

Parc naturel régional

de

Camargue

Evaluation de l'état de conservation de l'habitat "Lagunes côtières méditerranéennes" (1150*-2) à l'échelle du site Natura 2000 "Camargue"

Lilou VERET

Master 1 - Biodiversité Ecologie Evolution - Parcours Gestion de
l'Environnement

Période : du 2 avril au 31 juillet 2024

Encadré par **Alexandre Crestey**, chargé de mission Natura 2000
"Camargue" au PNR de Camargue



Préambule

Ce présent rapport consiste en l'évaluation de l'état de conservation des lagunes du système Vaccarès pour 5 indicateurs. La suite de mon stage permettra de rassembler toutes les connaissances sur les 12 indicateurs pour les 15 lagunes choisies pour le site "Camargue", afin d'évaluer l'état de conservation de l'habitat "Lagunes côtières méditerranéennes" à l'échelle du site Natura 2000 "Camargue".

Remerciements

Je tiens à remercier l'ensemble de l'équipe du Parc naturel régional de Camargue pour leur accueil et leur bienveillance, qui m'ont tout de suite mise à l'aise dans cette nouvelle structure, et en particulier ceux qui m'ont emmené avec eux sur le terrain pour découvrir cette incroyable région qu'est la Camargue. Merci à Lucie, Delphine, Maëlys, Maxime, Sylvain, Léna, Gaëtan, Magali...

Des remerciements également à tous les partenaires de ce stage, et notamment Katia Lombardini de la Tour du Valat, Luc Belenguier, Silke Befeld et Emmanuelle Migne de la Réserve, et Stéphanie Bertrand du Département, pour m'avoir accordé de leur temps et pour les connaissances qu'ils m'ont apporté.

Que serait ce stage sans mes collègues de bureau Rachel et Florian, avec leur bonne humeur et leur aide au quotidien, de même avec les autres stagiaires du parc : Emma, Charles, Marine et Lothaire.

Sans oublier ma famille, toujours derrière moi pour chacun de mes projets.

Et enfin évidemment un énorme merci à toi Alexandre, de m'avoir partagé ta passion pour la nature, d'avoir pris le temps quand j'avais besoin d'aide, de m'avoir fait confiance et d'avoir fait en sorte que ce stage se passe si bien. Je ressors motivée plus que jamais à continuer dans cette voie !

Sommaire

Table des matières

I.	Introduction	1
A.	Contexte général – protection de la biodiversité	1
B.	Le Parc Naturel Régional de Camargue : porteur des projets Natura 2000	1
C.	L'habitat lagunes côtières (1150*).....	2
D.	Le programme de financement européen Life MarHa	4
II.	Matériel & Méthodes	4
A.	Site d'étude : le système Vaccarès	4
B.	La méthode	5
C.	Présentation détaillée des indicateurs	6
1.	Les Espèces Végétales Exotiques Envahissantes (EVEE – i04)	6
2.	Les espèces animales exotiques envahissantes (EAEE – i06).....	6
3.	Connectivité à la mer (i07).....	7
4.	Nature des berges (i08)	7
5.	Fonctionnement hydrologique (i09)	7
D.	Obtention et exploitation des résultats.....	8
III.	Résultats	8
A.	Espèces Végétales exotiques envahissantes	8
B.	Espèces Animales exotiques envahissantes.....	9
C.	Connectivité à la mer	9
D.	Nature des berges.....	10
E.	Fonctionnement hydrologique	11
IV.	Discussion	12
A.	Problématiques principales.....	12
B.	Propositions de mesures de gestion et perspectives	15
C.	Critique de la méthode.....	17
	Conclusion.....	18

Table des figures

Figure 1 : Photographie du pertuis de la Comtesse (à gauche) et des martellières à l'arrivée du Versadou (à droite)..... 9

Figure 2 : Pertuis de Rousty comblé par des dynamiques sédimentaires..... 9

Figure 3 : Cartographie du fonctionnement hydrologique des lagunes du système Vaccarès. 11

Table des tableaux

Tableau 1 : Grille de notation pour l'indicateur i04 - Espèces Végétales Exotiques Envahissantes 6

Tableau 2 : Grille de notation pour l'indicateur i06 - Espèces Animales Exotiques Envahissantes 6

Tableau 3 : Grille de notation pour l'indicateur i08 - Nature des Berges..... 7

Tableau 4 : Grille de notation pour l'indicateur i09 - Fonctionnement Hydrologique..... 7

Tableau 5 : Note pour chaque lagune et chaque indicateur..... 8

Table des annexes

Annexe 1 : Cartographie du Site Natura 2000 "Camargue" 23

Annexe 2 : Liste des Espèces Végétales Exotiques Envahissantes à recenser pour l'indicateur 4 23

