indicateurs ..... 45
Annexe 5 : Exemple de fiche de relevé de terrain ..... 46
Annexe 6 : Résultats de l'analyse statistique de l'indépendance de différents indicateurs avec l'aide du test exact de Fisher ..... 48
Annexe 7 : Evolution de la surface couverte de chaque station à trois dates différentes (1964, 1996 et 2011) ..... 49
Annexe 8 : Résultats de l'évaluation de l'état de conservation par station ..... 50

# INTRODUCTION

Depuis le sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992, la France s'est mobilisée et s'est engagée au côté de l'Union européenne à préserver sa biodiversité dans une perspective de développement durable en acceptant les textes de la Directive Habitats et en intégrant ses habitats et ses espèces d'intérêt communautaire au réseau Natura 2000. Elle a depuis pour mission de contribuer à la surveillance de ces habitats et de rapporter périodiquement leur état de conservation à l'échelle biogéographique de son territoire.

Parallèlement, la France dispose d'un ensemble de textes juridiques relatifs au droit de l'environnement regroupés dans le Code de l'environnement stipulant qu'un état des lieux de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire doit également être réalisé à l'échelle des sites Natura 2000.

C'est au Syndicat Mixte de la Camargue Gardoise que revient la tâche de gérer et d'évaluer les habitats et les espèces littorales exceptionnels et fragiles présents au sein du SIC de la Petite Camargue. L'un de ces habitats, les dunes littorales à *Juniperus spp* a été reconnu comme étant en très mauvais état à l'échelle nationale et retient donc une attention toute particulière. De plus, le SIC de la Petite Camargue étant le seul site du Languedoc-Roussillon et l'un des seuls sites de France à présenter ce type d'habitat, le SMCG a entrepris d'évaluer son état de conservation dans le cadre de son DOCOB.

Ce rapport vise donc à présenter la méthode d'évaluation de l'état de conservation des dunes littorales à *Juniperus spp* qui a été élaborée dans le cadre d'un stage de fin d'études d'une durée de six mois au sein du Syndicat Mixte de la Camargue Gardoise.

La première partie présente les contextes historiques morphodynamique et écologique qui ont permis la mise en place et qui assurent la pérennité de cet habitat en Petite Camargue. La seconde partie rappelle le contexte réglementaire lié à la Directive Habitat et au réseau Natura 2000.

La notion d'état de conservation est ensuite présentée, suivie par le détail de l'élaboration de la méthode d'évaluation, du choix des indicateurs et de la méthode d'échantillonnage sur le terrain.

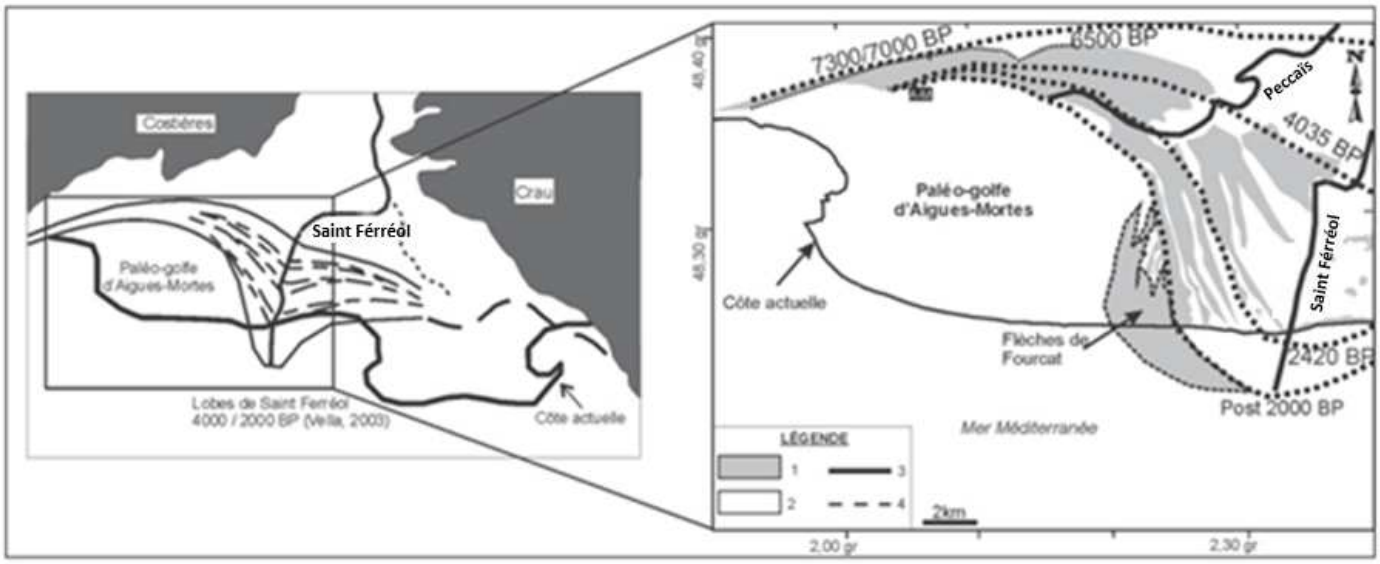
Les résultats de l'évaluation seront présentés dans la quatrième partie, et la dernière partie sera l'occasion de revenir sur les difficultés rencontrées et les limites de l'étude, et d'élargir aux perspectives d'applications de cette méthode par le gestionnaire.

# I. Contextes historique, morphodynamique et écologique des systèmes dunaires en Petite Camargue

## 1. Les phénomènes de formation de la Camargue gardoise

### 1.1. Formation du delta du Rhône

La formation du delta du Rhône a été marquée par une succession de processus complexes qui ont déjà fait l'objet de plusieurs études, comme la thèse de Tony REY (2006) qui décrit précisément les différentes étapes de cette formation.
De manière synthétique, le delta actuel résulte de la mise en place et du développement successif de différents chenaux du Rhône.




1 : cordons fossiles ; 2 : dépôts fluvio-palustres ; 3 : chenal actif ; 4 : Chenal abandonné.
*Fig. 4: Main deltaic lobes of the Rhône of Saint Ferréol (Vella, 2003, modified).*
*1: coastal barriers; 2: flood-plain deposits; 3: active channel; 4: abandoned channel.*

FIGURE 1 : FORMATION DES LOBES SUCCESSIFS DU RHONE DE ST-FERREOL ET REMBLAIEMENT DU PALEOGOLFE D'AIGUES-MORTES (REY, 2005)

Le chenal du Rhône de Saint-Ferréol s'est écoulé à l'ouest de l'étang actuel de Vaccarès et a déclenché la formation d'une succession de lobes deltaïques pointus à partir de 4000 BP jusqu'à la fin du premier siècle après JC (REY, 2006). Un remblaiement progressif du paléogolfe d'Aigues-Mortes a ensuite eu lieu, formant ainsi la Petite Camargue telle que nous la connaissons aujourd'hui (REY *et al.,* 2005).

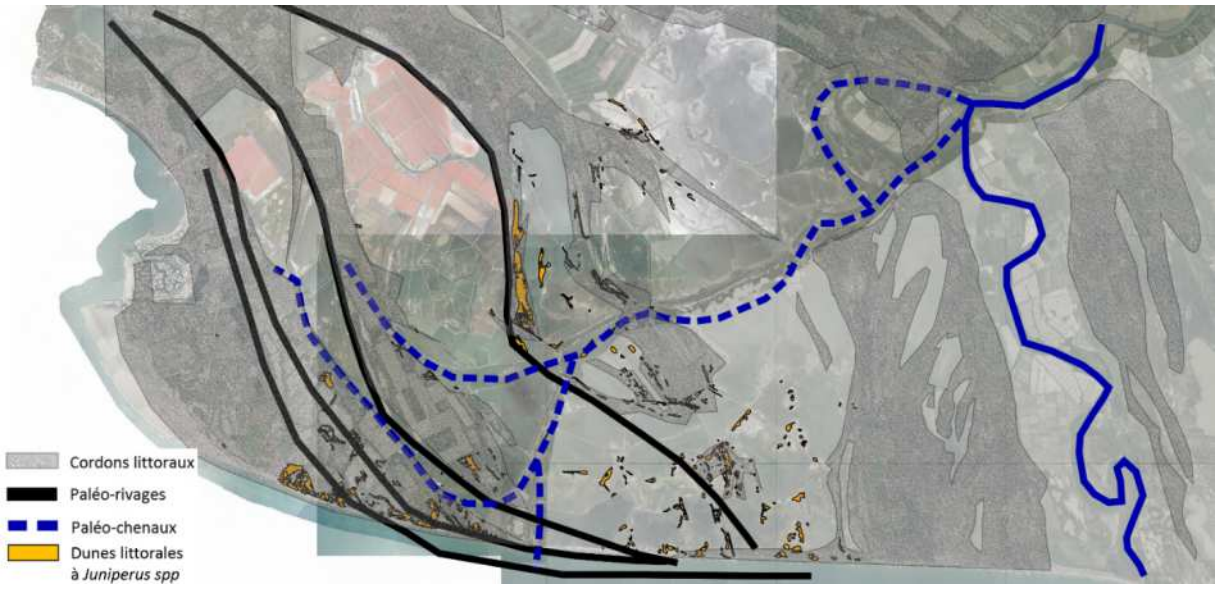



FIGURE 2 : SUPERPOSITION DE LA CARTE DE TONY REY (2005) AVEC LA CARTOGRAPHIE DES DUNES A *Juniperus spp* DU SIC PETITE CAMARGUE

L'expansion du trait de côte s'est accompagnée de la formation de différents cordons littoraux. La superposition de l'une des cartes réalisée par Tony REY (2005) avec la cartographie des dunes à *Juniperus spp* présentes au niveau du SIC de la Petite Camargue nous a permis de nous rendre compte que leur orientation et leur disposition suivaient parfaitement les paléo-chenaux et les cordons littoraux fossiles associés.

## 1.2. Le phénomène d'érosion actuel du trait de côte

L'érosion naturelle du trait de côte par l'action des houles et des courants côtiers associés a été accrue par les modifications d'origine anthropique qui ont été réalisées au niveau de l'ensemble du delta du Rhône. L'artificialisation du cours du Rhône (canalisation, barrages, extraction de sédiments du lit mineur, …) a profondément diminué l'apport sédimentaire au niveau de son embouchure. De plus, l'aménagement du littoral et la construction de structures portuaires, suite notamment à la mission Racine, ont fragmenté la côte en différentes cellules hydro-sédimentaires distinctes.

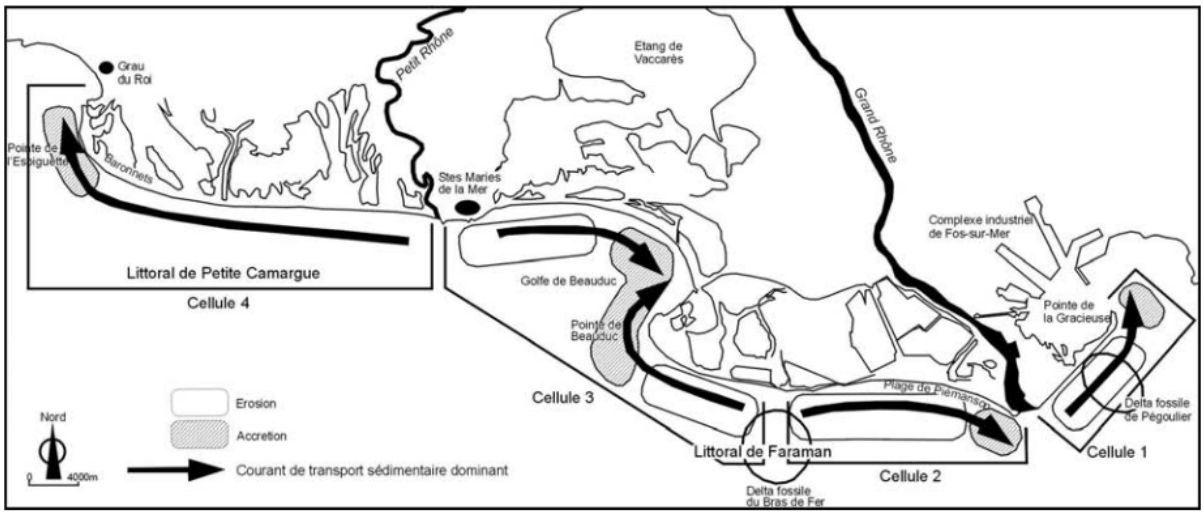



FIGURE 3 : LOCALISATION DES CELLULES HYDRO-SEDIMENTAIRES LE LONG DU DELTA DU RHONE (REY, 2006)

L'une d'entre elle est située le long du littoral de la Petite Camargue. Un courant longitudinal Est-Ouest déficitaire en sédiments, va créer un processus d'érosion du trait de côte à l'Est entre le Petite Rhône et les Baronnets, et un processus d'accrétion à l'Ouest entre les Baronnets et la pointe de l'Espiguette.

Pour y faire face, durant la période 1975-97, plusieurs campagnes d'implantations d'ouvrages transversaux, épis en enrochements durs, ont été installés au niveau de la zone se situant entre le débouché du Rhône vif jusqu'aux Baronnets. Ces ouvrages avaient initialement pour but d'éviter le recul de la ligne de rivage, puis par la suite, d'arrêter le transport sédimentaire qui s'effectue d'Est en Ouest et qui engendre une érosion de la zone orientale. Ils ont tout d'abord exacerbé le processus d'érosion (période 1977-89) avant d'obtenir une relative stabilisation du phénomène (période 1989-2005) accompagnée d'un recul du rivage très important en aval (SAMAT, 2007).

Ce processus d'érosion est une menace aussi bien écologique qu'économique car elle affecte le cordon dunaire, et pourrait ainsi entrainer des incursions marines qui pourraient submerger les milieux naturels, les terres agricoles, et les infrastructures humaines dont la commune urbaine du Grau du Roi (SMCG, 2013).

# 2. La formation du système dunaire de l'Espiguette

## 2.1. Formation et dynamique des plages et des dunes

Il existe deux types de formations dunaires dont la différence réside au niveau de la provenance des sédiments. Le sable qui forme les systèmes dunaires côtiers provient en grande partie de la météorisation des terres, puis du transport sédimentaire par le système fluvial et du relargage de ce dernier dans la mer. C'est pourquoi les dunes sont nombreuses au niveau de l'embouchure des fleuves ou des estuaires. Une faible proportion de sable provient également de l'érosion des côtes rocheuses par la mer et de restes de faune marine, tels que les coraux, coquilles et squelettes. C'est ensuite l'action combinée du vent et de la houle qui va transporter les sédiments fins et ainsi former les dunes.
Au contraire, les sédiments qui forment les dunes continentales résultent de la météorisation de la croûte terrestre, et leur transport est presque exclusivement éolien (LEY DE LA VEGA *et al.*, 2012).

### 2.1.1. L'action combinée de la mer et du vent

Au niveau du littoral, une plage est une accumulation de sédiment non consolidé (sable, gravier, galets) comprise entre la limite où les sédiments ne sont plus « remués » par la houle et la ligne de côte. C'est le bilan sédimentaire des plages, correspondant à la différence des apports et des pertes en sédiments, qui va influencer le développement des systèmes dunaires côtiers, et qui va déterminer si le système est stable, en progression, ou en régression. Il va dépendre de la direction des houles et des vents dominants, de l'intensité des tempêtes.
Lors des tempêtes, la houle et les vents exercent une action perpendiculaire à la côte qui va éroder la plage et le cordon dunaire. A l'inverse, durant les périodes calmes, les houles rapportent et déposent du sable sur les plages où les particules vont ensuite pouvoir être transportées par le vent puis stockées au niveau des dunes.

### 2.1.2. Le rôle de la végétation

La végétation joue également un rôle dans la formation dunaire et la dynamique dunaire. Elle forme une barrière perméable au vent qui va le freiner et ainsi entrainer le dépôt des particules de sable transportées. La végétation va ainsi accumuler le sable et participer à l'édification de monticules, puis à la formation de dunes (LEY DE LA VEGA *et al.*, 2012).

## 2.2. Organisation spatiale du système dunaire

Le cordon dunaire est caractérisé par une stratification de sa végétation parallèle à la côte qui est fonction des conditions climatiques, de l'apport de sable éolien, du degré d'humidité, du niveau de la nappe phréatique et de la diminution des gradients de température, de salinité et de pH vers l'intérieur des terres.

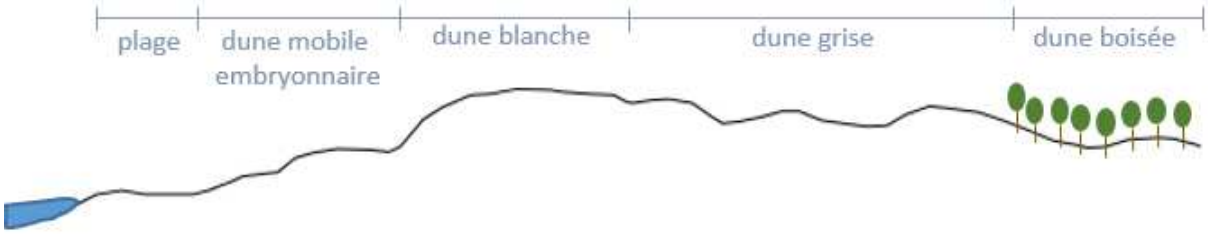



FIGURE 4 : SCHEMA DE L'ORGANISATION SPATIALE DES HABITATS DU SYSTEME DUNAIRE

Ainsi, en haut de la plage, les laisses de mer vont se mélanger avec le sable et ainsi l'enrichir en matière organique. Le substrat y est très salé ne permettant qu'à une strate de végétation basse halonitrophile de s'y établir.
En arrière de la plage, où le sable est constamment charrié par le vent, se développent des espèces végétales pionnières et des espèces vivaces géophytes. Leur système racinaire permet de retenir et de stocker du sable entrainant la formation de petits monticules qui vont ensuite fusionner de proche en proche, jusqu'à former de petits bourrelets, l'ensemble constituant la dune mobile embryonnaire (Code EUR 27 : 2110 ; Code CORINE BIOTOPE : 16.2112).

En arrière, l'accumulation de sable se poursuit jusqu'à former un cordon dunaire, dont le sommet est formé par la dune mobile à *Ammophila arenaria subsp. australis*, aussi appelée dune blanche (EUR 27 : 2120 ; COR. : 16.2122). Le surélèvement progressif du substrat entraine une diminution de la salinité. De plus, l'eau de pluie s'infiltre, et par différence de densité vient se superposer à la nappe d'eau salée, permettant à des plantes peu tolérantes au sel de s'y développer. Le substrat n'y étant toujours pas stabilisé, il s'accumule et ne permet qu'à une strate herbacée moyenne et à recouvrement faible de s'installer.

A l'arrière de la zone d'accumulation sédimentaire de la dune blanche, la force du vent et l'apport sableux sont plus faibles permettant à cette zone de se stabiliser et de se fixer. La végétation de cet habitat (dune fixée du littoral méditerranéen du *Crucianellion maritimae* ; EUR 27 : 2210 ; COR. : 16.223) est plus diversifiée et plus dense, et la stabilisation du substrat permet à des bryophytes et des lichens de s'y établir.

Enfin, au niveau de la zone la plus reculée du système dunaire se mettent en place des ligneux formants des habitats de dunes boisées colonisées par le Genévrier de Phénicie et/ou par des Pins (CPER LR, 2013).

Le site de l'Espiguette présent au sein du SIC de la Petite Camargue est intéressant car il s'agit de la seule zone en Languedoc-Roussillon qui présente tous les stades du système dunaire, de la dune embryonnaire à la dune boisée fixée. La présence de cette série complète de végétation n'a pu se former que grâce à l'apport important de sédiments par le Rhône.
Son avenir est aujourd'hui incertain, menacé par une érosion de plus en plus accrue du trait de côte mais également par l'expansion des constructions humaines.

## 3. Les dunes littorales à *Juniperus spp*.

Le genévrier est un gymnosperme appartenant à la famille des Cupressacées. Il en existe 60 espèces réparties dans l'hémisphère Nord, dont 6 présentes en France : *Juniperus communis* L. (Genévrier commun) qui est l'espèce la plus courante, *J. sibirica* Burgsdorff et *J. sabina* L. présentes en milieu montagnard, *J. thurifera* L. présente en montagne mais avec des affinités méditerranéennes ; et *J. oxycedrus* L., et *J. phœnicea* L. présentes en milieu méditerranéen (THOMAS *et al.*, 2010).

*Juniperus phoenicea* L. – ou Genévrier de Phénicie ou Genévrier rouge – est donc une espèce localisée sur tout le pourtour méditerranéen.

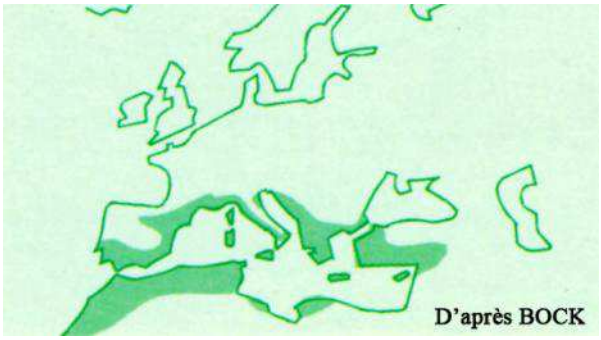


FIGURE 5 : AIRE DE REPARTITION DE *Juniperus phoenicea L.* (THOMAS et al., 2010)

Il est donc possible de la rencontrer sur le littoral au niveau des dunes sableuses, et dans les milieux de l'intérieur des terres de type garrigues calcaires, fissures des falaises et des sols rocheux, jusqu'aux sols xériques des montagnes.
Cette aire de répartition particulière a conduit à une première classification systématique des taxons et à la détermination de 6 sous-espèces basée essentiellement sur les caractéristiques morphologiques et anatomiques (GAUSSEN, 1968) :

_ *turbinata* Parl : Espagne, Portugal, Italie, Algérie, Grèce
_ *oophora* Kunze : Espagne
_ *lycia* Linné : France
_ *canariensis* Guyot : Canaries
_ *mollis* Maire : Maroc
_ *megalocarpa* Maire : dunes de Mogador au Maroc

Une autre classification, utilisée par certains auteurs, s'est basée sur l'analyse phytochimique des teneurs en pro-anthocyanidines qui a permis de distinguer deux sous espèces (LEBRETON, 1981) :

_ *Juniperus phoenicea subsp. phoenicea* : France, Espagne
__*Juniperus phoenicea subsp. eu-mediterranea* : Afrique du Nord (LARROQUE *et al.*, 2001)

Dans cette étude, nous retiendrons la terminologie *Juniperus phoenicea subsp. lycia* employée dans le référentiel CORINE BIOTOPE pour désigner la sous-espèce présente dans les dunes du littoral. Dans les publications les plus récentes, les deux sous-espèces reconnues sont la *subsp. phoenicea* (France et Espagne) et la *subsp. turbinata (Gussone) Nyman* (tout le pourtour méditerranéen dont la France et l'Espagne). En Languedoc-Roussillon, l'espèce *Juniperus phoenicea subsp. phoenicea* se trouve plutôt dans l'arrière-pays tandis que c'est la *Juniperus phoenicea subsp. turbinata* qui se trouve sur les dunes du littoral.

*Juniperus phoenicea subsp. lycia* est un arbuste pouvant atteindre 6 à 8 m de hauteur et 30 cm de diamètre. Il se distingue par son port dressé, très ramifié et arborescent, et par un houppier composé d'aiguilles charnues et squamiformes. La particularité des jeunes individus est qu'ils présentent des feuilles aciculaires, semblables à celles de *Juniperus oxycedrus*, avant qu'elles ne laissent place au feuillage adulte définitif aux alentours d'une dizaine d'années.
Il s'agit d'une espèce monoïque car elle présente des fleurs unisexuées mâles et femelles séparées mais portées sur le même pied (THOMAS *et al.*, 2010).

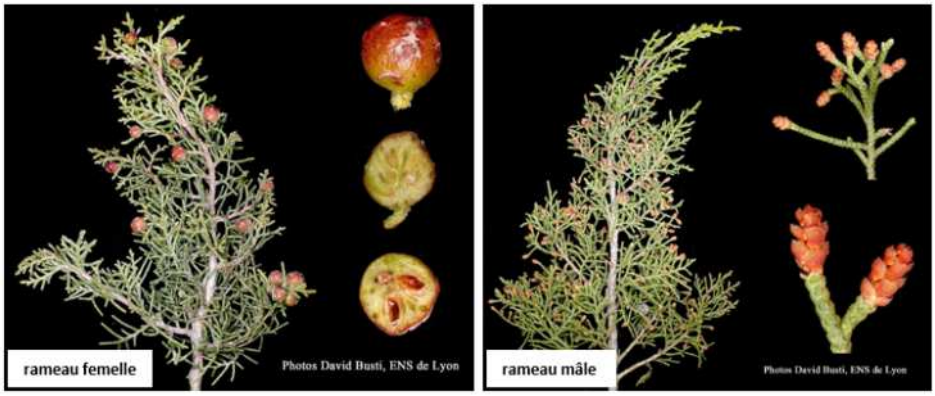


FIGURE 6 : MORPHOLOGIE DES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE DE *Juniperus phoenicea subsp lycia* (THOMAS *et al*., 2010)

Les cônes femelles, dénommés galbules sont formés d'écailles ovulifères charnues de couleur brun rougeâtre, et contiennent 4 à 6 nucules (moins que l'espèce continentale). Leur dissémination se fait au travers de la consommation des galbules par des animaux ; cette dissémination est donc endozoochore, et plus particulièrement ornithochore. En effet, en Languedoc-Roussillon il a été démontré que 5 espèces d'oiseaux (Rouge-gorge, Merle, Grive musicienne, Fauvette à tête noire et Fauvette mélanocéphlae) et que 2 espèces de mammifères (Fouine et Renard) participent à la dispersion de plus de 90% des plantes à

fruits charnus. De plus, le Merle (*Turdus merula*) et les grives seraient des consommateurs de baies du Genévrier de Phénicie (MANDIN, 2010).
Il s'agit d'une espèce psammophile, xérothermophile et frugale, ce qui limite son aire de répartition à quelques zones des côtes littorales méditerranéennes et à la Corse. Ces caractéristiques lui permettent de se développer sur les milieux arides pauvres et ainsi de s'imposer comme espèce pionnière et dominante au niveau des dunes boisées littorales.

Cependant, le genévrier est halophobe et ne peut donc se développer en milieu dunaire que grâce à la surélévation du substrat permettant la formation d'une lentille d'eau douce alimentée par les eaux de pluie qui vient se superposer à la nappe salée. La quantité et la profondeur de cette réserve d'eau varie en fonction des saisons, étant peu profonde au printemps, en automne et en hiver et disparaissant quasiment complètement en été. La plante présente donc une adaptation remarquable à ces changements et au stress hydrique par la fermeture de ses stomates qui lui permet d'éviter une embolie de ses tissus dès que l'eau commence à se faire rare et que le processus d'évapotranspiration de la plante est accru par les fortes températures estivales (LARROQUE *et al.*, 2001).
Son point faible réside au niveau de son système racinaire important, développant des racines traçantes qui peuvent mesurer jusqu'à 20 m. Le seuil létal de la concentration en sel de l'eau est de 5g/L, donc lorsque les racines se développent et finissent par atteindre la nappe salée, l'arbre dépérit (LARROQUE, 2002).

La Junipéraie se développe donc de façon optimale au sommet des dunes assez élevées peu influencées par la nappe d'eau salée et relativement bien protégées des embruns. Le substrat sableux doit également être régulièrement renouvelé afin d'éviter la compaction du sol et l'asphyxie des racines.

La forme climacique semble être une forêt dense basse présentant un recouvrement avoisinant les 90-100%, comme nous avons pu l'observer lors d'une visite organisée aux Bois des Rièges. Mais, la formation la plus couramment observable est caractérisée par un fourré discontinue arbustif/arboré entre 1 et 5m de hauteur, difficilement pénétrable et pauvre en espèces, constitué de *Juniperus pheonicea subsp. lycia* accompagné majoritairement de quelques filaires et pistachiers observables le plus fréquemment sur les pentes ou dans les dépressions peu profondes.
Les faciès dominants à *Phillyrea*, lentisques, cistes ou romarins sont des stades de dégradation de la forêt climacique à *Juniperus phoenicea* (PIAZZA et PARADIS, 1998 ; MOLINIER et TALLON, 1965).

De part ces capacités d'adaptation, la Junipéraie est considérée comme le stade climacique des dunes boisées situées à proximité du littoral. Il s'agit d'un système parfaitement adapté et en équilibre étroit avec les conditions extrêmes de son milieu. La moindre modification de la balance eau douce/salée, des caractéristiques édaphiques du sol, de l'intensité de l'impact éolien peut entrainer une évolution vers un autre type d'essence forestière. Par exemple, la diminution de la force du vent et de l'impact des embruns sera favorable à l'établissement d'une Pinède au niveau des dunes marines du littoral (LARROQUE, 2002). La Junipéraie peut également évoluer vers une Chênaie qui est un autre stade climacique observable au niveau des dunes intérieures favorisé par l'apport fluviatile d'alluvions et par des conditions environnementales moins rudes qu'à proximité du trait de côte (température et salinité plus faibles, diminution de la force des vents, …) (MOLINIER et TALLON, 1965).

# II. Contexte réglementaire et objectifs de l'étude

## 1. La Directive Habitats Faune Flore et le réseau Natura 2000

L'année 1992 marque un tournant au niveau de la gestion et de la préservation des milieux naturels au sein de l'Union Européenne. La rédaction de la Directive 92/43/CEE, plus généralement appelée Directive Habitats Faune Flore (ou encore directive Habitats) a permis de définir les bases de la notion de conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages. Elle a également instauré un cadre juridique pour les actions communautaires aboutissant à la création de Zones Spéciales de Conservation (ZSC) répertoriant et permettant la protection des habitats et des espèces menacés. Un autre texte élaboré plus tôt, la Directive « Oiseaux » de 1979, dont les objectifs étaient similaires à ceux de la Directive Habitats, définissait un ensemble de sites, désignés en tant que Zones de Protection spéciale (ZPS) afin de protéger les espèces d'oiseaux sauvages menacées.

La mise en application de ces deux textes a entrainé la création d'un grand réseau de sites écologiques européens nommé Natura 2000. Il s'agit du plus grand maillage de sites protégés au monde, regroupant 27 000 sites terrestres et marins identifiés pour l'intérêt patrimonial des espèces faunistiques et floristiques et des habitats qu'ils contiennent. L'objectif est d'assurer leur pérennité, par la mise en place de mesures de protection visant à les amener vers un état de conservation favorable, tout en tenant compte des exigences économiques, sociales, culturelles et régionales dans une perspective de développement durable.

La Commission européenne laisse aux Etats membres le choix des mesures à mettre en œuvre pour identifier les sites et pour élaborer des modes de gestion adaptés. En France, la désignation d'un site Natura 2000 est accompagnée par l'établissement d'un Comité de pilotage (COPIL) regroupant l'ensemble des acteurs locaux. Il a pour mission de valider les différentes étapes de l'élaboration d'un Document d'objectifs (DOCOB) qui dresse l'inventaire des habitats, des espèces et des activités socio-économiques présentent sur le site. Il commence par identifier les enjeux et les objectifs à atteindre avant d'élaborer les mesures de gestion adéquates à mettre en place.

La Directive impose aux Etats membres d'évaluer l'état de conservation des espèces et habitats naturels d'intérêt communautaire (art. 11) et d'en rendre compte à l'échelle biogéographique par la remise d'un rapport tous les 6 ans (art. 17). Parallèlement, à l'échelle nationale, l'article R. 414-11 du Code de l'environnement, qui est la transposition dans le droit français de l'article 6 de la Directive Habitats, fait également mention de la nécessité de la mise en place d'une évaluation de l'état de conservation des habitats, à l'échelle du site Natura 2000, qui sera à renseigner dans les DOCOB.

## 2. Le SMCG et le SIC Petite Camargue

La création du Syndicat Mixte pour la protection et la gestion de la Camargue Gardoise (SMCG) en 1993 résulte de l'association de huit communes du département du Gard

(Aimargues, Aigues Mortes, Beauvoisin, Le Cailar, Le Grau du Roi, Saint Gilles, Saint Laurent d'Aigouze et Vauvert) avec le Conseil Général du Gard afin de mettre en place une politique de protection et de valorisation du patrimoine naturel camarguais. En 1995, le SMCG se lance dans la démarche Natura 2000 en proposant le SIC Petite Camargue à la Commission européenne, suivi par la rédaction du DOCOB entre 1996 et 2007. Depuis la validation du DOCOB le 14 décembre 2007, le SMCG est opérateur sur 3 sites : le SIC "Petite Camargue" FR 9101406, la ZPS "Camargue gardoise fluvio-lacustre" FR 9112001 et la ZPS "Petite Camargue laguno-marine" FR 9112013 (Annexe 1).

Le SIC Petite Camargue est une grande zone humide littorale, d'une superficie de 34 559 ha, qui a été façonné au cours des siècles par les eaux marines et fluviatiles, la divisant en deux zones distinctes :

- une zone laguno-marine formée par un système dunaire très actif présentant une succession typique d'habitats dunaires (dunes embryonnaires, mobiles, fixées dont certaines boisées et colonisées par des Genévriers de Phénicie et des Pins), mais également par d'anciens cordons dunaires fossiles situés à l'intérieur des terres témoignant de la formation du Delta du Rhône.

- une zone fluvio-lacustre alimentée par les eaux du Rhône et constituée d'un ensemble de marais et d'étangs d'eau douce et plus ou moins salée.

Cette mosaïque de milieux à l'interface entre terre et mer concentre de nombreux enjeux écologiques notamment liés à la présence d'habitats et d'espèces remarquables. En vue de les localiser, les recenser et les préserver des inventaires des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique ou Floristique (ZNIEFF) et des Zones d'Importance pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) ont été mis en place. La pointe de l'Espiguette et son important gisement de sable ont également été inclus au réseau Natura 2000 sous la désignation du site marin « Bancs sableux de l'Espiguette » FR9102014 de par leur caractère hydrodynamique exceptionnel et l'établissement associé de peuplements typiques des fonds sableux dynamiques (Tellines, Donax, Murex, …) (SMCG, 2013).

De plus, malgré l'expansion de la commune du Grau du Roi et de la pression touristique, le site de l'Espiguette a réussi à garder un caractère relativement sauvage, avec l'un des systèmes dunaires les plus remarquables du littoral méditerranéen couplé à la présence de marais formant des zones humides d'intérêt. C'est pourquoi, il a été désigné site classé en 1998.

Dans le cadre du DOCOB, le SMCG a donc entrepris entre 1999 et 2006 le recensement et la cartographie des habitats d'intérêt communautaire au sens de la classification de la Directive Habitats, qui a ensuite été mise à jour par le bureau d'étude ECOMED en 2011.

| Code Natura 2000 | Code CORINE Biotopes | Dénomination EUR 27 de l'habitat d'Intérêt Communautaire | Surface | |
|---|---|---|---|---|
| | | | ha | % |
| 1150* | 21 x 23.21 | Lagunes côtières | *Non évaluée* | - |
| 1210 | 16.12 | Végétation annuelle des laisses de mer | 6 | <0,1 |
| 1310 | 15.12 | Végétations pionnières à *Salicornia* et autres espèces annuelles des zones boueuses et sableuses | 206,3 | 0,6 |
| 1410 | 15.51 | Prés-salés méditerranéens (*Juncetalia maritimi*) | 1516,7 | 4,4 |
| 1420 | 15.61 | Fourrés halophiles méditerranéens et thermo-atlantiques (*Sarcocornietea fruticosi*) | 1173,5 | 3,4 |
| 1510* | 15.811 | Steppes salées méditerranéennes (*Limonietalia*) | 109,8 | 0,3 |
| 2110 | 16.211 | Dunes mobiles embryonnaires | 135,8 | 0,4 |
| 2120 | 16.2122 | Dunes mobiles du cordon littoral à *Ammophila arenaria* (dunes blanches) | 62,3 | 0,2 |
| 2190 | 16.35 | Dépressions humides intra-dunaires | 32,6 | 0,1 |
| 2210 | 16.223 | Dunes fixées du littoral du *Crucianellion maritimae* | 153,6 | 0,4 |
| 2250* | 16.272 | Dunes littorales à *Juniperus spp.* | 149 | 0,4 |
| 2260 | 16.28 | Dunes à végétation sclérophylle du *Cisto-Lavanduletalia* | 3,6 | <0,1 |
| 2270* | 16.29 x 42.8 | Dunes avec forêts à *Pinus pinea* et/ou *Pinus pinaster* | 175,3 | 0,5 |
| 3150 | 22.13 x 22.422 | Lacs eutrophes naturels avec végétation du *Magnopotamion* ou *Hydrocharition* | *Non évaluée* | - |
| 3170* | 22.32 | Mares temporaires méditerranéennes | 28,8 | 0,1 |
| 6420 | 37.4 | Prairies humides méditerranéennes à grandes herbes du *Molinio-Holoschoenion* | 107 | 0,3 |
| 6430 | 37.713 | Mégaphorbiaies hydrophiles d'ourlets planitiaires et des étages montagnards à alpin | 12,6 | <0,1 |
| 6510 | 38.2 | Pelouses maigres de fauche de basse altitude (*Alopecurus pratensis, Sanguisorba officinalis*) | 73,9 | 0,2 |
| 92A0 | 44.61 | Forêts-galeries à *Salix alba* et *Populus alba* | 289,3 | 0,8 |
| 92D0 | 44.8131 | Galeries et fourrés riverains méridionaux (*Nerio-Tamaricetea* et *Securinegion tinctoriae*) | 388,5 | 1,1 |

**habitat prioritaire*

TABLEAU 1 : HABITATS NATURELS D'INTERET COMMUNAUTAIRE DU SIC PETITE CAMARGUE (LEJEUNE, 2011)

Ainsi, 20 HIC ont été répertoriés, dont 5 sont classés d'intérêts prioritaires : les lagunes côtières (1150), les steppes salées méditerranéennes (1510), les dunes littorales à *Juniperus spp*. (2250), les dunes avec forêts à *Pinus pinea* et/ou *Pinus pinaster* (2270) et les mares temporaires méditerranéennes (3170).

## 3. Objectifs du stage

Sur le site Natura 2000 de la Petite Camargue, l'habitat « Dunes littorales à *Juniperus spp*. » est classé en enjeu exceptionnel. C'est pourquoi, dans le cadre de l'élaboration du DOCOB Petite Camargue, un diagnostic avait été réalisé par l'ONF en 2001 pour faire le point sur les connaissances actuelles de l'autécologie du Genévrier de Phénicie. Un protocole de suivi quinquennal avait été élaboré puis appliqué en 2002 et en 2008 afin de caractériser l'évolution de l'état de conservation de cet habitat. Cependant, depuis 2008, pour répondre à la directive européenne, le MNHN élabore des méthodes nationales d'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire.

L'objectif de ce stage est donc de mettre en place la méthode d'évaluation de l'état de conservation de cet habitat dunaire boisé, en s'appuyant sur les éléments de suivi définis par l'ONF en 2002, la méthode proposée par la Directive Habitats et les études réalisées par le MNHN.

# III. Elaboration du protocole de suivi de l'état de conservation de l'habitat 2250

## 1. Définition des concepts de l'évaluation de l'état de conservation d'un habitat

### 1.1. Contexte

L'article 1 (e) définit ce qu'est l'état de conservation d'un habitat naturel comme étant « 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.
"L'état de conservation" d'un habitat naturel sera considéré comme "favorable" lorsque :
- son aire de répartition naturelle ainsi que les superficies qu'il couvre au sein de cette aire sont stables ou en extension

et

- la structure et les fonctions spécifiques nécessaires à son maintien à long terme existent et sont susceptibles de perdurer dans un avenir prévisible
- l'état de conservation des espèces qui lui sont typiques est favorable au sens du point i) »

### 1.2. Le concept d'état de conservation au sens de la Directive Habitat

La Commission Européenne a rédigé une méthodologie d'évaluation qui a ensuite été déclinée et adaptée par les différents Etats membres.
En France, l'ensemble des textes juridiques relatifs au droit de l'environnement sont regroupés dans le Code de l'environnement. L'article R414-11 fait d'ailleurs mention de la nécessité d'évaluer l'état de conservation des populations animales et de leurs habitats à l'échelle du site Natura 2000.

C'est le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) qui en France a été chargé par le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie (MEDDE) de l'élaboration des méthodes d'évaluation de l'état de conservation des habitats et des espèces à l'échelle des sites Natura 2000.

Le protocole d'évaluation à l'échelle biogéographique, détaillé au sein du complément « Note to the Habitats Committee » de la Directive (référencé DocHab 04-03-03-rev3), est commun à l'ensemble des Etats membres de l'Union européenne et les paramètres d'évaluation ont été choisis selon la définition de l'état de conservation favorable de la Directive.

Ainsi, en reprenant la définition de la Directive, si l'on veut évaluer l'état de conservation d'un habitat, il faut connaître :
- la superficie et l'évolution de son aire de répartition naturelle
- les structures et les fonctions spécifiques qui lui permettent de se maintenir, et si celles-ci sont également susceptibles de perdurer dans un avenir proche
- les espèces qui lui sont dites « typiques »

- la dynamique des populations de ces espèces typiques
- l'évolution de l'aire de répartition naturelle de ces espèces
- la surface d'habitat minimal permettant le maintien à long terme des populations de ces espèces

D'un point vu spatio-temporel, il peut être tiré de ces différents points que l'évaluation de l'état de conservation d'un habitat ne peut pas être figée à un temps t, car il doit être pris en compte l'évolution passée, présente et future de cet habitat.
De plus, la notion d'aire de répartition naturelle indique que l'échelle d'évaluation se situe au niveau d'une aire biogéographique.

La méthode qui en découle consiste donc à évaluer l'état de conservation d'un habitat (entité observée) en le comparant à une entité de référence par l'étude de différents paramètres : l'aire de répartition, la surface couverte, les structures et fonctions spécifiques et les perspectives futures de l'habitat.

Le concept d'état de référence, qui n'était pas mentionné dans la Directive, a été introduit par la « Note to the Habitats Committee » de la Commission Européenne, qui laisse la liberté à chaque Etat membre de définir les valeurs de références de chaque habitat d'intérêt communautaire. Cette notion peut être interprétée différemment en fonction des modes de gestion qui vont être appliqués à ces habitats. Au niveau de plans de gestion visant simplement à conserver la biodiversité, l'état de référence peut être assimilé à un habitat théorique naturel vierge qui n'aurait subi aucun impact anthropique. Cependant, dans le cadre de gestions visant à maintenir ou à atteindre certains niveaux de services écosystémiques, la distinction est faite entre un état de référence à partir duquel l'habitat est considéré en bon état de conservation, et entre un état objectif à atteindre au-dessus duquel l'habitat serait considéré en très bon état de conservation.

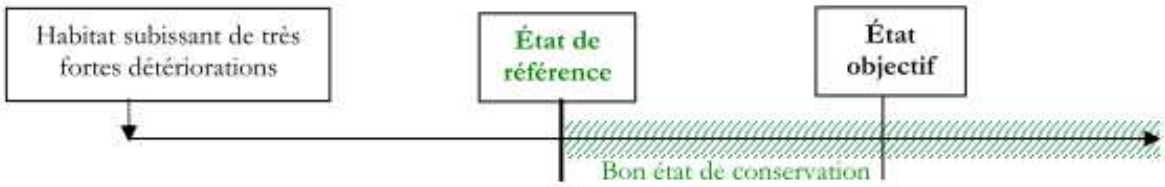


FIGURE 7 : POSITIONNEMENT DU BON ETAT DE CONSERVATION LE LONG D'UN GRADIENT DE CONSERVATION (CARNINO, 2009)

L'annexe E de la Directive (DocHab 04-03-03-rev3) divise le gradient de conservation d'un habitat à l'échelle biogéographique en trois niveaux correspondant chacun à une couleur :

- Etat de conservation favorable (vert)
- Etat de conservation défavorable inadéquat (orange)
- Etat de conservation défavorable mauvais (rouge)
- Etat de conservation inconnu (gris) : des données sont manquantes ou insuffisantes pour évaluer l'état de conservation

Elle donne également les règles permettant d'évaluer chacun des paramètres. L'état de conservation correspondra alors à la valeur du plus mauvais des paramètres. Ainsi, si un seul des paramètres est évalué « défavorable mauvais », l'état de conservation final sera considéré comme mauvais.

## 1.3. Des exemples de méthodes d'évaluation à l'échelle du site

- **La méthode « CARNINO »**

Des adaptations ont dû être mises en place afin que ces différents paramètres soient applicables à l'échelle des sites Natura 2000.
La première tentative fut amorcée sous la direction du MNHN et avec l'association de l'ONF par Nathalie CARNINO au niveau des habitats forestiers. La méthode s'est basée sur les différents critères cités par la Directive, tout en y apportant quelques réajustements. Un habitat forestier est alors considéré en bon état de conservation lorsque :
« - ses structures caractéristiques sont présentes et les fonctions spécifiques et nécessaires à son maintien sont assurées ;
- il ne subit aucune atteinte susceptible de nuire à sa pérennité ;
- les espèces (végétales, animales et fongiques) qui lui sont typiques peuvent s'exprimer et assurer leur cycle biologique. »

Les paramètres concernant les structures et fonctions spécifiques ont donc été conservées et doivent permettre à l'habitat d'exister à un temps t mais les critères géographiques relatifs à l'aire de répartition et à la surface couverte ont été écartés car considérés comme étant spécifiques à l'échelle de l'aire biogéographique. Un nouveau paramètre a cependant été mis en place concernant les altérations portées à l'habitat qui pourraient affecter sa pérennité.

Elle a mis en place un système de notation permettant de situer de manière plus précise l'état de l'habitat au niveau du gradient de conservation. Chaque paramètre est évalué par l'étude de critères (caractéristiques de l'habitat) au travers d'indicateurs (variables qualitatives ou quantitatives à mesurer). Une note de 100 est attribuée à l'état objectif, et lorsqu'un indicateur est défavorable il est soustrait à cette note et la fait baisser. La note finale est ensuite comparée à des valeurs seuils, Nathalie CARNINO ayant divisé le seuil d'état de conservation favorable en état bon-correct et un état bon-optimal, afin de faire la distinction entre un bon et un très bon état de conservation (CARNINO, 2009).

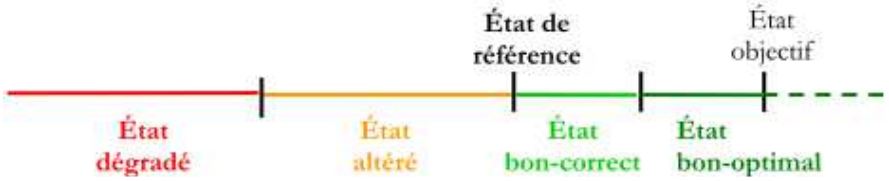


FIGURE 8 : TERMINOLOGIE ADOPTEE POUR EVALUER L'ETAT DE CONSERVATION AU NIVEAU DU SITE (CARNINO, 2009)

- **La méthode du CEN-LR**

Une toute autre méthode a été mise en place par le CEN-LR et le Conservatoire des Sites lozériens en 2007 adaptée à l'échelle de grands groupes d'habitats d'intérêt communautaire, et qui se veut plus fidèle à la méthodologie d'évaluation à l'échelle biogéographique

proposée par la Directive. Des adaptations ont tout de même été réalisées au niveau du choix des paramètres. Tout comme la « méthode CARNINO », leur évaluation se fait par l'étude de critères au travers d'indicateurs spécifiques du type d'habitat. Les critères sont au nombre de trois : la structure du groupement végétal, la composition floristique (intégralité du cortège végétal) et les dégradations visibles, et correspondent à une déclinaison du paramètre « Structure et fonctions de l'habitat, incluant les espèces typiques » retenu par la note CE de 2005. Les paramètres géographiques relatifs à l'aire de répartition et à la surface couverte n'ont pas été retenus, comme dans la précédente méthode.

Une autre différence majeure avec la « méthode CARNINO » réside en la définition de l'état de référence. Ici l'état de référence correspond à un habitat qui présenterait un bon état de conservation au niveau de l'ensemble de ses indicateurs. La méthode de notation se base donc sur la méthode proposée par la Directive, qui définit trois seuils : bon, moyen, mauvais, et dont l'indicateur le moins bien noté définira la note finale (KLESCZEWSKI, 2012).