Annexe 3 : Grille d'évaluation de l'indicateur 7 - Connectivité à la mer 24

Annexe 4 : Grille de catégorisation des berges 24

Annexe 5 : Cartographie des occurrences d'espèces exotiques envahissantes animales (entre 2021 et 2024) et végétales (2024) sur la lagune du Vaccarès. 24

Annexe 6 : Cartographie des espèces exotiques envahissantes animales (entre 2021 et 2024) et végétales (2024) sur les étangs Impériaux. 25

Annexe 7 : Cartographie des espèces exotiques envahissantes animales (entre 2021 et 2024) et végétales (2024) sur les étangs Inférieurs 25

Annexe 8 : Cartographie du fonctionnement hydrologique du pertuis de la Comtesse..... 26

Annexe 9 : Cartographie du fonctionnement hydrologique du pertuis de la Fourcade..... 26

Annexe 10 : Application de la méthode pour la notation de la nature des berges 27

Annexe 11 : Cartographie de la nature des berges du Vaccarès 27

Annexe 12 : Photographie d'une plage de sable coquillé (gauche) et d'une berge soumise à l'érosion naturelle (droite) du Vaccarès sur le domaine de Mas Neuf 27

Annexe 13 : Cartographie de la nature des berges des étangs Impériaux 28

Annexe 14 : Cartographie de la nature des berges des étangs Inférieurs 28

Annexe 15 : Préconisations de gestion du pertuis de la fourcade votée lors de la CEDE du 11/04/2024..... 29

Définitions

Baisses = zones inondables en périphérie des lagunes, qui sont submergées lorsque les niveaux d'eau sont élevés, et s'assèchent lorsque le niveau d'eau diminue.

Batillage = mouvements d'origine naturelle ou anthropique d'une masse d'eau déferlant contre les berges et provoquant leur dégradation.

Biseau salé = Intrusion d'eau saumâtre ou salée dans une masse d'eau douce. De par sa densité, le biseau salé est sous la nappe d'eau douce.

Eutrophisation = Suite au rejet dans le milieu aquatique d'éléments nutritifs (principalement de phosphore et d'azote d'origine agricole), un développement rapide de plantes aquatiques a lieu. Un processus de fermeture du milieu s'opère alors, avec une réduction de l'oxygénation de la pièce d'eau et une perte de biodiversité.

Grau = Ouverture naturelle ou artificialisée, permanente ou temporaire, qui permet les échanges d'eau entre la mer et le système lagunaire.

Lido = bande de sable séparant le système lagunaire de la mer.

Martellière = vanne permettant de réguler les circulations d'eau entre 2 compartiments.

Pertuis = Ouverture pratiquée dans un barrage, qui permet de réguler le niveau de l'eau.

Poldérisation = Création de terres émergées sur la mer ou des zones humides par endiguement ou assèchement. Dans les zones poldérisées de Camargue, l'évacuation des eaux nécessite leur pompage.

Roubine = En Camargue, petit canal utilisé notamment pour l'irrigation des rizières.

Sansouïre = terme méditerranéen désignant les prairies halophiles composées de salicornes. Elles se développent sur des sols inondables et salés.

Trait de côte = ligne marquant la limite entre la mer et la terre.

Liste des abréviations

ASA : Associations Syndicales Autorisées

ASCO : Associations Syndicales
Constituées d'Office

CdL : Conservatoire du Littoral

CEDE : Commission exécutive de l'Eau

CEN-O : Conservatoire d'Espaces Naturels
d'Occitanie

CNRS : Centre National de Recherche
Scientifique

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DHFF : Directive européenne Habitats
Faune Flore

DOCOB : Document d'objectifs (pour un
site Natura 2000)

DO : Directive européenne Oiseaux

DREAL : Direction Régionale de
l'Environnement, de l'Aménagement et du
Logement

EAEE : Espèces Animales Exotiques
Envahissantes

EC : Etat de Conservation

EMSC : Etangs et Marais des Salins de
Camargue

ENS : Espace Naturel Sensible

EVEE : Espèces Végétales Exotiques
Envahissantes

IPBES : Intergovernmental science-policy
Platform on Biodiversity and Ecosystem
Services (plateforme intergouvernementale
scientifique et politique sur la biodiversité
et les services écosystémiques).

Life MarHa : programme de financement
européen Life Marine Habitat.