# 2. La démarche pour l'élaboration de la méthode

Le déroulement des étapes nécessaires à la mise en place de la méthode d'évaluation de l'état de conservation de l'habitat Dunes littorales à *Juniperus spp* est détaillé dans la figure suivante :

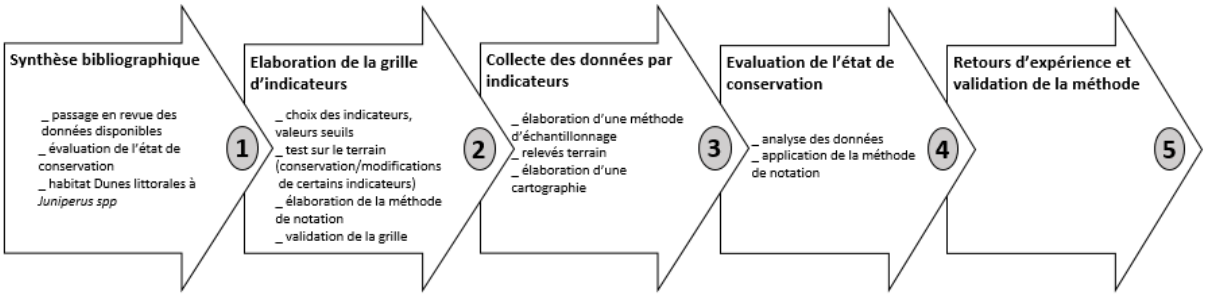



FIGURE 9 : ETAPES DE L'ELABORATION DE LA METHODE D'EVALUATION DE L'HABITAT DUNES LITTORALES A *Juniperus spp*

# 3. Modalités de l'échantillonnage

## 3.1. Données disponibles

Suite à la désignation du SMCG comme animateur et opérateur du document d'objectif (DOCOB) du site Natura 2000 de la Petite Camargue, rédigé entre 1996 et 2007, un premier travail de cartographie des habitats du SIC « Petite Camargue » avait alors été réalisé par le SMCG. Afin de mettre à jour les données et de suivre l'évolution des habitats, une seconde campagne a été réalisée par le bureau d'études ECOMED (Ecologie et Médiation) en 2011. Une cartographie exhaustive des habitats terrestres au niveau du site Natura 2000 a alors été réalisée, représentée sous forme d'une couche SIG.
Les habitats formant une mosaïque intriquée, la majorité des polygones couvre et comprend plusieurs habitats. Au niveau de chaque polygone, les habitats ont donc été notés en habitat 1, 2 et 3 en fonction de leur proportion surfacique. Par exemple, au niveau des dunes

boisées, il n'est pas rare de trouver une juxtaposition de l'habitat dunes littorales à *Juniperus spp*. (2250) et de l'habitat dunes avec forêts à *Pinus pinea et/ou Pinus pinaster* (2270).
Le choix des stations sur lesquelles baser cette étude s'est donc appuyé sur ce second travail de cartographie (Annexe 2). Nous ne nous sommes pas intéressés à la première cartographie car la méthode de réalisation et les données présentaient de trop grandes divergences avec celle réalisée par ECOMED.

## 3.2. Unité d'échantillonnage

En fonction du type d'indicateur, les données devront être renseignées à deux échelles différentes en fonction de l'indicateur concerné : au niveau de l'unité d'échantillonnage (placette) ou du polygone (station). Les indicateurs relatifs à la composition floristique seront par exemple à relever à l'aide de placettes, et ceux concernant une échelle plus large, comme le degré d'érosion éolienne, seront à renseigner à l'échelle de la station.

## 3.3. Plan d'échantillonnage

La surface et les caractéristiques du site Natura 2000 ne permettant pas d'échantillonner l'ensemble des stations, et pour des questions de temps et de reproductibilité des mesures, nous nous sommes limités à l'échantillonnage de 30 stations ; 30 ayant été reconnus dans la littérature scientifique comme étant le minimum requis pour que l'effort d'échantillonnage soit suffisant et pour que les résultats soient statistiquement représentatifs de l'ensemble de la zone d'étude (FIERS, 2003).

Une première étape fut d'éliminer de notre pool les stations considérées comme étant inaccessibles par l'observateur. Nous avons également décidé d'échantillonner aussi bien les dunes à genévrier notées en habitat 1 qu'en habitat 2 par la cartographie ECOMED, partant du principe que même si le genévrier était en minorité, l'habitat était tout de même présent. Ensuite, à l'aide de l'identifiant associé à chaque polygone au sein de la cartographie ECOMED et d'un tableur Excel, nous avons tiré au sort de façon aléatoire 30 stations sur l'ensemble du site, un polygone correspondant à une station (Annexe 3).

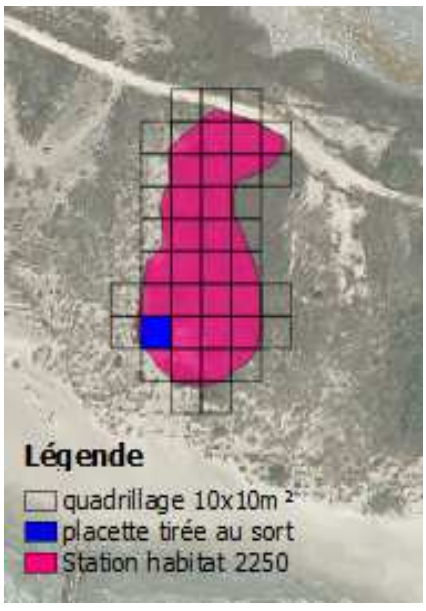



FIGURE 10 : QUADRILLAGE D'UNE PLACETTE TIREE AU SORT AU NIVEAU DE L'UNE DES STATIONS

Nous avons décidé de réaliser nos relevés au sein de placettes fixes de 100m² dont la superficie permettait de couvrir une surface assez importante pour étudier une espèce arborescente comme le Genévrier de Phénicie, et pour relever la présence potentielle d'espèces nitrophiles, halophiles, destructurantes ou exotiques envahissantes.

Pour se faire, 30 quadrillages de 10x10m ont été superposés sur chacun des 30 stations à l'aide du logiciel QGis.

Un nombre défini de placettes a ensuite été tiré au sort via le même procédé que pour les stations. La détermination du nombre de placettes à inventorier par station s'est basée sur la superficie de chaque station :

| SUPERFICIE TRAITÉE (ha) | NOMBRE MINIMUM DE PARCELLES-ÉCHANTILLONS OU DE GRAPPES |
|---|---|
| moins de 2 | 4 |
| 2 à 4 | 5 |
| 4 à 6 | 6 |
| 6 à 8 | 7 |
| 8 à 12 | 8 |
| 12 à 16 | 9 |
| 16 à 20 | 10 |
| 20 et plus | 10 + 1 par 6 ha supplémentaires |

TABLEAU 2 : NOMBRE DE PLACETTES A ECHANTILLONNER PAR RAPPORT A LA SUPERFICIE DE LA STATION (AGENCE DES FORETS PRIVEES DE L'OUTAOUAIS, 2014)

D'après le tableau 2, il aurait fallu au moins 4 placettes par station. Cependant, de nombreuses stations étaient d'une taille insuffisante pour contenir 4 placettes. Pour ne pas éliminer un trop grand nombre de stations du fait de leur taille, il a été choisi de garder toutes les stations qui pouvaient contenir au minimum une placette. La station devait donc faire au minimum 100 m².

Pour les stations de taille inférieure à 2 ha, il a donc été utilisé le tableau suivant :

| **Superficie de la station (m²)** | **Nombre de placettes fixes** |
|---|---|
| 100 - 5000 | 1 |
| 5000 – 10 000 | 2 |
| 10 000 – 15 000 | 3 |
| 15 000 – 20 000 | 4 |

Ainsi, 25 placettes sur les 27 échantillonnées comportent 3 placettes, ou moins de 3 placettes.

Il serait nécessaire de vérifier si ce choix d'échantillonnage donne des résultats statistiquement valables et si le faible nombre de placettes par stations a un impact sur l'évaluation de l'état de conservation à l'échelle du site. A l'échelle de la station, ce faible nombre de placettes a peut être une incidence mais l'objectif de la présente étude est d'évaluer l'état de conservation de l'habitat à l'échelle du site, la stratégie d'échantillonnage a ainsi été pensée dans cet objectif.

De plus, cette méthode d'échantillonnage n'a pas permis d'effectuer des relevés phytosociologiques, la position des placettes étant trop aléatoire, ces dernières pouvaient recouvrir des zones de transition non homogènes au niveau des caractéristiques du milieu et/ou au niveau de la végétation. Des relevés floristiques ont donc été réalisés de manière classique, sur des surfaces hétérogènes du point de vue de la végétation.

### 3.4. Période d'échantillonnage

Afin de pouvoir observer et déterminer le plus grand nombre d'espèces annuelles vernales et estivales, la phase terrain s'est déroulée sur une période d'un mois, à cheval entre les mois de mai et juin.

## 4. Critères et indicateurs retenus pour évaluer l'état de conservation

Sélectionner un ensemble de critères et d'indicateurs n'est pas chose aisée car ils doivent permettre de synthétiser l'ensemble des mécanismes permettant le bon fonctionnement de l'habitat.

De plus, la récolte des données associées doit être simple, peu coûteuse aussi bien en temps que financièrement, et ne doit pas requérir trop de compétences afin qu'elle soit applicable par le plus grande nombre. La méthode doit donc s'appuyer sur l'étude d'indicateurs qualitatifs et/ ou quantitatifs simples et en nombre restreint. Le choix des indicateurs doit donc être pertinent, chaque indicateur devant apporter un maximum de données par rapport au critère et au paramètre que l'on cherche à évaluer.

Un indicateur idéal doit donc remplir un ensemble d'attributs :
- pertinence : doit refléter tout changement dans le bon fonctionnement de l'habitat
- sensibilité et prévisibilité : doit permettre d'apporter une information anticipée des changements et ces changements doivent refléter une tendance
- facile à échantillonner et à identifier : doit être accessible aux non-spécialistes
- universalité : doit être réparti sur une grande zone géographique et donc doit être largement applicable (FIERS, 2003).

Ils doivent également être sélectionnés sur des bases purement scientifiques, et en dehors de toute considération politique ou sociale. Toute « co-construction entre des principes écologiques et des choix sociaux » devra se faire par la suite durant les choix de gestion (ARGAGNON, 2012).

Le choix des critères et des indicateurs nous paraissant les plus pertinents pour évaluer l'état de conservation de l'Habitat dunes littorales à *Juniperus spp*. (2250) s'est basé sur :
- une analyse bibliographique traitant des différentes méthodologies mises en place pour l'évaluation de l'état de conservation d'habitats à l'échelle d'un site. Différentes publications, documents, textes ont également été examinés pour comprendre le fonctionnement, les caractéristiques, et les processus permettant l'existence et le maintien de l'habitat 2250.
- des dires d'expert
- des observations et tests sur le terrain afin de confronter nos indicateurs avec la réalité du terrain.

Une liste de critères et d'indicateurs associés a ainsi été élaborée et synthétisée sous la forme d'un tableau présenté ci-dessous et en Annexe 4. A chaque indicateur correspond une méthode et une échelle de collecte des données, les valeurs seuils et les notes et les

coefficients de pondération associés. Chaque indicateur sera donc à évaluer à l'aide de variables qualitatives et/ou quantitatives dont les valeurs seront à comparer aux valeurs seuils. La détermination des valeurs seuils s'est appuyé le plus possible sur la littérature et elles ont été vérifiées sur le terrain.

TABLEAU 3 : RECAPITULATIF DES PARAMETRES, CRITERES ET INDICATEURS (DETAILLES EN ANNEXE 4)

| Paramètres | Critères | Indicateurs | | Informations complémentaires |
|---|---|---|---|---|
| **Surface couverte** | **Surface de l'habitat** | **Evolution de la surface couverte** | | _ Système dynamique, toujours en mouvement en fonction de l'apport sédimentaire, de l'érosion éolienne |
| **Structure et fonction de l'habitat** | **Processus morphodynamiques** | **Intégralité de la structure typique des habitats** | | _ Observer l'organisation spatiale du système dunaire dans son ensemble ; si la succession des habitats (dune embryonnaire, dune vive, dune fixée, arrière dune boisée) est présente/inexistante, continue/fragmentée.<br>_ La disparition de l'une des structures du système peut être dû à des aménagements anthropiques (investigation agricole, construction portuaire,...), processus d'accrétion/érosion du littoral.<br>Peut indiquer un arrêt de l'apport sédimentaire éolien -> tassement du sol, changement des propriétés du substrat, forte connection/déconnexion avec la nappe d'eau salée -> changement du cortège végétal |
| | | **Connectivité écologique du peuplement** | **Station fragmentée par …** | Observer une homogénéité/fragmentation du peuplement à l'échelle du site et évaluer une évolution de l'évolution de la surface des placettes à l'aide d'anciennes photographies aériennes.<br>_ Observer si la station est fragmentée par des infrastructures humaines (chemins, routes, habitations, ...) |
| | | | **Station séparée d'une autre située à une centaine de mètres par …** | _ Observer si la station est séparée d'une autre station située à moins d'une centaine de mètres, et déterminer à l'aide d'anciennes photos si elles ne formaient pas à la base une seule et même station. |
| | | | **Station entourée par des infrastructures humaines** | _ Observer si la station est entourée par des infrastructures humaines (routes, chemins, habitations, terrains agricoles, ...) qui pourraient "bloquer" son évolution et son déplacement dans l'espace. |
| | | **Degré d'érosion éolienne** | | Observer la présence de traces d'érosion éolienne (forme de la dune, couloir de déflation, cuvette de déflation/caoudeyre), mise à nu des racines |
| | **Couverture végétale** | **Etat général des individus** | | Observer l'état du feuillage : vert/roussi, branches nues |
| | | **Pourcentage de recouvrement** | | Milieu ouvert/fermé<br>La proportion d'autres espèces (Filaire, Pistachier) indique une compétition plus ou moins importante |
| | | **Dynamique de renouvellement** | | Indiquer la proportion d'individus jeunes, âgés, morts |
| | **Composition floristique** | **Proportion d'espèces nitrophiles, halophiles** | | Observer la présence d'espèces qui pourraient indiquer la modification du cortège végétal et dont la présence est d'origine anthropique |
| | | **Proportion d'espèces déstructurantes** | | Observer la présence d'espèces allochtones envahissantes destructurantes |
| **Perspectives futures** | **Aires disposant de protection réglementaire (RNN, RNR, Réserves biologiques, Sites classés, Sites inscrits, APB, RNCFS, Espaces boisés classés) et/ou foncière (ENS, CENRL, CEN)** | | | Indiquer si l'habitat fait partie d'aires disposant de protections réglementaires et/ foncières qui pourraient avoir une influence sur sa pérennité |
| | **Espèces allochtones envahissantes** | | | Observer la présence d'espèces allochtones envahissantes qui pourraient avoir un impact sur les deux autres paramètres et donc sur la pérennité de l'habitat |

## 4.1. Paramètre « Surface couverte »

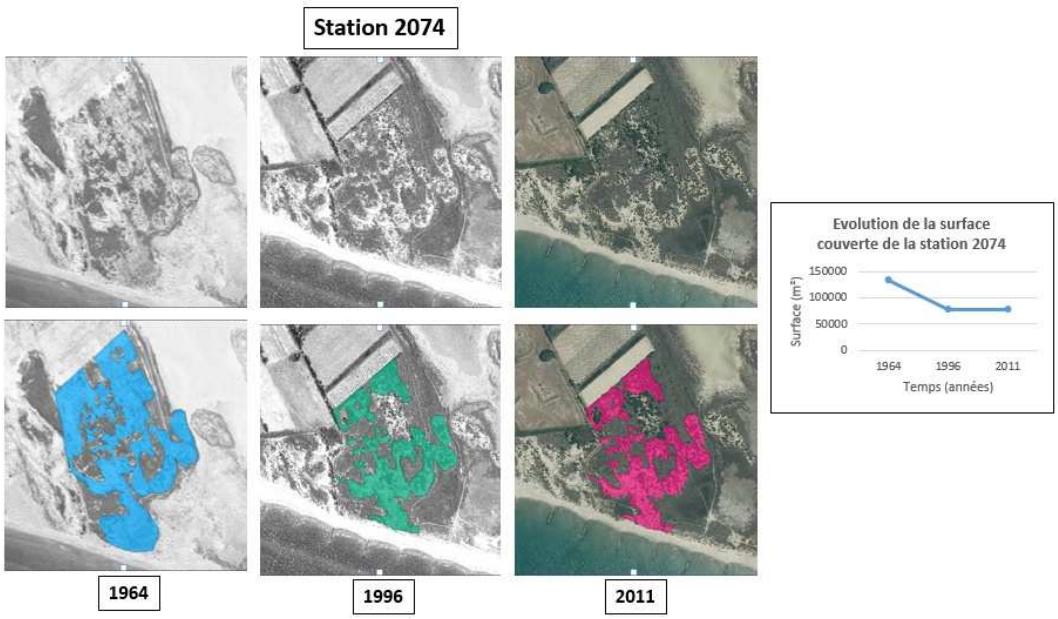
### 4.1.1. Indicateur « Evolution de la surface couverte »

Les dunes boisées à Genévrier de Phénicie font partie d'une mosaïque d'écosystèmes en interaction étroite et dont l'existence n'est permise que par un renouvellement régulier du sable. Il s'agit donc d'un système dynamique en perpétuelle évolution, nécessitant une certaine surface de liberté au sein de laquelle l'habitat peut se déplacer au gré des périodes d'accrétion et d'érosion éoliennes. Toute modification de cette dynamique, qu'elle soit environnementale ou anthropique peut entrainer une régression, voir une disparition de cet habitat fragile.

L'évaluation de la surface couverte semble donc être l'un des premiers critères à étudier, notamment par la mise en place d'un suivi sur le long terme afin d'obtenir une tendance évolutive qui permettrait de déterminer si l'habitat est stable, en progression ou en régression. La mise en évidence de cette tendance peut être réalisée en comparant des cartographies, des photographies aériennes actuelles et anciennes, ou à l'aide de dires d'expert et d'archives. La comparaison de différentes cartographies de l'habitat peut être rendue difficile, soit par des différences de saisie et de conception des cartographies lorsqu'elles ont été réalisées à des périodes différentes, soit parce qu'il n'existe qu'une seule voire pas de cartographie du site étudié.

Dans la présente étude, comme nous n'avions pas les informations nécessaires, nous avons essayé d'aller les chercher et de les créer par nos propres moyens. Nous avons donc récupéré des photographies aériennes anciennes sur le site internet du Géoportail que nous avons ensuite géoréférencé à l'aide du logiciel QGis. Nous avons sélectionné deux séries de photographies datant de 1964, afin d'avoir un aperçu du site avant la forte expansion de la commune du Grau du Roi associée à la Mission Racine, et de 1996 correspondant à la rédaction du DOCOB du SIC Petite Camargue. La seconde étape a été de réaliser une cartographie approximative des 30 stations à ces deux dates. Les superficies des deux nouveaux ensembles de polygones ont été comparées à celles des polygones de la cartographie ECOMED au travers d'un graphique de courbes de tendances réalisé sur Excel.

FIGURE 11 : EXEMPLE D'EVALUATION DE L'EVOLUTION DE LA SURFACE COUVERTE PAR LA COMPARAISON DE LA CARTOGRAPHIE DE LA STATION A TROIS DATES DIFFERENTES (1964, 1996 ET 2011)



Il faut bien noter que la cartographie des stations en 1964 et 1996 est approximative car réalisée directement sur la photo-aérienne, sans vérifications sur le terrain. La comparaison des superficies des polygones réalisée ci-dessous a donc ses limites.

## 4.2. Paramètre « Structures et fonction de l'habitat »

### 4.2.1. Critère « Processus morphodynamiques »

- **Indicateur « Intégralité de la structure typique des habitats »**

Les dunes boisées sont des écosystèmes, c'est-à-dire des systèmes ouverts possédant une communauté d'organismes interagissant avec un environnement physique spécifique, faisant partie d'un système plus large, le cordon dunaire, l'ensemble formant une mosaïque d'habitats en étroite interaction. La dune boisée est donc un élément du système dunaire et ne peut se former et exister que si la succession spatiale des autres habitats dunaires existe. Pour comprendre le choix de cet indicateur, il était donc nécessaire de revenir à la base même de la définition de ce qu'est un écosystème.

Nous pouvons donc imaginer qu'un habitat en bon état de conservation correspondrait à une unité écologique incluse dans la succession la plus complète et ordonnée des habitats du système dunaire. L'indicateur est donc basé sur la présence/absence et sur l'ordre de succession des différents habitats dunaires : la plage, la dune mobile embryonnaire, la dune mobile à *Ammophila arenaria subsp. australis* (dune blanche) et la dune fixée du *Crucianellion maritimae* (dune grise). Une inversion de cet ordre de succession serait un premier indice de modifications ayant affecté ou affectant les mécanismes morphodynamiques du cordon dunaire. Puis, viendront de façon graduelle dégressive, une succession incomplète ordonnée, suivie d'une succession incomplète désordonnée. Enfin, l'ajout d'une artificialisation des habitats et/ou d'une fragmentation de la continuité écologique par des activités/infrastructures anthropiques aurait un impact supplémentaire sur les fonctions écopaysagères du système par un isolement des habitats.

L'indicateur « Intégralité de la structure typique des habitats » consiste donc à observer l'organisation spatiale du système dunaire et à noter la présence/absence ainsi que l'ordre de succession des différents habitats, et si cette succession est tronquée ou non par des infrastructures humaines.

En partant du principe que les plantes se répartissent le long de la côte et à l'intérieur des terres en fonction de différents gradients environnementaux tels que la température, la teneur en sel de l'eau et du sol, l'humidité et les vents, la vérification de la présence d'espèces végétales représentatives des différents habitats dunaires peut être réalisée par des transects, soit sur le terrain, soit à l'aide d'une cartographie précise des habitats, orientés perpendiculairement au trait de côte, partant de la plage jusqu'à la station évaluée.

Pour faciliter les observations sur le terrain, une liste d'espèces indicatrices représentatives de la succession spatiale des habitats dunaires a été élaborée à l'aide de la littérature et de dires d'expert (cf. Annexe 5).

- **Indicateur « Connectivité écologique du peuplement »**

L'établissement d'infrastructures humaines autour ou au sein de la dune provoque irrémédiablement d'importantes modifications du cortège végétal par la dégradation ou la destruction de la végétation, et des modifications des processus morphodynamiques relatifs à l'arasement et au tassement du sable, ou à une modification de la composition du sol. Par exemple, l'édification d'un chemin va créer un « couloir » pouvant accentuer dans certains cas l'érosion éolienne et pouvant amener à une scission de la dune aboutissant à la création de deux nouvelles unités dunaires.

L'établissement de terrains agricoles, en plus de la destruction de la végétation et de la modification du relief, va altérer de façon plus ou moins importante les caractéristiques du sol et de la nappe phréatique notamment par l'utilisation de fertilisants et de pesticides. Ce genre d'infrastructures, tout comme les constructions en dur (habitations, bâtiments, …) vont entrainer une diminution de la « surface de liberté » de la dune, limitant ou empêchant son déplacement dans l'espace.

L'observation directe sur le terrain ou via des photographies aériennes de la présence d'infrastructures humaines fragmentant ou entourant l'habitat devra être spécifiée par une indication de présence/absence, et une précision sur le type de structure sera également à renseigner. Lorsque plusieurs stations très proches les unes des autres mais séparées par des infrastructures humaines seront observées, il sera intéressant de se demander si originellement elles ne formaient pas un seul et même habitat. Ceci pourra être vérifié par la comparaison de photographies aériennes actuelles et anciennes.

- **Indicateur « Degré d'érosion éolienne »**

Le vent a été reconnu comme étant l'un des principaux moteurs des processus morphodynamiques du système dunaire. L'édification, le remodelage, mais également la succession des différents habitats sont liés à la force et à l'intensité des vents. C'est pourquoi les dunes boisées qui se trouveraient trop exposées aux vents, soit par leur proximité avec le rivage en raison de l'érosion des côtes, soit parce que le premier cordon dunaire n'exercerait pas ou plus son rôle de protection, de par sa dégradation ou son absence, présenteraient un morcellement important. En effet, suivant leur orientation et leur intensité, les vents peuvent entrainer un déracinement des plus petites plantes mais également un déchaussement des espèces arbustives et arborescentes, mettant ainsi à nu le sable. Ce phénomène accentue l'érosion du substrat, créant des couloirs de déflation, cuvettes de déflation/caoudeyres, …

L'évaluation de ces processus d'érosion éolienne pourra être estimée visuellement par l'observateur sur l'ensemble de la station en fonction de trois seuils (d'après la méthode de Jean FAVENNEC mise en place lors d'un suivi des dunes domaniales par l'ONF en 2008) :

- « absent/faible » : pas d'érosion éolienne et/ou des amorces d'érosion, se traduisant par une « falaise » et des débuts de formation de couloirs de déflation
- « fort » : présence de « falaises » à larges couloirs de déflation avec début de formation de caoudeyres
- « très fort » : plusieurs caoudeyres larges de 30 à 50 m prolongées de pourrières

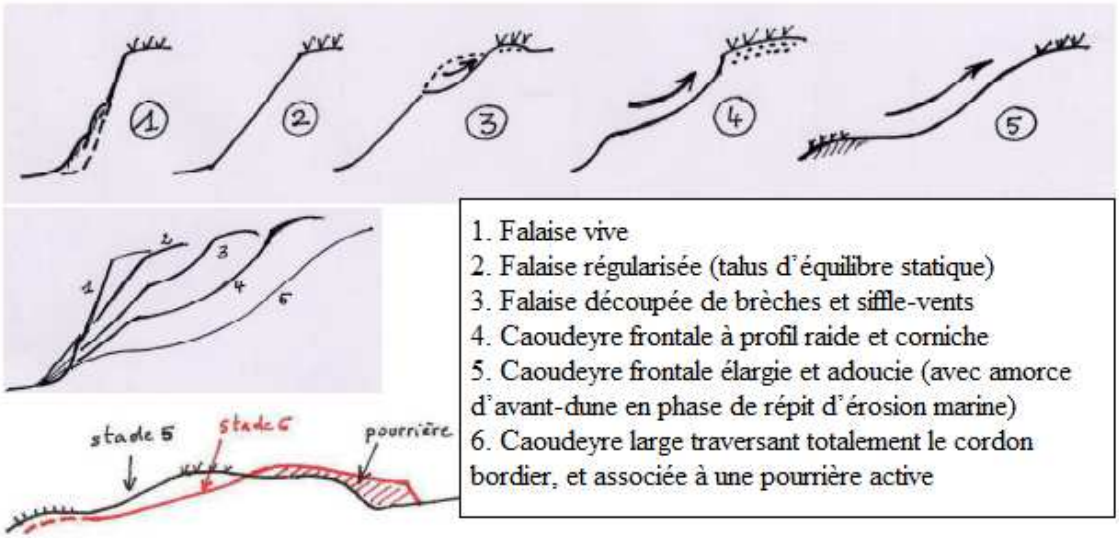



FIGURE 12 : SCHEMA DES DIFFERENTES ETAPES DE FORMATION D'UNE CAOUDEYRE (GOFFE, 2011)

### 4.2.2. Critère « Couverture végétale »

- **Indicateur « Etat général des individus »**

Le genévrier de Phénicie est un arbuste qui, en dehors de toute contrainte, présente un port dressé, très ramifié et arborescent, doté d'un houppier de feuilles verdoyantes avec une forme en aiguilles charnues et écaillées. Il s'agit d'une espèce xérothermophile et frugale qui se développe sur les milieux arides pauvres, lui conférant le statut d'espèce dominante des milieux dunaires. Par contre, étant une espèce halophobe, elle ne peut se développer que grâce à la surélévation du substrat et à la présence d'une lentille d'eau douce alimentée par les eaux de pluie et superposée à la nappe salée. La Junipéraie se développe donc de façon optimale sur des dunes assez élevées peu influencées par la nappe d'eau salée et relativement bien protégées des embruns.

Le substrat sableux doit également être régulièrement renouvelé par un apport éolien afin d'éviter l'asphyxie des racines par compaction du sol. Toute modification de la topographie, de la typologie du sol, de la balance eau douce/ eau salée, peut entrainer un dépérissement des genévriers et la modification du cortège végétal.

L'état des individus peut donc être évalué visuellement au niveau de chaque placette d'échantillonnage à l'aide de seuils relatifs à l'état du feuillage de chaque pied de genévrier, inspirés d'une étude réalisée par l'ONF en 2001 portant sur l'habitat naturel « fourré et bois à *Juniperus phoenicea subsp lycia* » :

- bonne vigueur : la majorité des individus présente un houppier à plus de 50% vert
- mauvaise vigueur : 50 à 70% des individus présentent un houppier à moins de 50% vert ; beaucoup de feuilles roussies, beaucoup de branches nues/mortes
- très mauvaise vigueur/mort : plus de 70% des individus présentent un houppier abimé, des branches mortes ; individus morts

- **Indicateur « Pourcentage de recouvrement »**

D'après les études de PARADIS (1991), et de MOLINIER et TALLON (1965) le stade climacique en milieu dunaire serait un fourré continu à *Juniperus phoenicea* de hauteur variable (<1m – 5m), qui dans de rare cas évoluerait vers une forêt basse dense. C'est généralement sur le haut des dunes que s'établit ce genre de formation, laissant les parties basses, pentes et dépressions aux faciès à lentisque et surtout à Phillyrea. Le faciès à Phillyrea étant le pré-stade de formation de la Junipéraie, sa présence ainsi que la présence dominante de lentisques, cistes ou romarins indiqueraient une dégradation de la forêt climacique à Juniperus phoenicea.

La détermination des valeurs seuils s'est basée sur ces études, sur des observations de terrain et de dires d'expert. L'évaluation du pourcentage de recouvrement peut donc être estimée visuellement au niveau de chaque placette :

- [70-90% (forêt basse dense/fourré continu) : formation arbustive/arborée constituée quasiment que de genévriers
- 40-70%[ (fourré discontinu) : formation arbustive difficilement pénétrable, constituée de genévriers et de quelques lentisques et Phillyrea, pouvant présenter des ouvertures
- <40% : formation très clairsemée n'étant composée que de très peu de genévriers

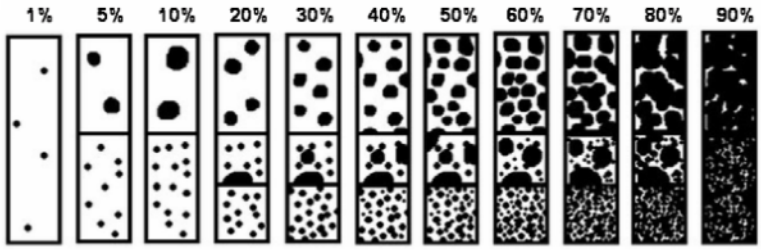



FIGURE 13 : CLASSES D'ESTIMATION DU POURCENTAGE DE RECOUVREMENT VEGETAL (CPER LR, 2013)

- **Indicateur « Dynamique de renouvellement »**

Lorsque l'ensemble des zones favorables de la dune est occupée par la Junipéraie, la densité du fourré empêche l'implantation et le développement de jeunes plants. Leur renouvellement ne peut donc se faire que lorsqu'un vieil individu meurt et laisse sa place, ou lorsque des conditions défavorables entrainent une ouverture du milieu. Il est parfois également possible d'observer le développement de plantules au pied ou en périphérie de la dune, au niveau de petites buttes surélevées.

La régénération de ce type d'habitat est donc très faible à court terme, mais peut être évalué de façon visuelle lors des relevés par placette à l'aide de trois tendances :

- Stable : Aucuns jeunes et individus morts ne sont observés
- Progressive : présence de jeunes individus (pieds monobrins compris entre 20 et 50 cm de hauteur (LARROQUE, 2001)
- Régressive : mort des individus adultes et pas de jeunes

### 4.2.3. Critère « Composition floristique »

- **Indicateur « Proportion d'espèces nitrophiles, halophiles »**

Tout changement du cortège floristique est un bon indicateur des pressions que peut subir un habitat. La présence d'espèces nitrophiles et/ou d'espèce halophiles peut par exemple refléter un changement au niveau de la qualité de la nappe d'eau douce. En effet, une modification de la balance eau douce/salée peut favoriser le développement d'espèces halophiles. La présence d'espèces nitrophiles pourra quant à elle être liée à une saturation de l'eau et des sols en nutriments et en azote pouvant être liée aux activités humaines (activités agricoles, engrais, …) ou à une forte fréquentation de l'habitat par la faune (grands ongulés, lapins, …).

Le genévrier étant une espèce halophobe et frugale adaptée pour vivre sur des milieux à fortes contraintes et avec peu de ressources serait donc très sensible à toute modification, même minime de la qualité des sols et/ou de la nappe d'eau douce.

Afin de déterminer le pourcentage d'espèces observées par placette, on calcule le ratio :

$$\frac{nombre\ d'espèces\ nitrophiles\ et\ halophiles\ observées}{nombre\ d'espèces\ totales}\ x\ 100$$

Pour se faire, une liste d'espèces non exhaustive a été élaborée à l'aide de dires d'experts (cf. Annexe 5). D'après la littérature, il sera admis qu'à partir d'un seuil de 10% d'espèces nitrophiles et/ou halophiles, l'impact sur l'état de conservation sera considéré comme fort (GOFFE, 2011).

- **Indicateur « Proportion d'espèces déstructurantes »**

La Junipéraie constitue le stade climacique des dunes boisées situées à proximité du littoral. Mais lorsque l'on s'éloigne du trait de côte et que l'on s'enfonce dans les terres, le Genévrier va peu à peu laisser sa place à d'autres types de boisements.

Au niveau des dunes marines du littoral, l'éloignement du trait de côte, la diminution de l'impact des embruns et de l'érosion éolienne associés vont favoriser l'établissement de *Pinus pinaster* et *Pinus pinea*. Il s'agit en effet d'espèces thermophiles, halophobes et frugales qui s'établissent sur les mêmes zones que les genévriers de Phénicie mais à l'abri des embruns car elles présentent une tolérance bien inférieure au sel, et également à l'abri de l'érosion éolienne qui empêche la maturation des sols (LARROQUE, 2002). L'établissement d'une pinède indique donc une modification des processus morphodynamiques propices au développement d'une Junipéraie et une déconnection de la dune avec le système dunaire.

Au niveau des dunes intérieures, la diminution des gradients de température et de salinité de l'eau et du sol, la diminution de la force des vents et l'augmentation de l'humidité vont entrainer une évolution vers un autre stade climacique caractérisé par la présence de chêne vert (*Quercus ilex*), de chêne kermès (*Q. coccifera*) et de chêne pubescent (*Q. pubescens*). La modification de la typologie des sols par l'apport d'alluvions par le fleuve permet également

à ce genre de boisement pourtant rare en Camargue de s'établir au niveau des dunes fluviatiles (MOLINIER et TALLON, 1965).

Le développement de ces espèces représente donc un indice de la modification du fonctionnement de l'unité dunaire. De plus, elles présentent un caractère déstructurant car elles vont favoriser ces modifications structurelles et fonctionnelles de l'écosystème et/ou la structure des communautés végétales par leurs importantes capacités de compétitrices.

L'évaluation de cet indicateur se faire à l'aide de relevés floristiques au niveau de placettes d'échantillonnage qui permettront de calculer le ratio :

$$\frac{nombre\ d'espèces\ destructurantes\ observées}{nombre\ d'espèces\ totales}\ x\ 100$$

Une liste des espèces déstructurantes a été élaborée sur dires d'experts. Il s(agit des différentes espèces de Pins (*Pinus pinea* et *Pinus pinaster*). D'après la littérature, il sera admis qu'à partir d'un seuil de 10% d'espèces déstructurantes, l'impact sur l'état de conservation sera considéré comme fort (GOFFE, 2011).

## 4.3. Paramètre « Perspectives futures »

Ce paramètre permet de regrouper les critères et indicateurs qui pourraient avoir un impact futur sur les deux autres paramètres, et donc sur la pérennité de l'habitat.

### 4.3.1. Indicateur « Espèces allochtones envahissantes »

Une espèce allochtone est une espèce introduite par l'homme, que ce soit de manière volontaire ou involontaire. Le problème se pose à partir du moment où ce genre d'espèce est capable de modifier les caractéristiques structurelles et fonctionnelles d'un écosystème et/ou la structure des communautés végétales par ces importantes capacités de compétitrices. Le caractère envahissant est également associé à une importante capacité de dispersion et à une prédation limitée.

Afin d'étudier cette problématique, il a été mise en place, en 2001, le programme « Plantes envahissantes » en Languedoc-Roussillon et en PACA géré par le CBNMED. Une liste d'espèces a ainsi été élaborée et accompagnée d'un système de hiérarchisation à trois niveaux de risques (faible, intermédiaire et fort) pour l'environnement lors de l'introduction d'espèces exotiques.

Cette liste nous a permis d'établir une liste d'espèces non exhaustive qui pourraient être observées au niveau de notre habitat. La présence et l'établissement de l'une de ces espèces pourrait entrainer à terme de profondes modifications, voir la disparition de notre habitat.
L'observateur devra donc indiquer au niveau de chaque placette d'échantillonnage s'il a observé ou non la présence de l'une de ces espèces.

#### 4.3.2. Indicateur « Aires disposant de protection réglementaire et/ou foncière »

Un site faisant partie d'une aire disposant de protections réglementaires (de type Réserves Naturelles Régionales, Réserves Naturelles Nationales, Réserves biologiques, Sites classés, sites inscrits, Aires de protection de Biotope, Réserves de Chasse et de Faune Sauvage, Espaces Boisés Classés, les Abords des monuments historiques, AVAP) disposera d'un statut de protection garanti par l'Etat et régi par le Code de l'environnement pouvant amener à la mise en place de mesures de protection et de gestion des milieux et espèces protégées y vivant.

La maîtrise foncière des territoires par certains organismes (les Conservatoires d'Espaces Naturels, le Conservatoire du littoral, le CG30 via les Espaces Naturels Sensibles) permet également de contribuer à la conservation du patrimoine naturel et/ou paysager. On peut donc imaginer que les milieux soumis à ces réglementations auront plus de chance de perdurer que s'ils appartenaient à des propriétaires privés qui ne seraient pas forcément au courant de la valeur écologique et patrimoniale de leurs biens, ou qui n'auraient pas forcément les moyens de les gérer et de les protéger, ou encore qui n'exerceraient pas des activités favorisant le maintien de la biodiversité au sein de leur propriété.

Ce statut doit donc être pris en compte par le gestionnaire au niveau de l'évaluation des perspectives futures en notant si la station fait partie d'une aire disposant d'une protection réglementaire ou foncière.

# 5. Paramètres, critères, indicateurs non retenus

## 5.1. Indicateurs relatifs à la structure et fonction de l'habitat

### 5.1.1. Indicateur « Présence d'espèces typiques »

Selon l'article 1 (e) de la Directive, l'état de conservation d'un habitat est dépendant du bon état de conservation de ses espèces typiques. L'un des compléments de la Directive (« Assessment, monitoring and reporting under Article 17 of the Habitats Directive : Explanatory Notes & Guidelines ») définit les espèces typiques comme devant être des indicateurs de l'état de l'habitat ; leurs exigences écologiques et leur spécificité doivent les rendre sensibles à tout changement des conditions du milieu et leur présence doit être indicatrice de la présence d'un grand nombre d'autres espèces spécifiques de l'habitat. Les cahiers d'habitats Natura 2000 fournissent une liste d'espèces indicatrices par type d'habitat, mais celle fournie pour les dunes littorales à *Juniperus spp* ne nous a pas paru pertinente.

Nous n'avons par ailleurs pas retenu cet indicateur car il nous est paru évident que la seule espèce réellement indicatrice au niveau de cet habitat n'était autre que le Genévrier de Phénicie. En effet, si le genévrier n'est pas présent, l'habitat n'est également pas présent.

### 5.1.2. Indicateur « Présence d'espèces faunistiques jouant un rôle dans la dispersion des baies de Genévrier »

Cet indicateur n'a pas été retenu tout d'abord parce qu'il a été difficile de trouver de la littérature traitant du sujet. Même s'il a été démontré que certaines espèces participaient à la dispersion des baies comme la grive, le merle ou encore le renard, il n'y a pas été trouvé d'espèces s'établissant exclusivement sur ce type de milieu et se nourrissant spécifiquement de baies de Genévrier de Phénicie.

De plus ce genre d'indicateur est difficile à étudier car la méthode d'échantillonnage est difficile à mettre en place et est très couteuse en temps.

### 5.1.3. Indicateur « Transport sableux éolien »

Le transport sableux éolien et le remodelage du substrat dunaire étant les principaux processus morphodynamiques permettant la formation du système dunaire, et plus particulièrement des dunes à *Juniperus spp.*, il nous semblait intéressant de mesurer les quantités de sables transportées et venant édifier nos dunes.

Cet indicateur n'a pas été retenu car il aurait nécessité une étude à part entière, de par le temps et les moyens qui auraient dû être mis en œuvre.

Il est tout de même intéressant de rappeler que des méthodes existent et ont déjà prouvées leur efficacité :

- les méthodes de pièges à sable permettant d'obtenir des mesures ponctuelles ; des pièges horizontaux de Bagnold (1954), des pièges verticaux cylindriques de Leathermann (1978) composés de deux ouvertures dont l'une est couverte d'un tamis à mailles fines captant les particules de sable, …

L'une d'entre elles a par ailleurs été élaborée par le Laboratoire de Géographie Physique Appliquée (LGPA) dans le cadre du programme LIFE au niveau du littoral charentais. Il s'agit d'un système de cônes inversés et emboîtés permettant de recueillir du sable transporté aussi bien en suspension, en roulage ou en saltation et en provenance de toutes les directions.

- la méthode des piquets consiste à disposer des piquets qui dépassent de 50 cm du sol. Il suffit d'aller mesurer à des intervalles temps définis la hauteur du piquet afin une éventuelle tendance d'accrétion ou d'érosion éolienne (PRAT, 2002).

## 5.2. Indicateurs relatifs aux perspectives futures

### 5.2.1. Indicateur « Enquête sur la perception de l'habitat des dunes littorales à Juniperus spp. par la population languedocienne et touristique »

Il serait intéressant de dresser un bilan de l'opinion publique au travers d'un questionnaire afin de mieux comprendre comment le système dunaire et plus particulièrement les dunes à genévriers sont perçus par la population. Cette démarche pourrait également servir à sensibiliser le public à la gestion et à la préservation de ces milieux.

Le principal objectif serait par exemple de voir si les gens trouvent un intérêt ou non à la protection de cet habitat et plus largement du littoral, s'ils trouvent qu'il faut renforcer les mesures de protection ou au contraire utiliser et aménager ces espaces pour autre chose, et enfin s'ils sont motivés à faire plus attention et à ne pas dégrader ces habitats lors de leurs différentes activités.

Il pourrait être tiré de cette démarche que si l'opinion publique est sensible à la préservation du littoral et des habitats d'intérêt communautaire associés, elle pourrait avoir un poids au niveau de la mise en place de mesure visant à la conservation de ces milieux. Il est donc possible d'imaginer qu'un habitat disposant d'une bonne opinion publique aurait des chances supplémentaires et une gestion adaptée à son maintien dans le temps.

Cet indicateur n'a pas été retenu car il aurait dû nécessiter une étude spécifique, et aurait pris trop de temps dans sa mise en place.

#### 5.2.2. Paramètre « Altérations »

Ce paramètre a été élaboré par Nathalie CARNINO afin de compléter celui sur la structure et fonction de l'habitat. Il est subdivisé en deux critères qui sont relatifs à des atteintes lourdes qui pourraient affecter la nature même de l'habitat et à des atteintes ayant un effet plus diffus sur le site. Ce paramètre n'a pas été retenu car l'information apportée aurait été redondante avec les indicateurs relatifs à notre paramètre « Structure et fonction de l'habitat ».

# 6. Méthodologie de la méthode d'évaluation

## 6.1. Système d'évaluation

Trois méthodes de notation sont à ce jour majoritairement utilisées pour évaluer l'état de conservation au niveau d'un site :

- une méthode basée sur la Directive, qui attribue comme note finale, la note du paramètre le moins bien noté
- une méthode basée sur le calcul de la moyenne des valeurs de chaque indicateur
- une méthode élaborée par le MNHN qui attribue une note dégressive à chaque indicateur, appliquée à un total initial de 100 points (système du « permis à points »). Le résultat total est comparé à une échelle de gradient d'état de conservation.

Nous avons souhaité rester fidèle à la méthode dite communautaire en évaluant l'état de conservation de l'habitat 2250 à l'échelle du site Natura 2000 au travers de l'étude de trois grands paramètres : la surface couverte, les structures et fonctions spécifiques, et les perspectives futures de l'habitat, évalués à l'aide de différents critères spécifiques, eux-mêmes évalués par l'observation et l'analyse de différents indicateurs sur le terrain.

Nous avons également choisi de suivre la méthode du paramètre le pire, stipulant que l'état de conservation d'un habitat est relatif à trois paramètres et que si l'un des trois n'est pas rempli, l'habitat n'est alors pas en bon état de conservation.

Le paramètre relatif aux perspectives futures est évalué à l'aide d'un système de tableau croisé s'inspirant du système des feux tricolores. Mais, ce système nous semblant trop pénalisant pour l'évaluation des deux autres paramètres car déclassant trop rapidement nos différentes stations, nous nous sommes inspirés de la méthode de notation de Nathalie CARNINO. Mais au lieu d'attribuer des notes régressives, nous avons établi un système de notation progressif qui nous semblait être une approche plus stimulante.

Les paramètres « surface couverte » et « structures et fonctions spécifiques » sont donc évalués à l'aide d'un gradient d'état de conservation converti en une échelle de notes croissantes, allant du plus mauvais état de conservation à l'état optimal de conservation de l'habitat.

FIGURE 14 : GRADIENT DE L'ETAT DE CONSERVATION

## 6.2. Etat de référence

L'état de conservation de chaque paramètre est évalué en comparant la note finale obtenue par rapport à une valeur seuil théorique. Comme il a été vu précédemment, cette valeur seuil correspond à un état de référence au-dessus duquel l'habitat est considéré comme étant en bon état de conservation. La définition de cet état de référence s'est basée uniquement sur des critères scientifiques, afin d'être la plus objective et la plus représentative possible. Pour se faire, nous nous sommes basés sur la littérature et sur des dires d'expert.

## 6.3. Terminologie retenue pour définir les différents états de conservation

En fonction de l'écart entre la valeur des paramètres évalués et la valeur de l'état optimal, différents état peuvent être attribués à notre habitat. Nous avons fait le choix de nous baser sur la terminologie des feux tricolores proposée par la Directive : état « favorable », « défavorable inadéquat » et « défavorable mauvais » (ou « inconnu » lorsque des données sont manquantes ou insuffisantes).

FIGURE 15 : AXE DE CORRESPONDANCE NOTE / ETAT DE CONSERVATION DES PARAMETRES

## 6.4. Du relevé à la note, à l'échelle des paramètres

Un système d'évaluation propre à chaque paramètre a été élaboré. Les données à renseigner pour chaque indicateur sont à relever sur le terrain ou à l'aide d'un support contenant l'information recherchée tel qu'une cartographie ou des photographies aériennes. Les données obtenues sont ensuite à comparer aux différentes valeurs seuils qui ont été élaborées pour chaque indicateur sur la base de la littérature, d'observations sur le terrain et de dires d'expert.

- **Paramètre « Evolution de la surface couverte »**

L'étude de ce paramètre se fait au travers d'un système de notation par barème qui a été mis en place par l'étude des tendances évolutives de la surface couverte de chaque station entre 1964 et 2011, et entre 1996 et 2011.

**Tableau de correspondance note/état de conservation du paramètre "Surface couverte"**

| Tendance entre 1964 et 2011 | Tendance entre 1996 et 2011 | Notes | Etat de conservation |
|---|---|---|---|
| régressive | régressive qui s'accentue | 0 | défavorable mauvais |
| régressive | régressive ne s'accentue pas, qui s'atténue | 1 | |
| régressive | stable | 2 | |
| régressive | progressive | 3 | |
| stable | stable | 5 | défavorable inadéquat |
| progressive | régressive | 7 | favorable |
| progressive | stable | 8 | |
| progressive | progressive qui ne s'accentue pas | 9 | |
| progressive | progressive qui s'accentue | 10 | |

FIGURE 16 : TABLEAU DE CORRESPONDANCE NOTE/ETAT DE CONSERVATION DU PARAMETRE « SURFACE COUVERTE »

- **Paramètre « Structure et fonction de l'habitat »**

Un système de notation par barème a été élaboré à l'aide de dires d'expert. Il s'agit d'un système gratifiant, l'étude de chaque indicateur permettant de rapporter un certain nombre de points en fonction du plus ou moins bon état observé, l'état favorable rapportant le maximum de points.