MNHN : Muséum National d'Histoire
Naturel

OEC : Office de l'Environnement de Corse

OFB : Office Français de la Biodiversité

PACA : région Provence-Alpes-Côte-
d'Azur

PNR : Parc Naturel Régional

PNRC : Parc Naturel Régional de
Camargue

ppt : part per thousand

RNN : Réserve Naturelle Nationale

RNNC : Réserve Naturelle Nationale de
Camargue

RNR : Réserve Naturelle Régionale

SIG : Système d'Information Géographique

SIT : Système d'Information Territorialisé
(portail géographique des PNR de PACA)

SNPN : Société Nationale pour la
Protection de la Nature

SYMADREM : Syndicat Mixte
Interrégional d'Aménagement des Digues
du Delta du Rhône et de la Mer.

TdV : Tour du Valat (centre de recherche
scientifique pour la conservation des zones
humides méditerranéennes).

UMS PatriNat : Unité Mixte de Service
Patrimoine Naturel (centre de données et
d'expertises sur la nature, qui assure des
missions d'expertise et de gestion des
connaissances pour ses 3 tutelles : l'OFB, le
MNHN et le CNRS).

ZSC : Zone spéciale de conservation

ZPS : Zone de protection spéciale

Résumé

Mots clés : *Lagunes côtières méditerranéennes, Natura 2000, Etat de conservation, Système Vaccarès, Hydrologie, zone humide, LifeMarHa, habitat prioritaire.*

Les lagunes côtières méditerranéennes sont recensées comme des habitats prioritaires au titre de la directive européenne Habitat Faune Flore, de par leur fort intérêt écologique. Afin d'œuvrer à la mise en place concrète de cette directive sur les milieux marins, le programme de financement européen life MarHa a été mis en place. Il impose une évaluation sexennale de l'état de conservation des habitats marins Natura 2000, ce qui permet notamment d'affiner les mesures de gestion à l'échelle du site. Le site Natura 2000 "Camargue" est classé à la fois en Zone de Protection Spéciale et Zone Spéciale de Conservation, en abritant une des plus grandes zones humides de France. Ce présent rapport consiste en la mise en place de l'évaluation de l'EC de 6 des 15 lagunes du site retenues pour l'évaluation, à savoir les lagunes du Système Vaccarès. La méthode employée est celle rédigée par le pôle relais lagunes, sous la coordination scientifique de l'UMS PatriNat. Dans ce rapport, 5 des 12 indicateurs proposés ont été étudiés : Espèces Végétales Exotiques Envahissantes, Espèces Animales Exotiques Envahissantes, Connectivité à la mer, Nature des Berges et Fonctionnement hydrologique. Les lagunes du système Vaccarès (excepté le Vaccarès) sont considérées en très bon état concernant la nature des berges, ainsi que pour les espèces exotiques envahissantes animales et végétales, où seulement quelques occurrences sont à signaler. L'évolution du développement de ces espèces reste à surveiller de près. Une forte dégradation du fonctionnement hydrologique et de la connectivité à la mer a été observé pour toutes les lagunes, en raison d'un très fort impact des activités humaines sur la gestion hydraulique et des effets croissants du changement climatique. Les lagunes du système sont interconnectées entre elles et situées au centre géographique et culturel de la Camargue, les mesures de gestion vont donc avoir des répercussions à l'échelle du système. Les présents résultats permettront d'établir L'EC à l'échelle du site Natura 2000 "Camargue" dans un rapport ultérieur.

I. Introduction

A. Contexte général – protection de la biodiversité

Dans le cadre des changements globaux actuels, la nature et particulièrement la biodiversité sont fortement menacées, la limite planétaire pour l'érosion de la biodiversité étant largement dépassée ¹. D'après les rapports de l'Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) ², la nature subit un déclin "à un rythme sans précédent dans l'histoire humaine", en réponse à 5 menaces principales : la croissance de la population humaine, la surexploitation directe des ressources, la pollution, les espèces invasives animales et végétales et la destruction des habitats. Ce déclin a un impact direct sur la population humaine, réduisant les services écosystémiques portés par la biodiversité à l'échelle globale.

Afin d'enrayer cette perte de biodiversité, des directives Européennes ont été mise en place, avec une déclinaison dans la loi de chaque pays membre. Parmi ces directives sont recensées les Directives Habitat Faune Flore (DHFF, 92/43/CEE prise en 1992) et Oiseaux (DO, 2009/147/CE prise en 2009), dont l'objectif est de "protéger un certain nombre d'habitat et d'espèces représentatifs de la biodiversité européenne" ³. Dans le cadre de ces directives sont mises en place respectivement les Zones Spéciales de Conservation (ZSC), et les Zones de Protection Spéciale (ZPS) qui sont des sites permettant la mise en place d'outils de protection contractuels entre un gestionnaire et les différents acteurs du territoire ⁴. Les sites classés entrent alors dans le réseau européen d'espaces naturels Natura 2000, et bénéficient d'un animateur, ainsi que d'objectifs de gestion renseignés dans le Document d'Objectifs (DOCOB) établi en collaboration avec les différents acteurs du territoire ⁵.

D'autres directives pour la protection des ressources naturelles existent, avec notamment la Directive Cadre sur l'Eau (DCE, 2000/60/CE prise en 2000) qui porte sur la protection des ressources des eaux de surface, avec des objectifs de restauration de l'eau et des milieux aquatiques ^{6,7,8}.

B. Le Parc Naturel Régional de Camargue : porteur des projets Natura 2000

D'après la DREAL ⁹, "un Parc Naturel Régional (PNR) est un territoire rural présentant un patrimoine riche et menacé. Il fait l'objet d'un projet de développement durable fondé sur la protection et la mise en valeur du patrimoine naturel, culturel et paysager du territoire." Il est dirigé par un syndicat mixte, et s'organise autour d'une chartre listant ses objectifs propres au territoire.

Créé en 1970 et d'une superficie de 135 000 hectares dans les Bouches-du-Rhône (13), le Parc naturel Régional de Camargue (PNRC) englobe une partie de la commune d'Arles et de Port-Saint-Louis-du-Rhône, ainsi que la totalité de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer.

Le PNRC est une structure animatrice des sites Natura 2000 en Camargue, en accueillant notamment des chargés de mission Natura 2000 qui coordonnent l'animation territoriale de ces sites. En effet, plusieurs sites du PNRC sont classés en ZPS ou ZSC. C'est notamment le cas des sites des "Trois Marais", du "Petit Rhône", "Rhône Aval" et les "Marais de l'île vieille" ⁵. Le site "Camargue" (également appelé "île de Camargue", ou "Grande Camargue") est quand-à-lui classé à la fois en ZSC et en ZPS, avec une superficie respective de 113 000 et 220 000 ha, dont une partie en mer jusqu'au 12 miles marins pour la ZPS. La Camargue est composée de différents propriétaires privés et publics, comme le Conservatoire du Littoral (CdL) et le département des Bouches-du-Rhône. La gestion de ces sites est répartie entre différentes structures comme le PNRC qui est gestionnaire de nombreux terrains du CdL ¹⁰. En raison des enjeux écologiques en Camargue, de nombreux outils de protection se superposent au PNR, avec notamment la Réserve Naturelle Nationale de Camargue (RNNC), la RNN des marais du Vigueirat, la Réserve Naturelle Régionale (RNR) de la Tour du Valat (TdV) et des sites classés comme espaces naturel sensibles (ENS)... Une réserve de biosphère englobe tout le territoire du PNR, et s'étend sur d'autres zones à enjeux dont le site de la "petite Camargue" situé dans le Gard, à l'ouest du PNR ¹¹. La Camargue est enfin labélisée au titre de la convention de Ramsar.

D'après la chartre du PNRC, son rôle est notamment de protéger et valoriser le patrimoine naturel, culturel et humain¹². En effet, les activités traditionnelles, agricoles et touristiques ont une grande importance au sein du territoire du parc, avec notamment la riziculture, l'élevage, la pêche... le PNRC endosse alors le rôle de médiateur entre les différents acteurs, en accord avec les besoins de protection de la nature et de la qualité de l'eau.

C. L'habitat lagunes côtières (1150*)

Tous les habitats classés dans le réseau Natura 2000 sont inscrits au cahier d'habitats où ils sont définis¹³. Ces cahiers sont à destination des gestionnaires établissant les DOCOB, et servent à faire l'état des connaissances scientifiques et techniques sur chaque habitat et espèces. Les lagunes côtières (1150*) sont des habitats inscrits dans l'annexe I de la directive Habitats, et leur état prioritaire est spécifié par un astérisque (*). Elles sont définies par le cahier d'habitats côtiers ¹³ comme des "étendues d'eau salée côtières, peu profondes, de salinité et de volume d'eau variables. [...] La salinité peut varier, en allant de l'eau saumâtre à l'hypersalinité selon la pluviosité, l'évaporation et les apports d'eau marine [...]". Elles sont séparées de la mer par une barrière appelée "lido", et communiquent avec la mer par une ouverture appelée "grau". Dans de nombreux cas, la lagune est étroitement liée aux activités humaines, et se maintient grâce à l'entretien des dessertes hydrauliques.

Les lagunes côtières comprennent les lagunes à mer à marées (1150*-1) et les lagunes méditerranéennes (1150*-2). Ces dernières ne subissent pas l'impact des marées, avec des variations de salinité se produisant dans des intervalles de temps très variables. Ce sont ces lagunes qui seront étudiées dans ce présent rapport.