Il a été admis que tous les indicateurs n'affectaient pas de la même manière l'état de conservation de l'habitat. Les notes attribuées à chaque indicateur ont donc été pondérées afin de mieux de rendre compte de cette différence.

**Exemple** :

| Indicateurs | Seuils | Notes |
|---|---|---|
| **Pourcentage de recouvrement** | Forêt dense ou fourré continu : [70-90% | 10 |
| | Fourré discontinu 40-70%[ | 5 |
| | <40% | 0 |

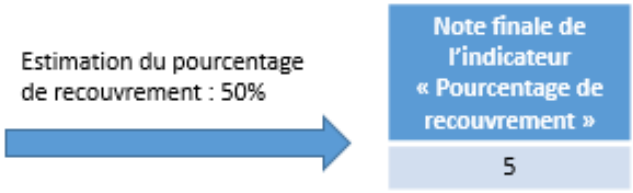



FIGURE 17 : DU RELEVE A LA NOTE PAR INDICATEUR POUR LE PARAMETRE "STRUCTURE ET FONCTION"

La somme de l'ensemble des notes obtenues pour chaque indicateur permet ensuite d'obtenir la note finale du paramètre « Structure et fonction de l'habitat **»**.

| Paramètre | Critères | Indicateurs | Seuils | Notes |
|---|---|---|---|---|
| **Structure et fonction de l'habitat** | **1** | **a** | [70-90% | 30 |
| | | | 40-70%[ | 15 |
| | | | <40% | 0 |
| | | **b** | <10% | 30 |
| | | | >10% | 0 |
| | | **c** | absent | 20 |
| | | | présent | 0 |
| | **2** | **d** | faible | 10 |
| | | | fort | 0 |
| | | **e** | progression | 10 |
| | | | régression | 0 |
| | **Note finale** | | | 15 + 30 + 0 + 10 + 0 = **55** |

FIGURE 18 : SOMME DES NOTES PAR INDICATEURS POUR OBTENIR LA NOTE FINALE DU PARAMETRE "STRUCTURE ET FONCTION DE L'HABITAT"

La note pondérée maximale obtenue est de 63/63. Par conséquent, pour pouvoir faire le report sur l'échelle de gradation ci-dessous, cette note est multipliée par 100 et divisée par 63. Ainsi, on obtient une note sur /100.

*<u>Exemple</u> (cf. figure 14) : la note obtenue est de 55/63 soit de 87/100.*

FIGURE 19 : AXE DE CORRESPONDANCE NOTE / ETAT DE CONSERVATION DU PARAMETRE "STRUCTURE ET FONCTION DE L'HABITAT"

Ainsi, la note obtenue est ensuite reportée sur l'échelle du gradient d'évaluation et permet de situer le paramètre au sein d'une catégorie d'état de conservation.

La détermination des valeurs seuils des catégories d'état de conservation, reportées sur l'axe ci-dessus, s'est basée sur celles de la méthode CARNINO et sur la courbe ci-dessous.

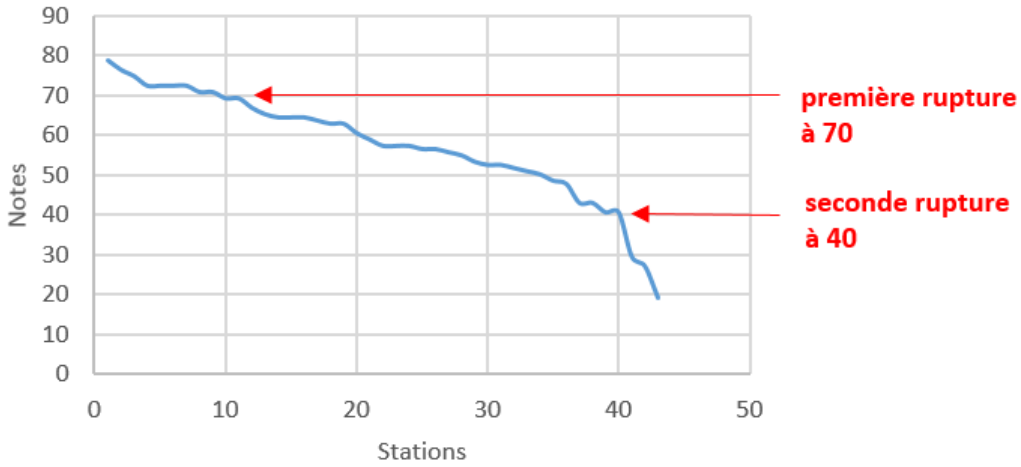



FIGURE 20 : COURBE DES NOTES OBTENUES PAR STATION

En effet, en étudiant la courbe des notes obtenues par station, il est possible d'observer deux ruptures au niveau de la continuité de la courbe. Or, ces deux points de rupture correspondent aux valeurs seuils proposées par la méthode CARNINO.

- **Paramètre « Perspectives futures »**

Les indicateurs retenus pour évaluer ce paramètre étant au nombre de deux, la détermination de l'état de conservation a été réalisée à l'aide d'un tableau croisé, la présence de deux indicateurs défavorables conférant un état défavorable mauvais, la présence d'un indicateur favorable et d'un défavorable induisant un état défavorable inadéquat, et enfin la présence de deux indicateurs favorables attribuant un état favorable à la station.

| | Protection réglementaire/foncière | Pas de protection |
|---|---|---|
| Présence d'espèces envahissantes | défavorable inadéquat | défavorable mauvais |
| Absence d'espèces envahissantes | favorable | défavorable inadéquat |

FIGURE 21 : TABLEAU DE CORRESPONDANCE NOTE/ETAT DE CONSERVATION DU PARAMETRE « PERSPECTIVES FUTURES »

# 7. Du relevé à la note d'état de conservation à l'échelle du site

Il est possible d'obtenir une note d'évaluation stationnelle de l'état de conservation à partir des informations relevées à l'échelle des placettes et de la station. L'ensemble des valeurs obtenues pour chaque station permettra ensuite d'obtenir une note globale de l'évaluation de l'état de conservation à l'échelle du site.

## 7.1. A l'échelle de la station

L'évaluation de l'état de conservation peut se réaliser dans un premier temps à l'échelle de la station. Chacun des trois paramètres est évalué, l'évaluation se faisant directement à l'échelle de la station pour les paramètres relatifs à la surface couverte et aux perspectives futures, et à l'échelle des placettes pour le paramètre « Structure et fonction de l'habitat ». La méthodologie d'attribution de l'état de conservation à l'échelle stationnelle est détaillée au paragraphe 2.2.4.

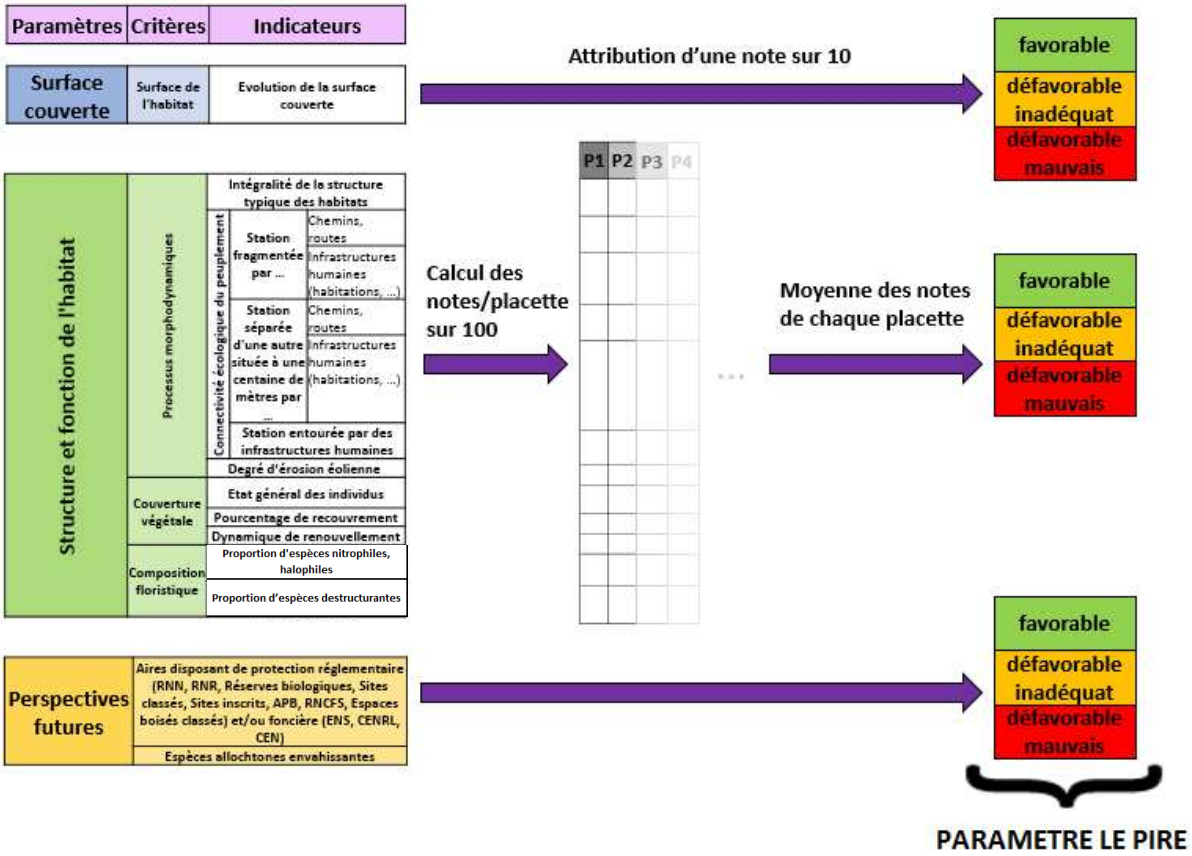



FIGURE 22 : DU RELEVE A LA NOTE PAR PARAMETRE A L'ECHELLE DE LA STATION

Les résultats obtenus à cette échelle peuvent servir d'outils d'aide à la gestion car ils permettent de situer les stations en plus ou moins bon état, mais également de cibler les facteurs ayant un impact important. Ces informations aideront le gestionnaire à améliorer ou à concentrer l'effort de gestion en fonction des secteurs et des facteurs impactant plus ou moins l'état de conservation des milieux.

## 7.2. A l'échelle du site

Dans un second temps, on élargit l'information apportée par chaque paramètre de l'ensemble des stations à l'échelle du site. Pour se faire, on calcule la moyenne des notes obtenues au niveau de chaque station pour les paramètres relatifs à la surface couverte et à la structure et fonction de l'habitat. Cette note permet ensuite de déterminer l'état de conservation de ces deux paramètres à l'échelle du site.
Pour le paramètre « Perspectives futures » on regarde le pourcentage de stations présentant un état favorable, défavorable inadéquat et défavorable mauvais, et on retient l'état qui a été le plus fréquemment observé sur l'ensemble des stations.

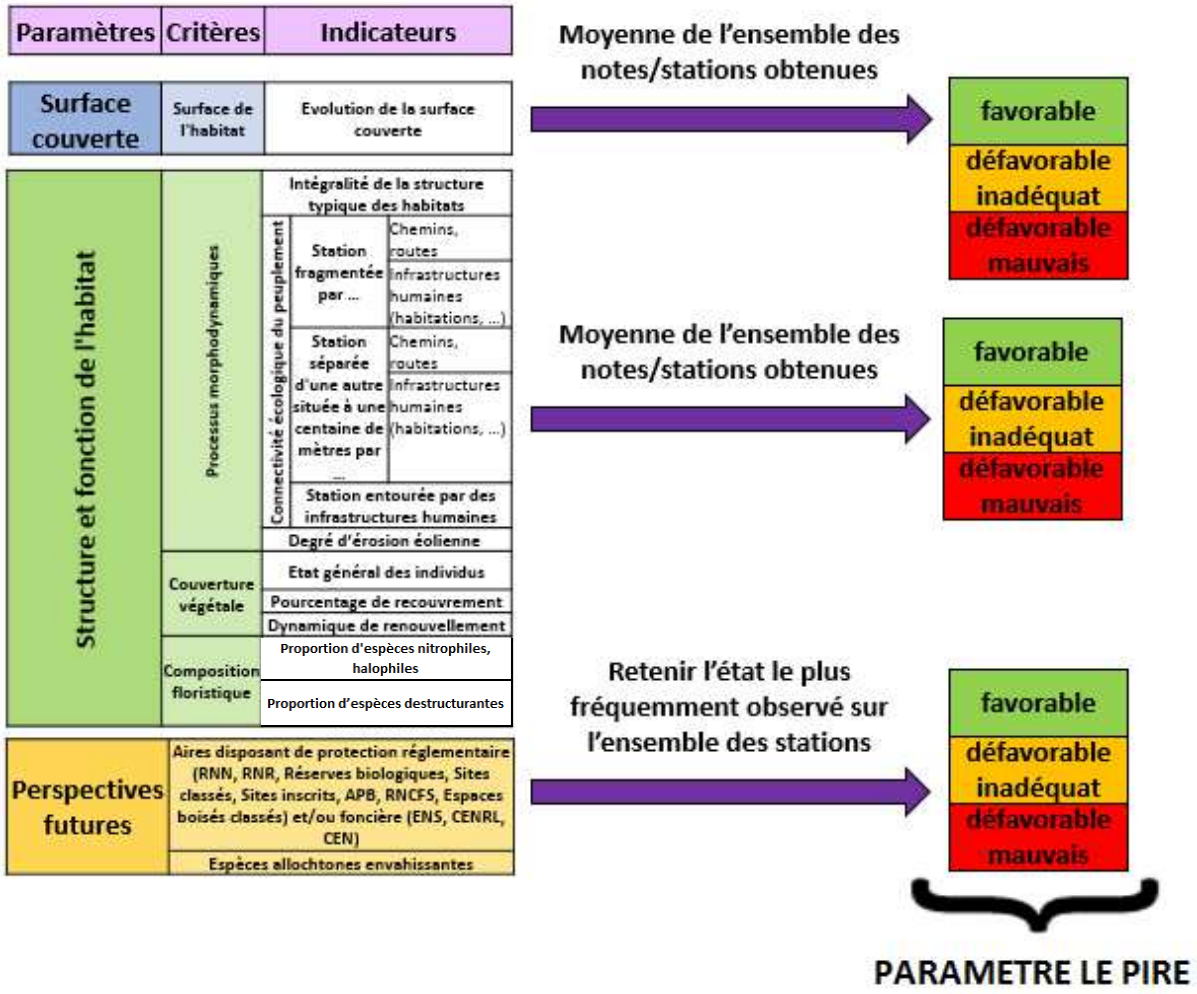



FIGURE 23 : DE LA NOTE STATIONNELLE A L'EVALUATION DE L'ETAT DE CONSERVATION A L'ECHELLE DU SITE

Le paramètre qui sera finalement le moins bien noté des trois définira l'état de conservation du site.

# IV. Résultats de l'évaluation de l'état de conservation des dunes littorales à *Juniperus spp*.

Nous avons échantillonné au total 30 stations, soit 49 placettes réparties sur l'ensemble du site Natura 2000. Notre méthode de tirage au sort nous a semblé représentative car elle nous avons obtenu un pool de stations aussi bien localisées au niveau des parcelles privées et communales de la Plaine de l'Espiguette, qu'au niveau de la propriété privée des Salins du Midi. Trois stations (2141, 2142 et 4705) n'ont pas été retenues pour la notation car aucun genévrier n'y a été observé. Les stations 2141 et 2142 présentaient des stigmates d'incendie avec des pins endommagés, très certainement dû à la présence d'une ligne électrique qui est régulièrement la cause de départs de feux au niveau de cette zone. Pour toutes les autres placettes et stations, l'ensemble des indicateurs ont pu être relevé et évalué à l'aide de la grille d'évaluation que nous avons élaboré.

## 1. Saisie et traitement des données

### 1.1. Saisie des données

Durant la période de terrain, les données ont été directement saisies sur des fiches de relevés terrain (Annexe 5) afin de fournir des informations générales (auteur, date, numéro de station, …) et d'obtenir les données brutes relevées pour chaque indicateur. Ainsi, si la méthode venait à évoluer et les seuils à être modifiés, les données brutes nous permettrait de ré-évaluer l'état de conservation des stations. Elles ont ensuite été numérisées sous la forme d'un tableau Excel.

### 1.2. Analyse statistique des données

Suite à la période de terrain, les données ont été analysées à l'aide de tests statistiques afin d'évaluer la corrélation éventuelle des indicateurs entre eux. En effet, nous souhaitions vérifier que nos indicateurs n'apportaient pas d'informations redondantes qui auraient pu appliquer une double pénalité au niveau de la notation. Nos indicateurs étant des variables qualitatives, et comme l'une des règles du test du $X^2$ d'indépendance n'était pas respectée, nos effectifs théoriques n'étant pas toujours supérieurs au seuil de 5, nous avons réalisé un test exact de Fisher à l'aide du logiciel R. Il en a été tiré qu'au seuil de signification de 5%, l'indicateur « dynamique de renouvellement » était corrélé aux indicateurs relatifs au degré d'érosion éolienne, à l'état général des individus et au pourcentage de recouvrement, et que le pourcentage de recouvrement était également corrélé à l'indicateur « Intégralité de la structure typique des habitats ». En baissant le seuil de signification à 1%, la corrélation n'a alors plus été significative qu'entre les indicateurs relatifs à l'état général des individus et la dynamique de renouvellement (Annexe 6).

Par manque de compréhension et par la difficulté d'intégrer ces résultats à notre étude, mais également parce que nous ne savions pas si cela impliquait de devoir choisir et supprimer l'un de ces deux indicateurs, nous les avons seulement doté d'une note et d'un coefficient identiques au niveau du barème de notation, dans l'objectif de ne pas perdre l'information qui nous semblait importante, donnée par chacun de ces indicateurs.

### 1.3. Analyse cartographique

Une couche SIG des 30 stations échantillonnées a été extraite et réalisée sur QGis à partir de la cartographie ECOMED, afin d'y intégrer les notes et l'état de conservation des paramètres de chacune des stations.

## 2. Résultats

### 2.1. Paramètre « Surface couverte »

De manière générale, les observations de changements les plus importants se font entre 1964 et 1996 (Annexe 7). La simple comparaison visuelle de la cartographie de 1964 avec celles de 1996 et de 2011 montre des évolutions majeures, observables facilement principalement au niveau des stations proches du trait de côte, avec des modifications morphologiques importantes (station 452), des pertes importantes de la surface couverte (station 2022), ou encore des migrations (station 4745). Au contraire, les stations situées plus à l'intérieur des terres semblent présenter des tendances évolutives plus stables voire progressives.
La proportion de stations présentant une tendance évolutive stable, progressive ou régressive est plus ou moins similaire. Le calcul de la moyenne de l'ensemble des notes obtenues par station confère donc un état de conservation **défavorable inadéquat** pour ce paramètre à l'échelle du site.

### 2.2. Paramètre « Structure et fonction »

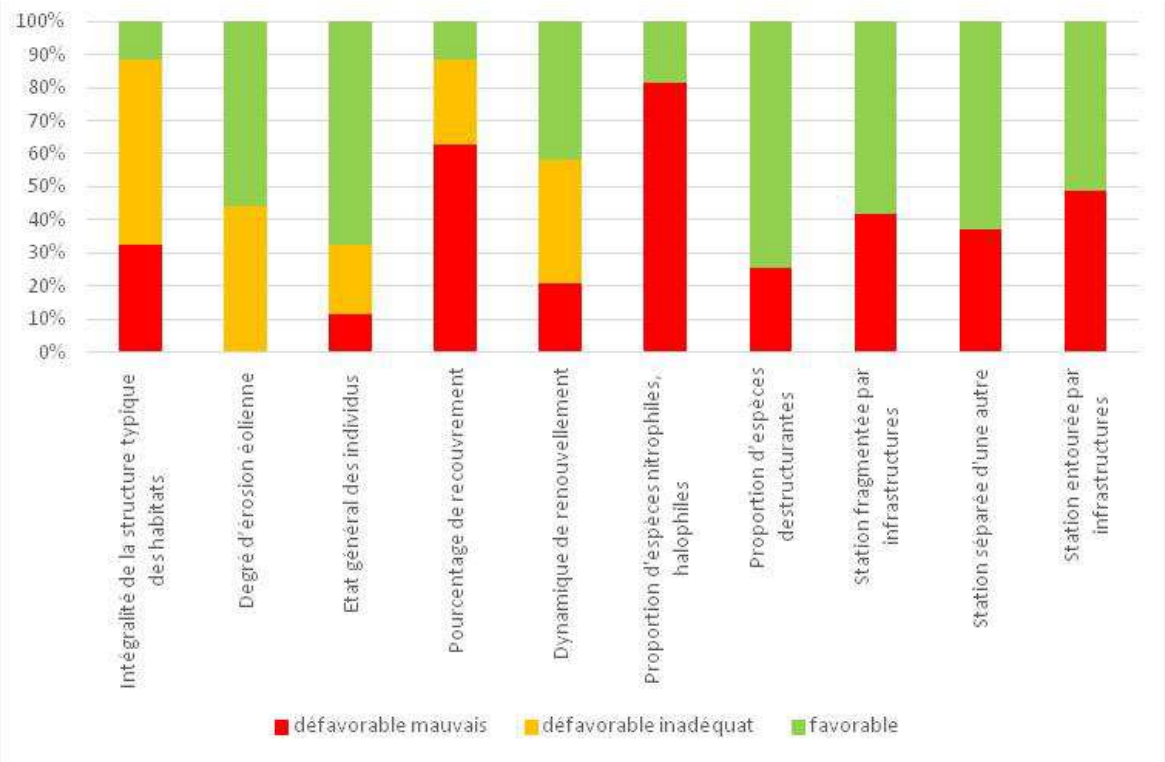



FIGURE 24 : FREQUENCE DES DIFFERENTS ETATS DE CONSERVATION EVALUES SUR L'ENSEMBLE DES STATIONS

La comparaison de la proportion de station présentant un état de conservation favorable, défavorable inadéquat et défavorable mauvais pour chacun des indicateurs du paramètre « Structure et fonction » nous a permis de mieux visualiser les facteurs les plus impactant au niveau du site.

Ainsi, nous pouvons observer qu'à l'échelle du territoire, l'état général des genévriers est globalement bon, et que la dynamique de renouvellement est majoritairement progressive ou stable. Le pourcentage de recouvrement est quant à lui plutôt faible avec seulement 10% des stations qui présentent l'état optimal censé être observé au niveau de cet habitat.

A l'échelle de la station, nous pouvons observer que la connectivité écologique du peuplement est impactée de façon assez importante par des infrastructures humaines. Quasiment la moitié des stations sont fragmentées, entourées ou séparées de stations voisines par des aménagements divers (habitations, chemins, friches agricoles, …). De plus, peu de stations (environ 10%) font partie d'un système dunaire présentant une succession complète et ordonnée.

A l'aide de l'outil d'analyse cartographique, nous avons pu observer et confirmer nos hypothèses selon lesquelles les stations les plus fortement touchées par l'érosion éolienne sont localisées juste en arrière du trait de côte. La situation n'est pourtant pas catastrophique car aucune des stations ne subit un très fort degré d'érosion éolienne qui pourrait nuire fortement à leur état de conservation.

FIGURE 25 : LOCALISATION DES STATIONS PRESENTANT UN FORT DEGRE D'EROSION EOLIENNE

Enfin, la grande majorité des stations (environ 75%) ne présente pas d'espèces déstructurantes ce qui est rassurant pour la pérennité de cet habitat, sachant que les seules espèces déstructurantes qui ont été observées sont les principales compétitrices du genévrier de Phénicie : les Pins. Par contre, près de 80% des stations possèdent une grande proportion d'espèces nitrophiles et halophiles.

Le calcul de la moyenne des notes obtenues par station a permis de définir l'état de conservation de ce paramètre comme étant **défavorable inadéquat**.