Les lagunes camarguaises sont des lagunes deltaïques, c'est-à-dire qu'elles sont formées par l'apport de sédiments par le fleuve, ici en l'occurrence par le Rhône. On observe ainsi l'isolement de petits plans d'eau saumâtre au niveau des deltas des fleuves¹⁴. On observe également en Camargue l'action locale de la mer, qui, par les courants marins dépose des sédiments sur le littoral, formant localement un lido.

Il existe plusieurs types de lagunes méditerranéennes, qui varient selon leur salinité et leur régime hydrologique¹⁵ :

- Les lagunes permanentes poly- et eu-halines sont en eau toute l'année, et ont une concentration en sel proche de la concentration marine, c'est-à-dire supérieure à 18 part per thousand (ppt), on parle alors de lagune marinisée. Ces lagunes sont les plus stables dans leur fonctionnement, malgré les variations de niveau d'eau et de salinité au cours de l'année.
- Les lagunes permanentes oligo- et méso-halines ont une salinité inférieure à 18 ppt, et leur assèchement est exceptionnel.
- Les lagunes temporaires s'assèchent selon une dynamique saisonnière, leur salinité et leur temporalité sont très variables.

Les échanges de masses d'eau dans les lagunes sont conditionnés par les arrivées d'eau de pluie par le bassin versant, l'évaporation par rayonnement, et par les entrées d'eau de mer par les graus ou par capillarité^{16,17,18}. Ces phénomènes sont fortement influencés par la hauteur d'eau des lagunes et de la mer, ainsi que des conditions de vent¹⁹. Ils impactent à leur tour la salinité et le niveau d'eau des lagunes.

L'habitat des lagunes méditerranéennes supporte de nombreux services écosystémiques, leur conférant ainsi un fort enjeu de conservation²⁰. Elles sont une zone de support pour la reproduction d'espèces de poissons migrateurs, qui peuvent par ailleurs avoir un intérêt économique, et sont un hot spot de biodiversité avec notamment de nombreuses espèces d'oiseaux²¹. De par leurs importantes ressources halieutiques, elles exercent un rôle conséquent d'approvisionnement alimentaire pour la population humaine. Via la riziculture et l'élevage, ce service d'approvisionnement est également porté par le paysage de Camargue, dans lequel s'inscrivent les lagunes du système Vaccarès. Les lagunes Camarguaises exercent également un rôle majeur de prévention de l'érosion et des crues²², et enfin un rôle culturel en supportant des activités touristiques et de loisir.

D. Le programme de financement européen Life MarHa

Pour permettre le maintien de ces services à plus grande échelle, et progresser dans la mise en œuvre de la DHFF, le programme de financement européen Life Marine Habitats (Life MarHa) permet d'apporter des fonds pour la protection des milieux marins ²³.

Dans le cadre de ce financement, une évaluation sexennale de l'état de conservation (EC) des habitats marins Natura 2000 doit être réalisée, afin d'adapter régulièrement les mesures de gestion aux besoins du site. D'après l'agence de l'eau du Rhône, de Méditerranée et de Corse ⁶, le bon état de conservation des lagunes correspond à un état des communautés et de la composition physico-chimique similaires à un état sans perturbation humaine, et qui permet le bon fonctionnement des processus écologiques.

Ce stage s'intègre alors dans la 4^{ème} évaluation de l'état de conservation de l'habitat d'intérêt communautaire et prioritaire "lagunes méditerranéennes" (1150*-2) à l'échelle de l'habitat Natura 2000 "Camargue".

II. Matériel & Méthodes

Dans le cadre du programme de financements Life MarHa, 15 lagunes ont été sélectionnées sur le site Natura 2000 "Camargue" afin d'évaluer leur état de conservation. L'objectif est alors d'améliorer les connaissances des sites, et donc d'adapter au mieux la gestion. Le stage réalisé par Clara Lalauze au PRNC en 2023 visait à travailler sur 9 d'entre elles (Carteau, la Grande Palun, Grand Rascaillan, Beauduc, Galabert, Vieux Rhône Sud, Brasinvert, Icard et la Baisse de L'Evêque Grande Rhée longue) ²⁴. Ce présent stage se place donc à la suite, et vise à évaluer l'état de conservation des 6 lagunes restantes, à savoir les lagunes du complexe Vaccarès (le Vaccarès, Monro, Malagroy, l'Impérial, Lion et Dame, voir Annexe 1).

A. Site d'étude : le système Vaccarès

Les différentes lagunes de cette étude sont toutes des lagunes permanentes, d'une salinité supérieure à 18 ppt. Ces différentes lagunes sont interconnectées entre elles, partageant des conditions d'hydrologie, de salinité et de pollution similaire, et formant ainsi le "complexe Vaccarès".

Le système peut être découpé en trois grandes parties. D'une superficie de 6 500 hectares, l'étang du Vaccarès est la partie centrale du complexe. Il est connecté d'une part aux étangs "Impériaux", constitué de l'étang de Monro, de Malagroy et des Impériaux, et d'autre part aux étangs "Inférieurs" constitués des étangs du Lion et de la Dame.

Situé au cœur du site Natura 2000, le statut foncier du complexe est séparé entre 2 propriétaires. Les étangs du Vaccarès, de Monro, du Lion et de la Dame sont la propriété du CdL, et font partie de la Réserve Naturelle Nationale de Camargue. D'autre part, les étangs de Malagroy et de l'Impérial sont la propriété du département des Bouches-du-Rhône, et forment le site ENS des "marais de Camargue". La RNNC est sous la gestion de la Société Nationale pour la Protection de la Nature (SNPN) tandis que le site ENS est placé en gestion départementale.

Ce système occupe une position centrale en Camargue, et est au cœur de conflit d'usage entre les différents acteurs du territoire. Comme dit précédemment, la Camargue est une zone où les activités humaines sont ancrées dans la tradition. Le réseau hydrologique est relativement impacté par les activités agricole et notamment rizicole, et peut être en contact avec certaines molécules polluantes. L'eau utilisée est ensuite déversée dans le bassin versant jusqu'aux lagunes. De plus, la modification du fonctionnement hydrologique naturel du milieu entraîne la stagnation de l'eau. Ceci, couplé à l'utilisation de divers engrais provoque l'eutrophisation du milieu qui est l'une des principales menaces pesant sur les lagunes ¹⁷, bien que le niveau d'eutrophisation soit en train de baisser à l'échelle de la Méditerranée grâce à une meilleure épuration des effluents ¹³. L'installation de plus en plus importante d'espèces exotiques envahissantes, couplée à toutes les menaces précédentes, entraîne une perte de biodiversité piscicole et ornithologique.

B. La méthode

La mise en place de la Stratégie d'évaluation de l'état de conservation de l'habitat "lagunes côtières" dans le cadre du projet Life MarHa a nécessité la rédaction d'une méthode sous la forme d'un guide d'application²⁵, et se déclinant sous la forme d'un classeur technique ¹⁵. Elle a été élaborée sous la coordination scientifique de L'Unité Mixte de Service Patrimoine Naturel (UMS PatriNat), et sous la coordination rédactionnelle des trois structures porteuses du pôle-relais lagunes méditerranéennes à savoir la TdV, le Conservatoire d'Espaces Naturels d'Occitanie (CEN-O) et l'Office de l'Environnement Corse (OEC).

Ainsi, 12 indicateurs ont été définis. Certains sont prioritaires et strictement nécessaires pour l'évaluation finale, tandis que d'autres sont facultatifs et permettent d'apporter plus de renseignements. Selon la nature hydrologique de la lagune, les indicateurs utilisés diffèrent. Dans le cadre de ce stage, 5 indicateurs sont étudiés, à savoir :

- i04 : Les Espèces Végétales Exotiques Envahissantes (EVEE), non prioritaire ;
- i06 : Les Espèces Animales Exotiques Envahissantes (EAEE), non prioritaire ;
- i07 : La connectivité à la mer, prioritaire ;
- i08 : La nature des berges, prioritaire ;

- i09 : Le fonctionnement hydrologique, prioritaire.

D'autres indicateurs sont prioritaires pour l'évaluation de l'EC des lagunes, mais ne sont pas traités ici. C'est le cas de la surface de l'habitat (i01), des macrophytes (i02a), de la colonne d'eau (i10) et des sédiments (i12). Enfin, il est possible d'utiliser d'autres indicateurs non prioritaires, tels que la surface des herbiers (i03), les invertébrés benthiques (i05) et les polluants chimiques (i11).

Les indicateurs manquants ont été préalablement obtenus dans d'autres études, c'est notamment le cas pour les indicateurs de l'étang du Vaccarès qui est suivi au titre de la DCE, et dont la plupart indicateurs sont communs avec l'évaluation de l'EC des sites Natura 2000. Les différents indicateurs seront compilés pour obtenir l'EC à l'échelle de chaque lagune, puis à l'échelle du site Natura 2000 dans un rapport ultérieur. D'après l'article 17 de la DHFF, l'évaluation à l'échelle du site Natura 2000 est inscrite dans le DOCOB et doit se faire tous les 6 ans, puis le rapportage de ces EC à l'échelle biogéographique est réalisé, afin de constituer des macro-indicateurs à l'échelle des régions biogéographiques européennes. Les informations sont remontées à la DREAL, puis via le Formulaire Standard de Données (FSD) à l'UMS PatriNat en charge de la gestion de la base de données Natura 2000 nationale. Cela permet de structurer la remontée des informations. L'évaluation de l'EC est vue à l'échelle du site Natura 2000 comme une aide à la gestion dans le but de maintenir ou d'améliorer l'EC de l'habitat.