### 2.3. Paramètre « Perspectives futures »

Aucune espèce invasive n'a été observée sur les stations échantillonnées. Le critère pouvant faire basculer l'état de conservation de favorable à défavorable inadéquat n'a donc reposé que sur le foncier. Sur les 27 stations évaluées, 14 appartiennent à des propriétaires privés et 11 au Conservatoire du littoral. Deux se situent à cheval sur un terrain privé et un terrain appartenant au Conservatoire. Par principe de précaution, nous avons décidé de les évaluer comme étant en état défavorable inadéquat.

La majorité des stations étant en état défavorable inadéquat, l'état de conservation de ce paramètre à l'échelle du site a donc été évalué comme étant **défavorable inadéquat**.

### 2.4. Note finale à l'échelle du site

Les trois paramètres ont été évalués comme étant en état de conservation défavorable inadéquat. Par application du paramètre le pire, l'état de conservation de l'habitat dunes littorales à *Juniperus spp.* (2250) à l'échelle du site Natura 2000 « Petite Camargue » est donc défavorable inadéquat.

| PARAMETRES | ETAT DE CONSERVATION | EVALUATION DE L'ETAT DE CONSERVATION A L'ECHELLE DU SITE |
|---|---|---|
| **Surface couverte** | Défavorable inadéquat | Défavorable inadéquat |
| **Structure et fonction de l'habitat** | Défavorable inadéquat | |
| **Perspectives futures** | Défavorable inadéquat | |

TABLEAU 4 : EVALUATION DE L'ETAT DE CONSERVATION A L'ECHELLE DU SITE NATURA 2000 PETITE CAMARGUE

# V. Discussion

## • Limites de la méthode

Lors de cette étude, il nous a paru important d'étudier l'ensemble des caractéristiques de cet habitat ainsi que les facteurs écologiques et anthropiques qui pourraient affecter sa pérennité, en nous basant sur des critères scientifiques en dehors de toute considération politique ou sociale. En effet, ce dernier point ne doit être considéré que durant la réflexion et la mise en place d'opérations de gestion par le gestionnaire d'espaces naturels. Cependant, afin d'élaborer un outil d'aide à la gestion simple et peu couteux, nous avons essayé d'être le plus synthétique possible, en ne sélectionnant qu'un nombre restreint d'indicateurs qui nous paraissaient être les plus importants et les plus faciles à appliquer par le plus grand nombre. De plus, nous voulions qu'ils soient représentatifs de l'ensemble des facteurs pouvant affecter chacune des échelles de la biodiversité du milieu (individus, peuplement, paysage). L'évaluation systématique de l'ensemble des indicateurs sélectionnés nous semble donc être importante car elle permet d'obtenir une note objective et représentative des atteintes subies par l'habitat. La méthode ne se restreint pourtant pas à notre liste d'indicateurs car elle se veut évolutive en fonction des caractéristiques du site d'étude et des besoins du gestionnaire.

L'élaboration de cette liste d'indicateurs s'est basée sur une synthèse bibliographique importante, sur des dires d'expert et sur la base d'observations sur le terrain. Nous avons également organisé des visites, notamment au Bois de Rièges au sein de la Réserve Nationale de Camargue, mais également au niveau des dunes à Genévrier de Phénicie qui ont récemment été répertoriées au niveau du site du Grand Travers de la Grande Motte, afin d'avoir un aperçu global de l'habitat en dehors de notre site d'étude et afin de tester la grille d'évaluation. Cependant, à cause de la faible quantité d'informations bibliographiques et par le manque d'études réalisées sur le sujet, la pondération et les valeurs seuils ont été déterminées sur dires d'expert. Les résultats obtenus sont satisfaisants, mais l'impact de certains indicateurs est difficile à évaluer. Par exemple, étudier la succession et l'intégrité des habitats dunaires au travers de l'indicateur « Intégralité de la structure typique des habitats » semble être primordial pour évaluer si l'habitat est toujours connecté ou non à la dynamique dunaire. L'analyse des données a pourtant été limitée, car comprendre l'intégrité d'un tel habitat dans un système complexe tel que le système dunaire nécessiterait une étude à part entière.

Des tests statistiques ont également été appliqués sur les indicateurs afin d'évaluer une potentielle redondance des informations qu'ils fournissent et qui pourraient apporter une double pénalité au niveau de la notation. Cependant, des analyses statistiques plus poussées permettraient de confirmer, de compléter ou de moduler les résultats obtenus. De plus, étant la première étude réalisée sur cet habitat, nous n'avions pas de données auxquelles comparer les nôtres. Une seconde évaluation avec un expert sur l'ensemble des stations étudiées, permettra d'obtenir une base à laquelle comparer les données obtenues dans cette étude.

La méthode et la grille d'indicateurs ont été validées par des experts de l'ONF, de la DREAL LR et du CBN Med lors d'une réunion de présentation du stage. Il pourrait être intéressant

qu'à la suite de ce travail, une seconde étude soit mise en place avec un effort d'échantillonnage plus grand, ainsi que des analyses statistiques plus poussées afin, si besoin, de recalibrer les indicateurs et les notes et de valider la méthode présentée dans ce rapport. Il serait également intéressant qu'elle puisse être testée par d'autres gestionnaires d'espaces protégés afin de vérifier que la méthode est bien applicable en dehors du site d'étude.

Par ailleurs, il serait nécessaire de valider la stratégie d'échantillonnage mise en place, à l'aide de tests statistiques, afin de vérifier si le nombre de placettes défini par station a un impact sur l'évaluation de l'état de conservation à l'échelle du site. Ainsi, il serait intéressant de vérifier statistiquement le nombre de placettes nécessaires par stations, selon sa surface, pour atteindre notre objectif. A noter que sur les 7 stations à plusieurs placettes échantillonnées, seules 2 sont hétérogènes : l'état de conservation évalué à l'échelle de la placette n'est pas le même entre les 2 placettes de la station (favorable/défavorable inadéquat et défavorable inadéquat/défavorable mauvais), par conséquent la plupart des stations échantillonnées semblent être homogènes.

De même, la stratégie d'échantillonnage choisie dans cette méthode (tirage aléatoire des stations) a entrainé une faible représentation des dunes éloignées du rivage. Il pourrait être intéressant de voir s'il serait nécessaire de stratifier l'échantillonnage. Pour cela, il faudrait étudier si la distance à la mer influe sur le résultat et ne pas souhaiter prendre en compte cette influence.

De plus, la méthode mise en œuvre pour étudier le paramètre « évolution de la surface couverte » à l'aide de l'interprétation de photographies aériennes anciennes serait à affiner et à améliorer, afin de diminuer le biais lié à la personne qui cartographie les stations sur les photographies anciennes.

Le travail réalisé au cours de cette étude constitue donc une amorce proposant des bases solides qui pourront être améliorées au cours d'un travail complémentaire, des applications prochaines, des retours d'expérience et de l'avancée des connaissances au niveau de cet habitat.

- ## Application par le gestionnaire

L'intérêt de la méthode élaborée dans cette étude permet d'obtenir aussi bien une note au niveau de la station qu'au niveau du site et permet d'attribuer une valeur à chaque indicateur. Ainsi, le gestionnaire peut identifier les facteurs qui influent sur l'état de conservation de l'habitat et identifier les efforts de gestion à fournir et la localisation des stations concernées.
Au niveau du SIC de la Petite Camargue, nous pouvons par exemple observer que les facteurs qui affectent le plus l'état de conservation de l'habitat Dunes à genévriers sont la présence d'espèces nitrophiles et halophiles, un faible pourcentage de recouvrement de la population de Genévriers, l'importante proportion de stations fragmentées et/ou bloquée par des infrastructures humaines, et la très faible proportion de transects du système dunaire présentant une succession complète.

Des opérations de gestion au sein de système dunaire de l'Espiguette ont déjà été mises en place et devront être poursuivies, comme la restauration des friches agricoles qui a été menée sur les parcelles, appartenant au Conservatoire du littoral, des Baronnets à la Jeanine et de Terre Neuve. Ces terrains avaient été mis en culture durant les années 50, entrainant un arasement, une fragmentation et un drainage des systèmes dunaires. Ils ont ensuite été laissés à l'abandon, évoluant ainsi rapidement en friche agricole, favorisant l'implantation d'espèces végétales rudérales et déstructurantes et créant une rupture dans la continuité écologique du cordon dunaire. Dans le cadre du DOCOB « Petite Camargue » en 2007 et du programme Life + Lag'Nature en 2012, le SMCG a entrepris de réhabiliter ces zones en remettant du sable à disposition, en recréant du relief afin de permettre à la végétation typique des milieux dunaires de s'y réimplanter et en évacuant les espèces végétales envahissantes, les déchets et autres résidus de l'activité agricole. Cette action a donc permis d'améliorer le critère relatif à l'intégralité des habitats et de diminuer le recouvrement des espèces nitrophiles, halophiles et déstructurantes, et devra donc être poursuivie, notamment par exemple par l'acquisition foncière et la restauration de nouvelles parcelles.

La poursuite de l'optimisation de l'occupation de l'espace pourra permettre une amélioration des critères relatifs à l'intégralité des habitats et à la fragmentation des stations. Ainsi, une maitrise de la fréquentation sur les parcelles communales avec une canalisation du public et une mise en défens des stations particulièrement sensibles permettra de limiter la fragmentation et la détérioration des habitats dunaires. La mise en place de ganivelles et leur entretien pourra également être poursuivi sur les zones fortement fréquentées pour consolider les cordons dunaires, canaliser la fréquentation et ainsi préserver les habitats dunaires boisées.

De plus, le travail mené par le SMCG sur la mise en place d'une stratégie globale de lutte contre les espèces exotiques envahissantes déstructurantes devra également être poursuivi. Toutes ces actions doivent être accompagnées de campagnes de sensibilisation à la préservation des habitats dunaires de la population locale et touristiques, mais également des acteurs locaux et des propriétaires privés.

Enfin, il est à noter que certains de ces critères ne sont pas des résultantes directes de la gestion, mais de facteurs naturels non contrôlables par la gestion, liés à l'histoire et à la dynamique du Delta du Rhône. L'érosion marine en fait partie et est actuellement au centre des préoccupations. D'importants travaux de réhabilitation du second cordon dunaire au niveau du massif de l'Espiguette vont démarrer en octobre 2014 jusqu'en février 2015. C'est dans le cadre du Contrat de Projet Etat-Région, et en tant qu'animateur de l'Opération Grand Site Camargue gardoise, que le SMCG a réalisé les études préalables à ces travaux de réhabilitation. Ce projet vise à recréer une connexion entre les cordons dunaires de seconde ligne, et, à terme, permettra de recréer une barrière naturelle contre les submersions marines et une protection des écosystèmes dunaires.

Il pourra être intéressant de réactualiser la cartographie des habitats d'intérêt communautaire du site de l'Espiguette d'ici quelques années, avec une application, en parallèle, de cette méthode d'évaluation de l'état de conservation, afin d'avoir un aperçu de l'impact des travaux de réhabilitation du second cordon dunaire sur ces milieux naturels et en particulier sur l'habitat Dunes à Genévriers.

- **Mise en perspective de l'évaluation locale à l'évaluation nationale**

La synthèse et la mise en commun des données locales, en cas d'application de la méthode par plusieurs gestionnaires, pourrait alimenter une future réflexion sur l'intégration des études locales à l'échelle nationale, afin de permettre d'avoir un aperçu de l'évolution des habitats à l'échelle nationale par zone biogéographique, dans l'objectif de surveiller et d'évaluer l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire.

A l'échelle européenne, les données obtenues localement permettent d'avoir une vision globale de l'état de conservation des habitats et de vérifier si les objectifs de la politique communautaire sont atteints.
Elles permettent également d'avoir un aperçu des principales menaces affectant les grands ensembles d'habitats. Par exemple, suite à la première campagne d'évaluation, il s'est avéré que la très grande majorité des habitats littoraux, marins et côtiers étaient en état de conservation défavorable mauvais ou inadéquat dû essentiellement à la diminution de leur aire de répartition, mais également à cause des pertes de surface et de la dégradation de leur fonctionnement en raison des fortes pressions touristiques et de l'urbanisation.

# VI. Conclusion

La présente étude a permis d'aboutir à une méthode d'évaluation de l'état de conservation standardisée, fondée sur une liste réduite mais pragmatique de critères et d'indicateurs assez simples à relever, et directement applicables par le plus grand nombre. Comme il a été présenté dans la discussion, cette étude demande à être complétée, en affinant le protocole sur les comparaisons de photos aériennes, en réalisant des analyses statistiques plus poussées, afin d'étudier la marge d'erreur obtenue et de voir le cas échéant comment la réduire, et afin d'évaluer la nécessité de multiplier les stations ou de réaliser un nombre plus important de placettes par station.

Cependant, ces éléments peuvent déjà apporter une aide précieuse aux gestionnaires d'espaces naturels et contribuer à enrichir les connaissances globales sur l'état de cet habitat dunaire.

A l'échelle du Site Natura 2000 de Petite Camargue, elle a permis de conclure que l'habitat Dunes littorales à *Juniperus spp* est en état de conservation défavorable inadéquat car ses trois paramètres ont été évalués défavorables inadéquats, alors qu'à l'échelle nationale, cet habitat avait été évalué en 2013 comme étant en état défavorable mauvais, avec une aire de répartition favorable, une surface et des structures et fonction défavorables inadéquats et des perspectives futures défavorables mauvaises. La différence des deux appréciations est liée au paramètre « perspectives futures ».

La poursuite des nombreuses actions déjà mises en place par les gestionnaires sur le littoral du Grand Site de France Camargue gardoise permettra de maintenir et, si possible, d'améliorer l'état de conservation des milieux dunaires remarquables du site de l'Espiguette.

# BIBLIOGRAPHIE


ARGAGNON, O. *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, Janvier 2012, 13 p.

*Assessment, monitoring and reporting under Article 17 of the Habitats Directive : Explanatory Notes & Guidelines - Final draft*. European Commission, 2006, 61 p.

BENSETTITI, F., PUISSAUVE, R., LEPAREUR F., TOUROULT, J. et MACIEJEWSKI, L. *Evaluation de l'état de conservation des habitats et des espèces d'intérêt communautaire - Guide méthodologique - DHFF article 17*. Service du Patrimoine Naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, 2012, 119 p.

BINNERT, C. *Stratégie d'évaluation et de suivi de l'état de conservation des zones tourbeuses d'altitude - Le cas de la réserve naturelle nationale de Nohèdes*. Mémoire. Sciences. 2012. AgroParisTech ENGREFF

CARNINO, N. *Etat de conservation des Habitats d'Intérêt Communautaire à l'échelle du site - Méthode d'évaluation des habitats forestiers*. ONF, 2009

FAVENNEC, J. Connaissance et gestion durable des dunes de la côte atlantique. ONF, 2002, 380 p.

FIERS, V. *Etudes scientifiques en espaces naturels – Outils de Gestion et de planification – Cahiers techniques n°72*. Réserves Naturelles de France, 2003

*Gérer durablement le Littoral - Etudes stratégiques et prospectives sur l'évolution des risques littoraux - MODULE 2 : Stratégies d'adaptation*. Rapport CPER Languedoc-Roussillon, Volet Littoral 2007-2013

GAUSSEN H., 1968, *in* LARROQUE, B., COURDIER, J-M., ZERAIA, L. et MEUNIER, C. *Etude floristico-écologique de l'habitat naturel « fourré et bois à Juniperus phoenicea subsp Lycia » - Mise en place d'un protocole de suivi sur le littoral gardois*. ONF, 2001, 49 p.

GOFFE L. *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. Museum National d'Histoire Naturelle / Office National des Forêts / Conservatoire Botanique National de Brest, 2011, 67 p.

KLESCZEWSKI, M. *Evaluation de l'état de conservation des habitats naturels d'intérêt communautaire contractualisés en Lozère (échelles de l'habitat et de l'unité de gestion) - Guide méthodologique à l'usage des opérateurs*. Guide méthodologique « Évaluation de l'état de conservation d'habitats IC ». CEN-Languedoc-Roussillon, 2012

LARROQUE, B. *Diagnostic de gestion des pinèdes à Pin pignon et Pin maritime sur les propriétés de la commune du Grau du Roi et du Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres – Mise en place d'un protocole de suivi*. ONF, 2002, 50 p.

LARROQUE, B., COURDIER, J-M., ZERAIA, L. et MEUNIER, C. *Etude floristico-écologique de l'habitat naturel « fourré et bois à Juniperus phoenicea subsp Lycia » - Mise en place d'un protocole de suivi sur le littoral gardois*. ONF, 2001, 49 p.

LEBRETON, 1981, *in* LARROQUE, B., COURDIER, J-M., ZERAIA, L. et MEUNIER, C. *Etude floristico-écologique de l'habitat naturel « fourré et bois à Juniperus phoenicea subsp Lycia » - Mise en place d'un protocole de suivi sur le littoral gardois*. ONF, 2001, 49 p.

LEJEUNE, R. *Mise à jour de l'inventaire et de la cartographie des habitats naturels du SIC FR9101406 « Petite Camargue »*. ECOMED, 2011

LEPAREUR, F., BERTRAND, S., PAPUGA, G. et RICHEUX, M. *État de conservation de l'habitat 1150 « Lagunes côtières », Méthode d'évaluation à l'échelle du site - Guide d'application -Version 1*. Rapport SPN 2013-14, Muséum National d'Histoire Naturelle/Service du Patrimoine naturel, Pôle-relais lagunes méditerranéennes /CEN-LR, 2013, 107 p.

LEY DE LA VEGA, C., FAVENNEC, J., GALLEGO-FERNANDEZ J., et PASCUAL VIDAL, C. (eds) (2012). *Conservation des dunes côtières - Restauration et gestion durables en Méditerranée occidentale*. UICN, Gland, Suisse et Malaga, Espagne. 124 p.

MACIEJEWSKI, L., SEYTRE, L., VAN ES, J., DUPONT, P. et BEN-MIMOUN K. *Etat de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Guide d'application. Version 2*. Rapport SPN 2013-16, Service du patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, 2013, Paris, 179 p.

MANDIN, J.-P. *Régénération des populations de genévriers de Phénicie*. Société Botanique de l'Ardèche, Conseil Scientifique de la Réserve naturelle nationale des gorges de l'Ardèche, 2010 http://biologie.ens-lyon.fr/ressources/Biodiversite/Documents/la-plante-du-mois/regeneration-des-populations-de-genevrier-de-phenicie/

MOLINIER, R. et TALLON, G. *Etudes botaniques en Camargue*. 1965, p. 6-185

*Note to the Habitats Committee - Assessment, monitoring and reporting of conservation status – Preparing the 2001-2007 report under Article 17 of the Habitats Directive (DocHab-04-03/03 rev.3).* – European Commission, DG Environment, 2005, Brussels, 10 p. + annexes.

ORAIN, A. *Cartographie et évaluation de l'état de conservation des habitats naturels terrestres des forêts domaniales de l'Homol, du Rouvergue et du Mas de l'Ayre*. Rapport. Sciences. 2011. Université de Pau et des Pays de l'Adour

PIAZZA C. et PARADIS G. *Essai de présentation synthétique des végétations chaméphytique et phanérophytique du littoral sableux et sablo-graveleux de la Corse (classes des Helichryso-Crucianelletea, Cisto-Lavanduletea et Quercetea ilicis)*. Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest, nouvelle série, tome 29, 1998, p. 109-168

PRAT M.C. Transferts sableux, échanges entre plage et dune, bilan sédimentaire *in* FAVENNEC, J. Connaissance et gestion durable des dunes de la côte atlantique [page 37-49] ONF, 2002, 380 p.

*Programme d'aide à la mise en valeur des forêts privées - Cahier d'instructions techniques - Partie II Section 7 Entretien, version 2014*. Agence des forêts privées de l'Outaouais, 2014

REY, T. *Dynamiques hydro-sédimentaires en Petite Camargue à l'Holocène*. Thèse, 2006, Université Montpellier III - Paul Valery

REY, T., LEFEVRE, D. et VELLA, C. *Données nouvelles sur les lobes deltaïques du paléogolfe d'Aigues-Mortes à l'Holocène (Petite Camargue, France)*. Quaternaire, 16, (4), 2005, p. 329-338

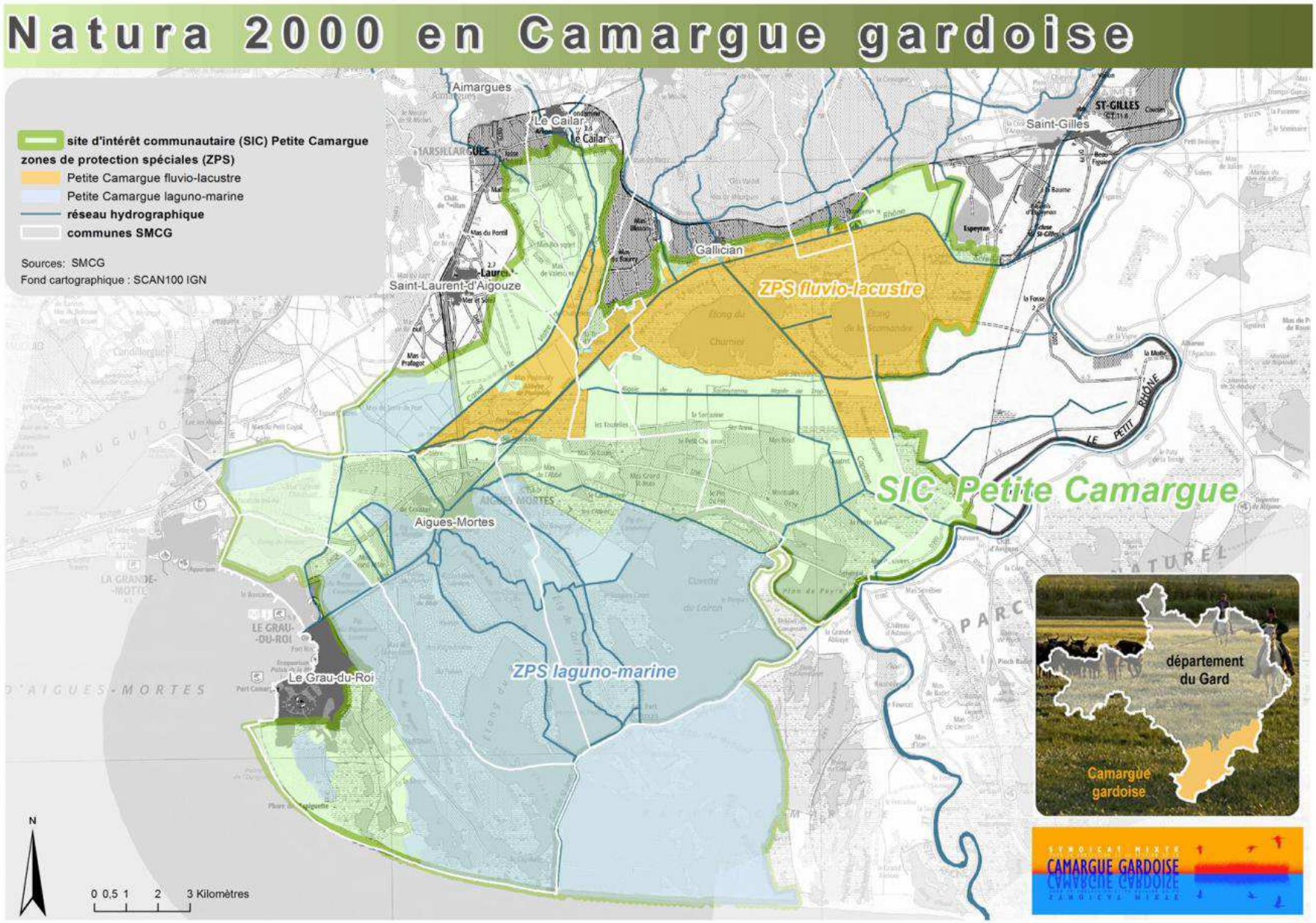
THOMAS, R., BUSTI D. et MANDIN, J.-P. *Le Genévrier de Phénicie parmi les genévriers de France*. Département de Biologie de l'Ecole Normale Supérieure de Lyon, 2010
http://biologie.ens-lyon.fr/ressources/Biodiversite/Documents/la-plante-du-mois/le-genevrier-de-phenicie-parmi-les-genevrier-de-france/

SAMAT, O. *Efficacité et impact des ouvrages en enrochement sur les plages microtidales - le cas du Languedoc et du delta du Rhône*. Mémoire. Sciences. 2007. Université Aix-Marseille I

SMCG (CONSTANTIN, P.) Restauration du Massif dunaire de l'Espiguette. CPER, 2007-2013, 109 p.