C. Présentation détaillée des indicateurs

1. Les Espèces Végétales Exotiques Envahissantes (EVEE – i04)

La présence d'espèces exotiques envahissantes est une menace pesant sur les lagunes méditerranéennes, bien que cet indicateur ne soit pas prioritaire. L'objectif est de déterminer le

Tableau 1 : Grille de notation pour l'indicateur i04 - Espèces Végétales Exotiques Envahissantes

Modalités	Note
Moins de 1 % inclus du linéaire de berge ou de la surface est colonisé(e) par une espèce végétale exotique envahissante	0
Entre 1 et 10 % inclus du linéaire de berge ou de la surface colonisé(e) par une espèce végétale exotique envahissante	-5
Plus de 10 % du linéaire de berge ou de la surface est colonisé(e) par une espèce végétale exotique envahissante	-10

pourcentage de surface de lagune, ou de linéaire de berge envahi par une ou plusieurs EVEE listée dans le classeur technique pour les lagunes dont la salinité est supérieure à 18 ppt (Annexe 2). En fonction du pourcentage occupé, l'indicateur reçoit une note (Tableau 1).

2. Les espèces animales exotiques envahissantes (EAEE – i06)

De même que pour les espèces végétales, la présence EAEE représente une forte menace. Les lagunes sont particulièrement sensibles à *Ficopomatus*

Tableau 2 : Grille de notation pour l'indicateur i06 - Espèces Animales Exotiques Envahissantes

modalités	note
Le Cascaill est absent ou très rare sur la pièce d'eau. Les espèces nécessitant une surveillance mais n'étant pas prises en compte dans cette méthodologie d'évaluation font l'objet d'une surveillance régulière.	0
La présence de Cascaill est avérée, mais son impact s'avère peu significatif sur le fonctionnement de l'écosystème. Les espèces pour lesquelles l'indicateur s'applique sont présentes et ne font pas l'objet d'une surveillance.	0 (suivi recommandé)
Le Cascaill est bien représenté sur la pièce d'eau et son développement perturbe le fonctionnement de l'écosystème.	-10

enigmatus, plus couramment appelé cascaïl. Il s'agit d'un vers polychète sédentaire, produisant des tubes calcaires et pouvant former des massifs de plusieurs mètres de large. Ces récifs participent alors au comblement des lagunes en retenant les sédiments, et modifient ainsi l'hydrologie du milieu. La présence/absence de cette espèce est la seule retenue pour accorder une note à l'indicateur (Tableau 2), bien qu'il soit pertinent de noter la présence de toute EAEE pour établir les mesures de gestion.

3. Connectivité à la mer (i07)

D'après le classeur technique, l'objectif de cet indicateur est "de caractériser l'état de conservation de la liaison à la mer des lagunes à travers son degré d'artificialisation et son fonctionnement". La note de cet indicateur est obtenue en sommant la note de 2 paramètres (Annexe 3) :

- L'état de la structure, c'est-à-dire si le grau est naturel ou artificiel ;
- Le fonctionnement du grau, c'est-à-dire si la connexion à la mer est soumise à des comblements sédimentaires, donc si elle se maintient de manière autonome ou non.

4. Nature des berges (i08)

L'urbanisation et l'artificialisation des berges sont également des menaces importantes pesant sur les lagunes méditerranéennes²². Cet indicateur vise à déterminer le degré d'anthropisation des berges des lagunes. Il faut pour cela relever le

Tableau 3 : Grille de notation pour l'indicateur i08 - Nature des Berges

Modalités	Note
Plus de 85% des berges sont naturelles ou renaturées (catégorie 1), et moins de 10% des berges sont figées par des rochers ou des constructions verticales (catégorie 3)	0
Entre 70% et 85% des berges sont naturelles ou renaturées (catégorie 1), ou entre 10% et 20% des berges sont figées par des rochers ou des constructions verticales (catégorie 3)	-20
Moins de 70% de berges sont naturelles ou renaturées (catégorie 1), ou plus de 20% des berges sont figées par des rochers ou des constructions verticales (catégorie 3).	-40

type de berge sur tout le long du linéaire de la pièce d'eau et sur 5m au-delà du niveau d'eau "maximum normal". Le type de berge est déterminé selon sa pente et selon le substrat et la végétation présents (Annexe 4), les informations sont reportées sur QGIS. En fonction du pourcentage de linéaire de berges anthropisé, une note est accordée à l'indicateur (Tableau 3). Les longueurs des délimitations fictives entre deux étangs n'ont pas été prises en compte dans le calcul.