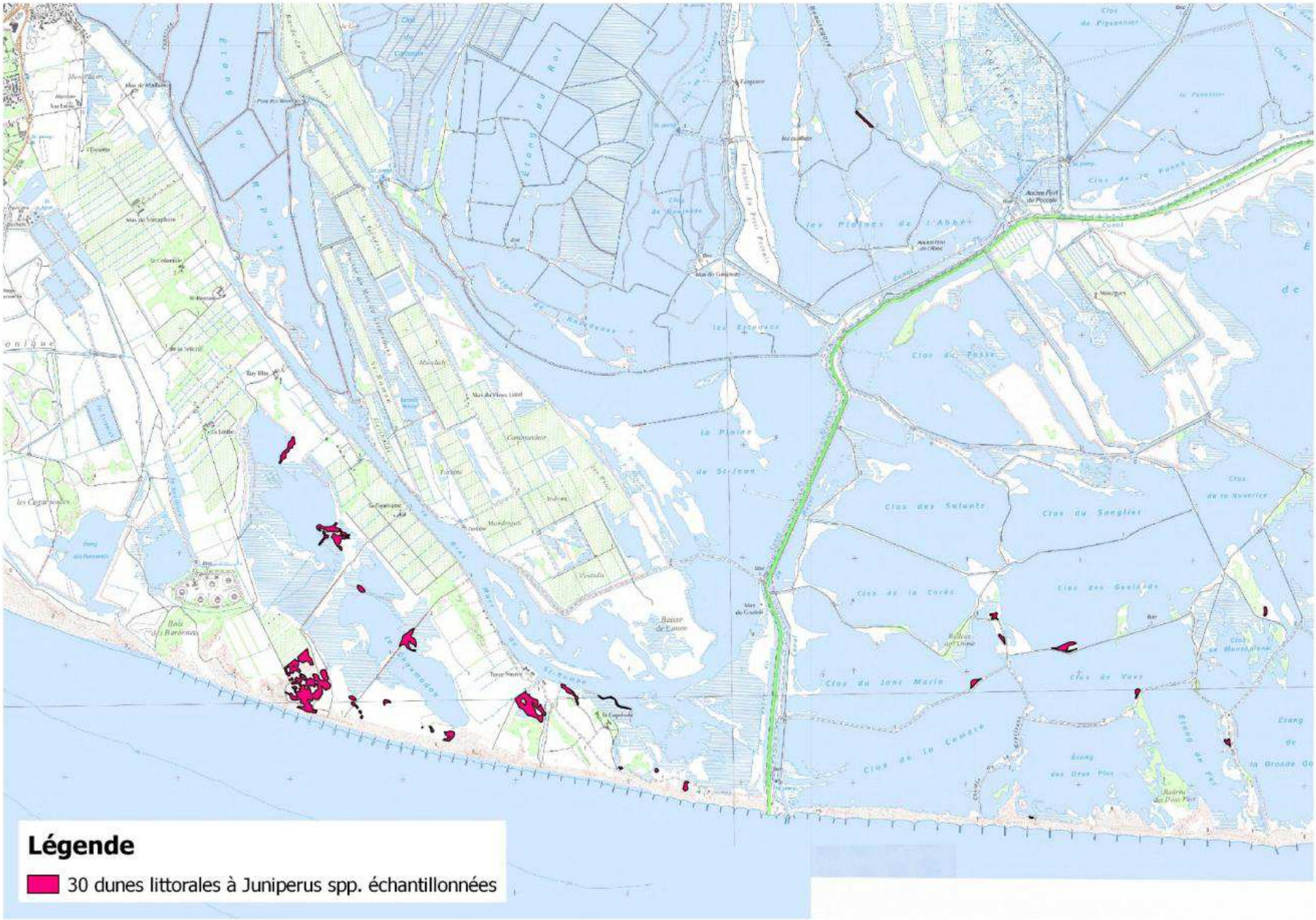
# ANNEXES

**Annexe 1 : Périmètre SIC « Petite Camargue »**



**<u>Annexe 2 :</u> Localisation des HIC Dunes littorales à *Juniperus spp.***

**<u>Annexe 3 :</u> Localisation des 30 stations sélectionnées**



**<u>Annexe 4 :</u> Grille d'indicateurs (pour la notation des paramètres « surface » et « perspectives futures », se référer à la méthode décrite dans le paragraphe III- 6.4.)**

| Paramètres | Critères | Indicateurs | | Méthode de collecte | Echelle de collecte | Seuils | Notes par indicateur | Coefficient |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Surface couverte | Surface de l'habitat | **Evolution de la surface couverte** | | Comparaison diachronique (SIG, photo aériennes, GPS) | Station | stable/progression | | |
| | | | | | | régression | | |
| Structure et fonction de l'habitat | Processus morphodynamiques | **Intégralité de la structure typique des habitats** | | SIG, estimation visuelle | Station | Succession complète ordonnée | 10 | 0,5 |
| | | | | | | Succession complète désordonnée | 5 | |
| | | | | | | Succession incomplète ordonnée | 5 | |
| | | | | | | Succession incomplète désordonnée | 5 | |
| | | | | | | Succession tronquée | 0 | |
| | | **Connectivité écologique du peuplement** | **Station fragmentée par ...** Chemins, routes | SIG, estimations visuelles | Station | absence | 2 | 1 |
| | | | | | | présence | 0 | |
| | | | **Station fragmentée par ...** Infrastructures humaines (habitations, ...) | | | absence | 2 | 1 |
| | | | | | | présence | 0 | |
| | | | **Station séparée d'une autre située à une centaine de mètres par ...** Chemins, routes | | | absence | 2 | 0,5 |
| | | | | | | présence | 0 | |
| | | | **Station séparée d'une autre située à une centaine de mètres par ...** Infrastructures humaines (habitations, ...) | | | absence | 2 | 0,5 |
| | | | | | | présence | 0 | |
| | | | **Station entourée par des infrastructures humaines** | | | absence | 2 | 1 |
| | | | | | | présence | 0 | |
| | | **Degré d'érosion éolienne** | | Estimations visuelles | Station | faible | 10 | 1 |
| | | | | | | fort | 5 | |
| | | | | | | très fort | 0 | |
| | Couverture végétale | **Etat général des individus** | | Estimation visuelle | Placette | bonne vigueur | 10 | 1 |
| | | | | | | mauvaise vigueur | 5 | |
| | | | | | | mort | 0 | |
| | | **Pourcentage de recouvrement** | | Estimation visuelle | Placette | ]70-90% | 10 | 1 |
| | | | | | | ]0-70%[ | 5 | |
| | | | | | | <40% | 0 | |
| | | **Dynamique de renouvellement** | | Estimation visuelle | Placette | stable/progressif | 10 | 1 |
| | | | | | | régressif | 0 | |
| | Composition floristique | **Proportion d'espèces nitrophiles, halophiles** | | Relevés floristiques | Placette | <10% | 10 | 0,5 |
| | | | | | | >10% | 0 | |
| | | **Proportion d'espèces destructurantes** | | Relevés floristiques | Placette | <10% | 10 | 0,5 |
| | | | | | | >10% | 0 | |
| Perspectives futures | Aires disposant de protection réglementaire (RNN, RNR, Réserves biologiques, Sites classés, Sites inscrits, APB, RNCFS, Espaces boisés classés) et/ou foncière (ENS, CENRL, CEN) | | | | Station | possède un statut | | |
| | | | | | | ne possède aucun statut | | |
| | Espèces allochtones envahissantes | | | Relevés floristiques | Placette | présence | | |
| | | | | | | absence | | |

## Annexe 5 : Exemple de fiche de relevé de terrain

| FR9101406 - Petite Camargue | | |
|---|---|---|
| EUR27 | 2250 | Dunes littorales à Juniperus spp |
| Cahiers d'habitats Natura 2000 | 2250.1 | Fourrés à Genévriers sur dunes |
| CORINE Biotopes | 16.272 | Bois à Juniperetum lyciae |

| | |
|---|---|
| Organisme | |
| Auteur du relevé | |
| N° station | |
| Date | |

| Coordonnées GPS | |
|---|---|
| Latitude X | |
| Longitude Y | |

**Schéma de la station**

### CARACTÉRISTIQUES DE LA STATION

**Processus morphodynamiques**

| Connectivité écologique du peuplement | |
|---|---|
| Station fragmentée par ... | |
| Chemins, routes | |
| Infrastructures humaines (habitations, ...) | |
| Station séparée d'une autre située à une centaine de mètres par ... | |
| Chemins, routes | |
| Infrastructures humaines (habitations, ...) | |
| Station entourée par des infrastructures humaines | |
| >70% | |
| 30-70% | |
| <30% | |
| Remarques : | |

| Degré d'érosion éolienne | |
|---|---|
| absent/faible | |
| fort | |
| très fort | |
| Remarques : | |

**Couverture végétale**

| Pourcentage de recouvrement | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [70-90% (forêt basse dense/fourré continu) | | | | | | | | | | |
| 40-70%[ (fourré discontinu) | | | | | | | | | | |
| <40% | | | | | | | | | | |
| Remarques : | | | | | | | | | | |

| Etat général des individus | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| bonne vigueur | | | | | | | | | | |
| mauvaise vigueur | | | | | | | | | | |
| très mauvaise vigueur/mort | | | | | | | | | | |
| Remarques : | | | | | | | | | | |

| Dynamique de renouvellement | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| stable | | | | | | | | | | |
| progressive | | | | | | | | | | |
| régressive | | | | | | | | | | |
| Remarques : | | | | | | | | | | |

# CARACTÉRISTIQUES DU SYSTÈME DUNAIRE

## Processus morphodynamiques

### Intégralité de la structure typique des habitats

0 : absent ; 1 : premier habitat rencontré ; 2 : deuxième habitat rencontré ; 3 : troisième habitat rencontré ; etc...

| Plage | Dunes mobiles embryonnaires | Dunes mobiles du cordon littoral | Dunes fixées du littoral |
|---|---|---|---|
| | | | |

| Succession complète ordonnée | |
|---|---|
| Succession complète avec inversion | |
| Succession incomplète | |
| Succession incomplète (avec inversion) | |
| Succession tronquée | |

Remarques :

| Dunes mobiles embryonnaires méditerranéennes | |
|---|---|
| *Achillea maritima (= Otanthus maritima, Diotis maritima)* | |
| *Anthemis maritima* | |
| *Calystegia soldanella* | |
| *Cyperus capitatus* | |
| *Echinophora spinosa* | |
| *Elytrigia juncea (= Elymus farctus = Agropyrum junceum)* | |
| *Eryngium maritimum* | |
| *Euphorbia paralis* | |
| *Euphorbia peplis* | |
| *Matthiola sinuata* | |
| *Medicago marina* | |
| *Polygonum maritimum* | |
| *Sporobolus pungens (= S. arenarius)* | |

| Dunes mobiles du cordon littoral à *Ammophila arenaria subsp australis* des côtes méditerranéennes | |
|---|---|
| *Ammophila arenaria* | |
| *Anthemis maritima* | |
| *Crucianella maritima* | |
| *Cutandia maritima* | |
| *Echinophora spinosa* | |
| *Eryngium maritimum* | |
| *Euphorbia paralis* | |
| *Helichrysum stoechas* | |
| *Malcolmia littorea* | |
| *Medicago littoralis* | |
| *Medicago marina* | |
| *Pancratium maritimum* | |
| *Rostraria litorea (= Koeleriea villosa)* | |
| *Vulpia fasciculata* | |

| Dunes fixées du littoral du Crucianellion maritimae | |
|---|---|
| *Artemisia campestris subsp. glutinosa* | |
| *Bromus diandrus (= Bromus villosus var. ambiguens)* | |
| *Coris monspeliensis* | |
| *Crepis bulbosa (= Aetheorhiza bulbosa)* | |
| *Crucianella maritima* | |
| *Helichrysum stoechas* | |
| *Hypochaeris radicata* | |
| *Lobularia maritima (=Alyssum maritimum)* | |
| *Malcolmia littorea* | |
| *Medicago littoralis* | |
| *Rostraria litorea (= Koeleriea villosa)* | |
| *Scabiosa maritima* | |
| *Silene conica* | |
| *Silene italica* | |
| *Teucrium dunense* | |

## Perspectives futures

| Espèces destructurantes | |
|---|---|
| présence | |
| absence | |

Espèces observées :

### Espèces halophiles et nitrophiles

| Espèces | N | S | |
|---|---|---|---|
| *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., 1790 | | | |
| *Ammophila arenaria subsp. arundinacea* (Husn.) H.Lindb., 1932 | | | |
| *Artemisia caerulescens subsp. gallica* (Millid.) K.M.Perss., 1974) | | | |
| *Arthrocnemum macrostachyum* (Moric.) K.Koch, 1853 | | | |
| *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla, 1905 | | | |
| *Cakile maritima* Scop., 1772 | | | |
| *Carex extensa* Gooden., 1794 | | | |
| *Conyza bonariensis* (L.) Cronquist, 1943 | | | |
| *Cutandia maritima* (L.) Barbey, 1885 | | | |
| *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter subsp. *viscosa* | | | |
| *Elytrigia juncea* (L.) Nevski subsp. *juncea* | | | |
| *Erianthus ravennae* (L.) P.Beauv., 1812 | | | |
| *Erigeron sumatrensis* Retz., 1810 | | | |

| Espèces | N | S | |
|---|---|---|---|
| *Euphorbia peplus* L., 1753 | | | |
| *Frankenia pulverulenta* L., 1753 | | | |
| *Halimione portulacoides* (L.) Aellen, 1938 | | | |
| *Hymenolobus procumbens* (L.) Nutt. ex Schinz & Thell. subsp. *procumbens* | | | |
| *Juncus acutus* L., 1753 | | | |
| *Juncus littoralis* C.A.Mey., 1831 | | | |
| *Juncus maritimus* Lam., 1794 | | | |
| *Juncus subulatus* Forssk., 1775 | | | |
| *Lamium amplexicaule* L., 1753 | | | |
| *Limbarda crithmoides* (L.) Dumort., 1829 | | | |
| *Limonium bellidifolium* (Gouan) Dumort., 1829 | | | |
| *Limonium echioides* (L.) Mill., 1768 | | | |
| *Limonium narbonense* Mill., 1768 | | | |

| Espèces | N | S | |
|---|---|---|---|
| *Limonium virgatum* (Willd.) Fourr., 1869 | | | |
| *Medicago marina* L., 1753 | | | |
| *Parapholis incurva* (L.) C.E.Hubb., 1946 | | | |
| *Populus nigra* L., 1753 | | | |
| *Puccinellia fasciculata* (Torr.) E.P.Bicknell, 1907 | | | |
| *Puccinellia festuciformis subsp. convoluta* (Hornem.) M.E.Hughes, 1978 | | | |
| *Robinia pseudoacacia* L., 1753 | | | |
| *Rubus bifrons* Vest ex Tratt., 1823 | | | |
| *Rubus ulmifolius* Schott, 1818 | | | |
| *Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande, 1918 | | | |
| *Ruppia maritima* L., 1753 | | | |
| *Salsola kali* L., 1753 | | | |
| *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J.Scott, 1978 | | | |

| Espèces | N | S | |
|---|---|---|---|
| *Sarcocornia perennis* (Mill.) A.J.Scott, 1978 | | | |
| *Senecio vulgaris* L. (subsp. *vulgaris*) | | | |
| *Sonchus oleraceus* L., 1753 | | | |
| *Spartina versicolor* Fabre, 1850 | | | |
| *Spergularia heldreichii* Foucaud, 1903 | | | |
| *Spergularia marina* (L.) Besser, 1821 | | | |
| *Spergularia media* (L.) C.Presl, 1826 | | | |
| *Sphenopus divaricatus* (Gouan) Rchb., 1830 | | | |
| *Stellaria media* (L.) Vill., 1789 | | | |
| *Suaeda maritima* (L.) Dumort., 1829 | | | |
| *Symphyotrichum squamatum* (Spreng.) G.L.Nesom, 1995 | | | |
| *Triglochin bulbosum subsp. barrelieri* (Loisel.) Rouy, 1912) | | | |
| *Tripolium pannonicum (subsp. pannonicum)* | | | |

### Espèces allochtones envahissantes

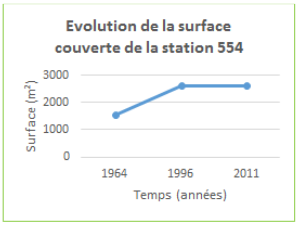
| | |
|---|---|
| *Acer negundo* L. | |
| *Agave americana* L. | |
| *Ailanthus altissima* (Miller) Swingle | |
| *Ambrosia artemisiifolia* L. | |
| *Ambrosia psilostachya* DC. | |
| *Amorpha fruticosa* L. | |
| *Artemisia verlotiorum* Lamotte | |
| *Cortaderia selloana* (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn. | |
| *Aster squamatus* (Sprengel) Hieron. | |
| *Baccharis halimilifolia* L. | |
| *Bothriochloa barbinodis* | |
| *Carpobrotus* sp. | |
| *Elaeagnus angustifolia* L. | |
| *Evonymus japonicus* L.f. | |
| *Glycyrrhiza glabra* L. | |
| *Heliotropium curassavicum* L. | |
| *Ligustrum lucidum* Aiton fil. | |
| *Ludwigia* spp. | |
| *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. | |
| *Parthenocissus inserta* (A. Kerner) Fritsch | |
| *Phyllostachys* spp. | |
| *Pittosporum tobira* (Thunb.) Aiton fil. | |
| *Pyracantha coccinea* M.J. Roemer | |
| *Robinia pseudoacacia* L. | |
| *Senecio inaequidens* DC. | |
| *Solanum chenopodioides* Lam. | |
| *Xanthium orientale subsp. italicum* | |
| *Yucca gloriosa* L. | |

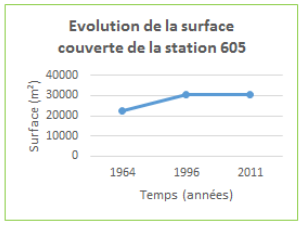
Remarques générales :

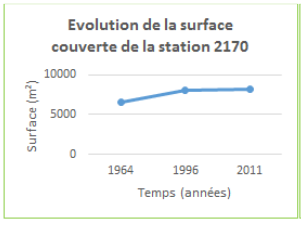
## **Annexe 6 : Résultats de l'analyse statistique de l'indépendance de différents indicateurs avec l'aide du test exact de Fisher**

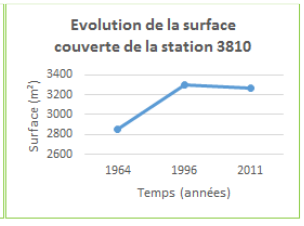
| | Intégralité de la structure typique des habitats | Degré d'érosion éolienne | Etat général des individus | Pourcentage de recouvrement | Dynamique de renouvellement | Recouvrement d'espèces nitrophiles, halophiles | Recouvrement d'espèces allochtones envahissantes destructurantes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Intégralité de la structure typique des habitats | / | p-value = 0.41 | p-value = 0.3509 | **p-value = 0.03209**<br><br>**p-value < 0,05 : on rejette l'hypothèse d'indépendance** | p-value = 0.1203 | p-value = 0.8073 | p-value = 0.1478 |
| Degré d'érosion éolienne | / | / | p-value = 0.1431 | p-value = 0.7262 | **p-value = 0.01879**<br><br>**p-value < 0,05 : on rejette l'hypothèse d'indépendance** | p-value = 0.4635 | p-value = 1 |
| Etat général des individus | / | / | / | p-value = 0.2189 | **p-value = 0.0008255**<br><br>**p-value < 0,05 : on rejette l'hypothèse d'indépendance** | p-value = 0.4167 | p-value = 0.5757 |
| Pourcentage de recouvrement | / | / | / | / | **p-value = 0.01482**<br><br>**p-value < 0,05 : on rejette l'hypothèse d'indépendance** | p-value = 0.8475 | p-value = 0.8765 |
| Dynamique de renouvellement | / | / | / | / | / | p-value = 0.5969 | p-value = 0.9024 |
| Proportion d'espèces nitrophiles, halophiles | / | / | / | / | / | / | p-value = 1 |
| Proportion d'espèces allochtones envahissantes destructurantes | / | / | / | / | / | / | / |

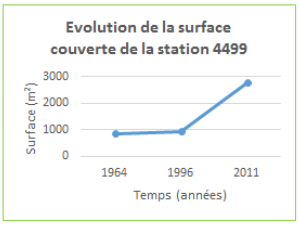
## Annexe 7 : Evolution de la surface couverte de chaque station à trois dates différentes (1964, 1996 et 2011)

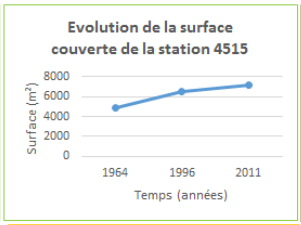


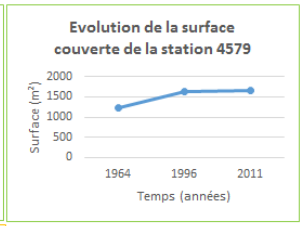



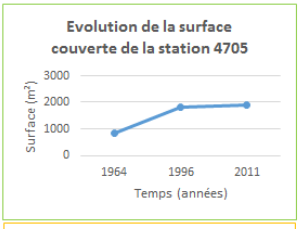



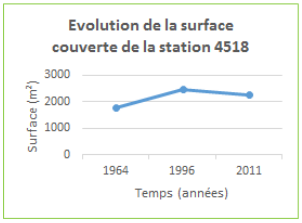



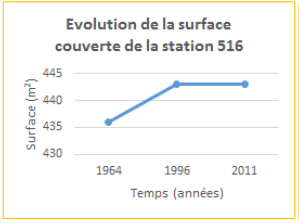



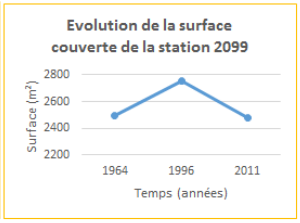



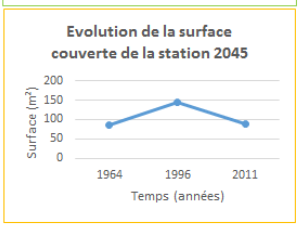



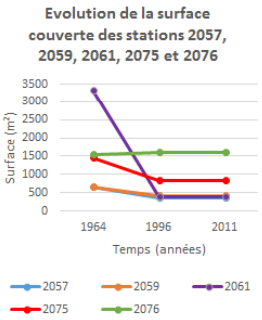



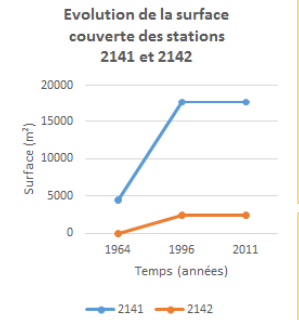



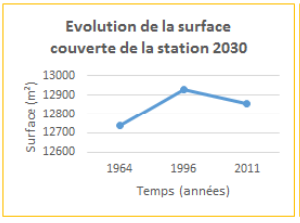



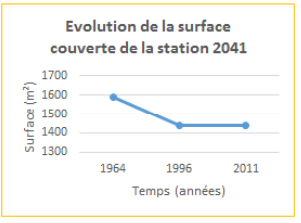



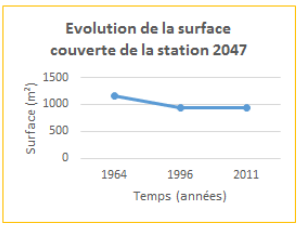



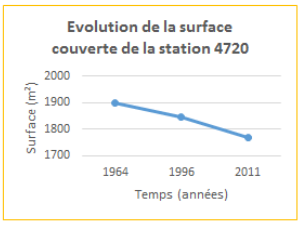



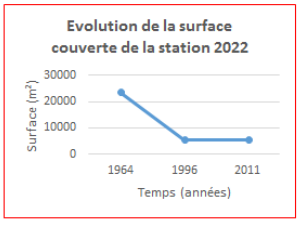



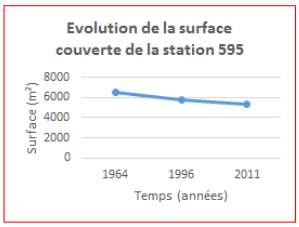



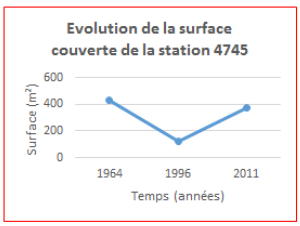



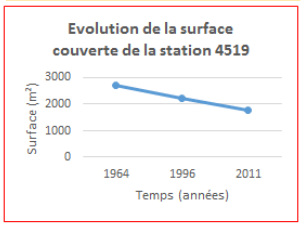



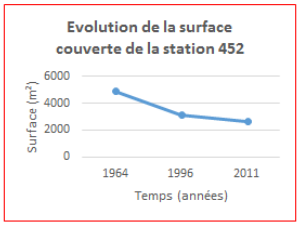



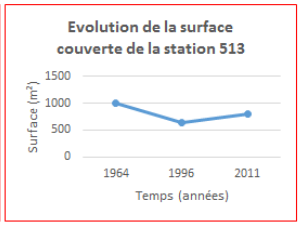



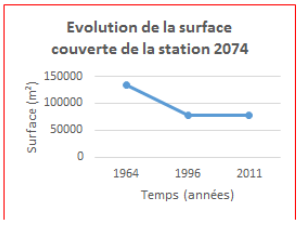



# Annexe 8 : Résultats de l'évaluation de l'état de conservation par station

| | | Stations | | Notes | Barème | 452 | | 513 | | 516 | | 554 | | 595 | | | | 605 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Placettes | | | | P1 | | P1 | | P1 | | P1 | | P1 | | P2 | | P1 | | P2 | | P3 | | P4 | | P5 | |
| Surface couverte | Surface de l'habitat | Evolution de la surface couverte | | | | 1 | | 1 | | 5 | | 8 | | 2 | | | | 8 | | | | | | | | | |
| Structure et fonction de l'habitat | Processus morphodynamiques | Intégralité de la structure typique des habitats | | 10 | 0,5 | Successi on incompl ète ordonn ée | 5 | Successi on incompl ète ordonn ée | 10 | Successi on incompl ète ordonn ée | 5 | Successi on incompl ète ordonn ée | 0 | Successi on complèt e ordonn ée | 10 | Successi on complèt e ordonn ée | 10 | Successi on incompl ète ordonn ée | 0 | Successi on incompl ète ordonn ée | 0 | Successi on incompl ète ordonn ée | 0 | Successi on incompl ète ordonn ée | 0 | Successi on incompl ète ordonn ée | 0 |
| | | Connectivité écologique du peuplement | Station fragmentée par ... Chemins, routes | 2 | 1 | | 2 | chemin | 0 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | chemin | 0 | chemin | 0 | chemin | 0 | chemin | 0 | chemin | 0 |
| | | | Station fragmentée par ... Infrastructures humaines (habitations, ...) | 2 | 1 | barrière | 0 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | habitati on | 0 | habitati on | 0 | habitati on | 0 | habitati on | 0 | habitati on | 0 |
| | | | Station séparées d'une autre située à une centaine de mètres par ... Chemins, routes | 2 | 0,5 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 |
| | | | Station séparées d'une autre située à une centaine de mètres par ... Infrastructures humaines (habitations, ...) | 2 | 0,5 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 |
| | | | Station entourée par des infrastructures humaines | 2 | 1 | route, barrière | 0 | | 2 | route | 0 | | 2 | | 2 | | 2 | route et terrains en friche | 0 | route et terrains en friche | 0 | route et terrains en friche | 0 | route et terrains en friche | 0 | route et terrains en friche | 0 |
| | | Degré d'érosion éolienne | | 10 | 1 | fort | 5 | absent/ faible | 10 | fort | 5 | absent/ faible | 10 | absent/ faible | 10 | absent/ faible | 10 | absent/ faible | 10 | | 10 | | 10 | | 10 | | 10 |
| | Couverture végétale | Etat général des individus | | 10 | 1 | mauvais e vigueur | 5 | mauvais e vigueur | 5 | très mauvais e vigueur /mort | 0 | mauvais e vigueur | 5 | très mauvais e vigueur /mort | 0 | très mauvais e vigueur /mort | 0 | bonne vigueur | 10 | mauvais e vigueur | 5 | bonne vigueur | 10 | très mauvais e vigueur /mort | 0 | très mauvais e vigueur /mort | 0 |
| | | Pourcentage de recouvrement | | 10 | 1 | <40% | 0 | <40% | 5 | <40% | 0 | 40-60% | 5 | 40-60% | 5 | 40-60% | 5 | 70-90% | 10 | <40% | 0 | <40% | 0 | <40% | 0 | 40-60% | 5 |
| | | Dynamique de renouvellement | | 10 | 1 | progres sif | 10 | stable | 5 | régressi f | 0 | régressi f | 0 | régressi f | 0 | régressi f | 0 | stable | 5 | progres sif | 10 | stable | 5 | régressi f | 0 | régressi f | 0 |
| | Composition floristique | Recouvrement d'espèces nitrophiles, halophiles | | 10 | 0,5 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 | <10% | 10 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 |
| | | Recouvrement d'espèces destructurantes | | 10 | 0,5 | <10% | 10 | <10% | 10 | <10% | 10 | <10% | 10 | <10% | 10 | <10% | 10 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 |
| | | Notes finales par station | | | | 50 | | 65 | | 28 | | 52 | | 52 | | 60 | | 67 | | 43 | | 43 | | 33 | | 27 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 56 | | | | 40 | | | | | | | | | |
| Perspectives futures | | Aires disposant de protection réglementaire (RNN, RNR, Réserves biologiques, Sites classés, Sites inscrits, APB, RNCFS, Espaces boisés classés) et/ou foncière (ENS, CENRL, CEN) | | | | Propriétaire privé | | Conservatoire du littoral | | Conservatoire du littoral | | Conservatoire du littoral | | Conservatoire du littoral | | | | Propriétaire privé | | | | | | | | | |
| | | Espèces allochtones envahissantes | | | | absence | | absence | | absence | | absence | | absence | | | | absence | | | | | | | | | |

| | | Stations | | Notes | Barème | 2022 | | | | 2047 | | 2045 | | 2041 | | 2061 | | 2059 | | 2057 | | 2075 | | 2076 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Placettes | | | | P1 | | P2 | | P1 | | P1 | | P1 | | P1 | | P1 | | P1 | | P1 | | P1 | |
| Surface couverte | Surface de l'habitat | Evolution de la surface couverte | | | | 2 | | | | 5 | | 5 | | 5 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 5 | |
| Structure et fonction de l'habitat | Processus morphodynamiques | Intégralité de la structure typique des habitats | | 10 | 0,5 | Successi on incompl ète ordonné e | 5 | Successi on incompl ète ordonné e | 5 | Successi on complèt e ordonné e | 10 | Successi on incompl ète ordonné e | 5 | Successi on complèt e ordonné e | 10 | Successi on incompl ète ordonné e | 5 | Successi on incompl ète ordonné e | 5 | Successi on incompl ète désordo nnée | 5 | Successi on incompl ète désordo nnée | 5 | Successi on incompl ète désordo nnée | 5 |
| | | Connectivité écologique du peuplement | Station fragmentée par ... Chemins routes | 2 | 1 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | chemin | 0 | | 2 |
| | | | Station fragmentée par ... Infrastructures humaines (habitations, ...) | 2 | 1 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 |
| | | | Station séparée d'une autre située à une centaine de mètres par ... Chemins routes | 2 | 0,5 | | 2 | | 2 | chemin | 0 | chemin | 0 | | 2 | chemin | 0 | chemin | 0 | chemin | 0 | chemin | 0 | chemin | 0 |
| | | | Station séparée d'une autre située à une centaine de mètres par ... Infrastructures humaines (habitations, ...) | 2 | 0,5 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 |
| | | | Station entourée par des infrastructures humaines | 2 | 1 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 |
| | | Degré d'érosion éolienne | | 10 | 1 | fort | 5 | fort | 5 | fort | 5 | absent/f aible | 10 | fort | 5 | fort | 5 | fort | 5 | absent/f aible | 10 | fort | 5 | fort | 5 |
| | Couverture végétale | Etat général des individus | | 10 | 1 | bonne vigueur | 10 | bonne vigueur | 10 | bonne vigueur | 10 | bonne vigueur | 10 | bonne vigueur | 10 | bonne vigueur | 10 | bonne vigueur | 10 | bonne vigueur | 10 | bonne vigueur | 10 | bonne vigueur | 10 |
| | | Pourcentage de recouvrement | | 10 | 1 | <40% | 0 | 40-60% | 5 | 70-90% | 10 | <40% | 0 | 70-90% | 10 | 40-60% | 5 | <40% | 0 | 70-90% | 10 | <40% | 0 | 70-90% | 10 |
| | | Dynamique de renouvellement | | 10 | 1 | progress if | 10 | progress if | 10 | stable | 5 | stable | 5 | stable | 5 | progress if | 10 | progress if | 10 | stable | 5 | stable | 5 | stable | 5 |
| | Composition floristique | Recouvrement d'espèces nitrophiles, halophiles | | 10 | 0,5 | <10% | 10 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 |
| | | Recouvrement d'espèces destructurantes | | 10 | 0,5 | <10% | 10 | <10% | 10 | <10% | 10 | >10% | 0 | <10% | 10 | <10% | 10 | <10% | 10 | <10% | 10 | <10% | 10 | <10% | 10 |
| | | Notes finales par station | | | | 72 | | 72 | | 75 | | 55 | | 76 | | 71 | | 63 | | 79 | | 52 | | 71 | |
| | | | | | | 72 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Perspectives futures | | Aires disposant de protection réglementaire (RNN, RNR, Réserves biologiques, Sites classés, Sites inscrits, APB, RNCFS, Espaces boisés classés) et/ou foncière (ENS, CENRL, CEN) | | | | Conservatoire du littoral | | | | Conservatoire du littoral | | Conservatoire du littoral | | Conservatoire du littoral | | Conservatoire du littoral | | Conservatoire du littoral | | Conservatoire du littoral | | 1/2 Conservatoire du littoral, 1/2 propriétaire privé | | Propriétaire privé | |
| | | Espèces allochtones envahissantes | | | | absence | | | | absence | | absence | | absence | | absence | | absence | | absence | | absence | | absence | |

| | | Stations | | | | Notes | Barème | 2074 | | | | | | | | | | | | | | 2030 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Placettes | | | | | | P1 | | P2 | | P3 | | P4 | | P5 | | P6 | | P7 | | P1 | | P2 | | P3 | |
| Surface couverte | Surface de l'habitat | Evolution de la surface couverte | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | 5 | | | | | |
| Structure et fonction de l'habitat | Processus morphodynamiques | Intégralité de la structure typique des habitats | | | | 10 | 0,5 | Succession incomplète désordonnée | 5 | Succession incomplète désordonnée | 5 | Succession incomplète désordonnée | 5 | Succession incomplète désordonnée | 5 | Succession incomplète désordonnée | 5 | Succession incomplète désordonnée | 5 | Succession incomplète désordonnée | 5 | Succession complète désordonnée | 5 | Succession complète désordonnée | 5 | Succession complète désordonnée | 5 |
| | | Connectivité écologique du peuplement | Station fragmentée par ... | Chemins, routes | | 2 | 1 | chemin | 0 | chemin | 0 | chemin | 0 | chemin | 0 | chemin | 0 | chemin | 0 | chemin | 0 | chemin | 0 | chemin | 0 | chemin | 0 |
| | | | | Infrastructures humaines (habitations, ...) | | 2 | 1 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 |
| | | | Station séparée d'une autre située à une centaine de mètres par ... | Chemins, routes | | 2 | 0,5 | chemin | 0 | chemin | 0 | chemin | 0 | chemin | 0 | chemin | 0 | chemin | 0 | chemin | 0 | | 2 | | 2 | | 2 |
| | | | | Infrastructures humaines (habitations, ...) | | 2 | 0,5 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 |
| | | | Station entourée par des infrastructures humaines | | | 2 | 1 | culture et terrains en friche | 0 | culture et terrains en friche | 0 | culture et terrains en friche | 0 | culture et terrains en friche | 0 | culture et terrains en friche | 0 | culture et terrains en friche | 0 | culture et terrains en friche | 0 | | 2 | | 2 | | 2 |
| | | Degré d'érosion éolienne | | | | 10 | 1 | fort | 5 | fort | 5 | fort | 5 | fort | 5 | fort | 5 | fort | 5 | fort | 5 | absent/faible | 10 | absent/faible | 10 | absent/faible | 10 |
| | Couverture végétale | Etat général des individus | | | | 10 | 1 | bonne vigueur | 10 | bonne vigueur | 10 | bonne vigueur | 10 | bonne vigueur | 10 | bonne vigueur | 10 | bonne vigueur | 10 | mauvaise vigueur | 5 | bonne vigueur | 10 | mauvaise vigueur | 5 | bonne vigueur | 10 |
| | | Pourcentage de recouvrement | | | | 10 | 1 | <40% | 0 | <40% | 0 | 40-60% | 5 | <40% | 0 | 40-60% | 5 | <40% | 0 | <40% | 0 | <40% | 0 | <40% | 0 | <40% | 0 |
| | | Dynamique de renouvellement | | | | 10 | 1 | progressif | 10 | progressif | 10 | progressif | 10 | stable | 5 | progressif | 10 | progressif | 10 | stable | 5 | progressif | 10 | progressif | 10 | progressif | 10 |
| | Composition floristique | Recouvrement d'espèces nitrophiles, halophiles | | | | 10 | 0,5 | <10% | 10 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 | <10% | 10 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 |
| | | Recouvrement d'espèces destructurantes | | | | 10 | 0,5 | <10% | 10 | <10% | 10 | >10% | 0 | >10% | 0 | <10% | 10 | >10% | 0 | >10% | 0 | <10% | 10 | >10% | 0 | <10% | 10 |
| | | Notes finales par station | | | | | | 64 | | 56 | | 56 | | 40 | | 64 | | 48 | | 40 | | 69 | | 53 | | 69 | |
| | | | | | | | | 53 | | | | | | | | | | | | | | 64 | | | | | |
| Perspectives futures | | Aires disposant de protection réglementaire (RNN, RNR, Réserves biologiques, Sites classés, Sites inscrits, APB, RNCFS, Espaces boisés classés) et/ou foncière (ENS, CENRL, CEN) | | | | | | Propriétaire privé | | | | | | | | | | | | | | 1/2 Conservatoire du littoral, 1/2 propriétaire privé | | | | | |
| | | Espèces allochtones envahissantes | | | | | | absence | | | | | | | | | | | | | | absence | | | | | |

| | | Stations | | | | Notes | Barème | 2099 | | 2141 | | | | 2142 | 2170 | | | | 3810 | | 4515 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Placettes | | | | | | P1 | | P1 | P2 | P3 | P4 | P1 | P1 | | P2 | | P1 | | P1 | | P2 | |
| Surface couverte | Surface de l'habitat | Evolution de la surface couverte | | | | | | 5 | | 8 | | | | 8 | 8 | | | | 8 | | 8 | | | |
| Structure et fonction de l'habitat | Processus morphodynamiques | Intégralité de la structure typique des habitats | | | | 10 | 0,5 | Succession incomplète désordonnée | 5 | Succession incomplète désordonnée | | | | Succession incomplète désordonnée | Succession incomplète désordonnée | 5 | Succession incomplète désordonnée | 5 | Succession incomplète ordonnées | 0 | Succession incomplète ordonnée | 0 | | 0 |
| | | Connectivité écologique du peuplement | Station fragmentée par ... | Chemins, routes | | 2 | 1 | | 2 | | | | | | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 |
| | | | | Infrastructures humaines (habitations, ...) | | 2 | 1 | | 2 | | | | | | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 |
| | | | Station séparée d'une autre située à une centaine de mètres par ... | Chemins, routes | | 2 | 0,5 | chemin | 0 | | | | | | | 2 | | 2 | route | 0 | | 2 | | 2 |
| | | | | Infrastructures humaines (habitations, ...) | | 2 | 0,5 | | 2 | | | | | | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 |
| | | | Station entourée par des infrastructures humaines | | | 2 | 1 | | 2 | | | | | | | 2 | | 2 | route, salins | 0 | route, salins | 0 | | 0 |
| | | Degré d'érosion éolienne | | | | 10 | 1 | fort | 5 | fort | | | | fort 50% sol nu | absent/faible | 10 | absent/faible | 10 | absent/faible | 10 | absent/faible | 10 | | 10 |
| | Couverture végétale | Etat général des individus | | | | 10 | 1 | bonne vigueur | 10 | | | | | | mauvaise vigueur | 5 | bonne vigueur | 10 | bonne vigueur | 10 | bonne vigueur | 10 | bonne vigueur | 10 |
| | | Pourcentage de recouvrement | | | | 10 | 1 | <40% | 0 | | | | | | 40-60% | 5 | <40% | 0 | <40% | 0 | <40% | 0 | <40% | 0 |
| | | Dynamique de renouvellement | | | | 10 | 1 | progressif | 10 | | | | | | stable | 5 | progressif | 10 | régressif | 0 | stable | 5 | régressif | 0 |
| | Composition floristique | Recouvrement d'espèces nitrophiles, halophiles | | | | 10 | 0,5 | >10% | 0 | >10% | >10% | >10% | >10% | >10% | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 | >10% | 0 | <10% | 10 |
| | | Recouvrement d'espèces destructurantes | | | | 10 | 0,5 | <10% | 10 | >10% | >10% | <10% | <10% | <10% | <10% | 10 | <10% | 10 | <10% | 10 | <10% | 10 | <10% | 10 |
| | | Notes finales par station | | | | | | 63 | | Non prise en compte | | | | Non prise en compte | 64 | | 72 | | 48 | | 57 | | 57 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 68 | | | | | | 57 | | | |
| Perspectives futures | | Aires disposant de protection réglementaire (RNN, RNR, Réserves biologiques, Sites classés, Sites inscrits, APB, RNCFS, Espaces boisés classés) et/ou foncière (ENS, CENRL, CEN) | | | | | | Propriétaire privé | | Propriétaire privé | | | | Propriétaire privé | Propriétaire privé | | | | Propriétaire privé | | Propriétaire privé | | | |
| | | Espèces allochtones envahissantes | | | | | | absence | | absence | | | | absence | absence | | | | absence | | absence | | | |

| | | Relevés | | | Notes | Barème | 4745 | | 4720 | | 4705 | 4579 | | 4518 | | 4519 | | 4499 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Placettes | | | | | P1 | | P1 | | P1 | P1 | | P1 | | P1 | | P1 | |
| Surface couverte | Surface de l'habitat | Evolution de la surface couverte | | | | | 3 | | 5 | | 8 | 8 | | 8 | | 8 | | 10 | |
| Structure et fonction de l'habitat | Processus morphodynamiques | Intégralité de la structure typique des habitats | | | 10 | 0,5 | Succession incomplète désordonnée | 5 | Succession incomplète ordonnée | 0 | Succession incomplète avec inversion tronquée | Succession incomplète désordonnée | 0 | Succession incomplète désordonnée | 0 | Succession incomplète désordonnée | 0 | Succession incomplète ordonnée | 0 |
| | | Connectivité écologique du peuplement | Station fragmentée par ... | Chemins, routes | 2 | 1 | | 2 | | 2 | | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 |
| | | | | Infrastructures humaines (habitations, ...) | 2 | 1 | | 2 | | 2 | | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 |
| | | | Station séparée d'une autre située à une centaine de mètres par ... | Chemins, routes | 2 | 0,5 | | 2 | route | 0 | route | route | 0 | route | 0 | | 2 | | 2 |
| | | | | Infrastructures humaines (habitations, ...) | 2 | 0,5 | | 2 | | 2 | | | 2 | | 2 | | 2 | salins | 0 |
| | | | Station entourée par des infrastructures humaines | | 2 | 1 | | 2 | route, salins | 0 | route, salins | | 2 | route, salins | 0 | route | 0 | route, salins | 0 |
| | | Degré d'érosion éolienne | | | 10 | 1 | fort | 5 | absent/faible | 10 | absent/faible | absent/faible | 10 | absent/faible | 10 | absent/faible | 10 | absent/faible | 10 |
| | Couverture végétale | Etat général des individus | | | 10 | 1 | bonne vigueur | 10 | mauvaise vigueur | 5 | | bonne vigueur | 10 | mauvaise vigueur | 5 | bonne vigueur | 10 | bonne vigueur | 10 |
| | | Pourcentage de recouvrement | | | 10 | 1 | 40-60% | 5 | <40% | 0 | | <40% | 0 | <40% | 0 | <40% | 0 | <40% | 0 |
| | | Dynamique de renouvellement | | | 10 | 1 | progressif | 10 | stable | 5 | | regressif | 0 | stable | 5 | stable | 5 | progressif | 10 |
| | Composition floristique | Recouvrement d'espèces nitrophiles, halophiles | | | 10 | 0,5 | >10% | 0 | <10% | 10 | <10% | >10% | 0 | <10% | 10 | >10% | 0 | >10% | 0 |
| | | Recouvrement d'espèces destructurantes | | | 10 | 0,5 | <10% | 10 | <10% | 10 | <10% | <10% | 10 | <10% | 10 | <10% | 10 | <10% | 10 |
| | Notes finales par station | | | | | | 72 | | 56 | | Non prise en compte | 51 | | 56 | | 57 | | 63 | |
| Perspectives futures | Aires disposant de protection réglementaire (RNN, RNR, Réserves biologiques, Sites classés, Sites inscrits, APB, RNCFS, Espaces boisés classés) et/ou foncière (ENS, CENRL, CEN) | | | | | | Propriétaire privé | | Propriétaire privé | | Propriétaire privé | Propriétaire privé | | Propriétaire privé | | Propriétaire privé | | Propriétaire privé | |
| | Espèces allochtones envahissantes | | | | | | absence | | absence | | absence | absence | | absence | | absence | | absence | |

# RESUME

Les dunes littorales à *Juniperus spp* présentes sur le site Natura 2000 de la Petite Camargue sont des habitats d'intérêt communautaire prioritaires au sens de la Directive Habitats et nécessitent donc la mise en place d'un suivi ainsi que d'une évaluation de leur état de conservation réguliers. Dans le cadre de la mise en œuvre du DOCOB, le Syndicat Mixte de la Camargue gardoise a donc souhaité mettre en place une méthode d'évaluation de l'état de conservation de cet habitat. Pour se faire, une liste de critères et d'indicateurs a été élaborée en se basant sur les trois paramètres proposés par la Directive : surface couverte, structure et fonction, perspectives futures. Les indicateurs ont été relevés sur 30 stations tirées aléatoirement. Ils ont permis d'évaluer l'état de conservation de chacune de ces stations à l'aide d'une méthode de notation associée et basée sur le paramètre le pire. L'extrapolation de ces résultats a permis de déterminer que l'état de conservation des dunes littorales à *Juniperus spp* est défavorable inadéquat à l'échelle du site, contrairement à l'évaluation nationale qui les a évalué en état défavorable mauvais.

*Mots clés : Natura 2000, habitat d'intérêt communautaire, évaluation, état de conservation, dunes littorales à Juniperus spp, genévrier de Phénicie*

# ABSTRACT

Coastal dunes with *Juniperus spp* from the "Petite Camargue" Natura 2000 site are priority habitats of Community interest within the meaning of the Habitats Directive and therefore require the establishment of regular monitoring and assessment of their conservation status. As part of the implementation of DOCOB, the Syndicat Mixte de la Camargue gardoise decided thus to implement an assessment method of the conservation status of this habitat. To do this a list of criteria and indicators were developed based on the three parameters proposed by the Directive : area covered, structure and function, and future prospects. Indicators were collected on 30 stations randomly drawn. They allowed to assess the conservation status of each station using an associated scoring method and based on the worst parameter. Extrapolation of these results allowed to determine that the conservation status of coastal dunes with *Juniperus spp* is unfavorable inadequate at the scale of the site, contrary to the national assessment which evaluated it in unfavorable bad state.

*Keywords : Natura 2000, habitat of Community interest, assessment, conservation status, coastal dunes with Juniperus spp, Phoenician juniper*