5. Fonctionnement hydrologique (i09)

Les lagunes côtières méditerranéennes sont des habitats notamment caractérisés par leur régime hydrologique. D'après le classeur technique, il est donc prioritaire de définir si "la pièce d'eau suit un

Tableau 4 : Grille de notation pour l'indicateur i09 - Fonctionnement Hydrologique

Modalités	Note
Fonctionnement hydrologique naturel ou assimilé	0
Fonctionnement hydrologique non naturel	-60

fonctionnement hydrologique normal par rapport à son fonctionnement de référence". Pour cela, il est nécessaire de déterminer le fonctionnement hydrologique normal de la lagune en se basant sur

des références historiques. Il sera alors possible d'identifier un potentiel "dérèglement de l'hydrologie par un apport massif d'eau douce du bassin versant (été) ou d'origine marine (salins)". La note de l'indicateur dépendra de la présence ou de l'absence d'un dérèglement hydrologique (Tableau 4).

D. Obtention et exploitation des résultats

Le déterminisme de la note de chaque indicateur, et l'identification des différents enjeux autour des lagunes a nécessité une importante diversité de sources. L'acquisition de données de terrain a été réalisée en voiture, en bateau, en vélo et à pied. Toutefois, de par la superficie des lagunes, la présence de propriétés privées et le classement en réserve interdisant l'accès à certaines zones, les relevés n'ont pas pu être aussi exhaustifs qu'espéré. De plus, les informations ont été obtenues par des recherches bibliographiques, des analyses cartographiques grâce aux différents Systèmes d'Informations Géographiques (SIG), mais également grâce aux nombreux échanges avec les gestionnaires d'espaces naturels et aux dires d'experts. Concernant les SIG, les pièces d'eau ont été préalablement délimité et leur typologie a été définie lors d'un précédent stage en 2021²⁶, en relation avec le référent géomaticien du PNRC.

La représentation cartographique des différentes informations obtenues a été réalisé avec la version 3.24.3 du logiciel SIG Qgis. Ces informations ont ensuite été transférées au Système d'Information Territorialisé (SIT)²⁷ des PNR de la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur (PACA).

III. Résultats

Tableau 5 : Note pour chaque lagune et chaque indicateur

Indicateurs Lagunes	Indicateur 4	Indicateur 6	Indicateur 7		Indicateur 8	Indicateur 9
	EVEE	EAAE	Connectivité à la mer ETAT	Connectivité à la mer - FONCTIONNEMENT	Nature des berges	Fonctionnement hydrologique
Vaccarès	-5	0	-7	-15	-20	-60
Impérial	0	0	-7	-15	0	-60
Malagroy	0	0	-7	-15	0	-60
Monro	0	0	-7	-15	0	-60
Lion	0	0	-10	-15	0	-60
Dame	0	0	-10	-15	0	-60

A. Espèces Végétales exotiques envahissantes

A l'échelle de la lagune du Vaccarès, on observe quelques occurrences de *Baccharis halimifolia*, *Amorpha fruticosa* et *Elaeagnus angustifolia* sur les berges. Ces occurrences sont concentrées au niveau des arrivées d'eau douce à l'est et au nord, et représentent 2,7 % du linéaire de berges, ce qui confère la note de -5 à l'étang du Vaccarès pour l'indicateur 4 – EVEE (Tableau 5, Annexe 5). Aucune

occurrence d'EVEE n'a été recensée sur les berges du reste du système, la note de 0 est donc accordée pour les autres lagunes (Annexe 6 et 7). L'absence de Jussie (*Ludwigia sp.*) est à noter.

B. Espèces Animales exotiques envahissantes

Aucune occurrence de Cascaïl n'est à déplorer dans les lagunes étudiées, ce qui permet l'attribution de la note de 0 à l'ensemble des lagunes du système Vaccarès pour l'indicateur 6 – Espèces Animales exotiques envahissantes. Quelques massifs ont toutefois été repérés à proximité de la zone d'étude, dans une lagune temporaire située entre l'étang de la Dame et la digue à la mer. D'autres espèces animales envahissantes sont cependant mentionnées par les gestionnaires d'espaces naturels et les pêcheurs, avec des occurrences croissantes de Crabes bleus (*Callinectes sapidus*) depuis une dizaine d'année, dont des femelles grainées, ce qui atteste d'une certaine reproduction dans les lagunes de Camargue (Annexes 5, 6 et 7).



Figure 1 : Photographie du pertuis de la Comtesse (à gauche) et des martellières à l'arrivée du Versadou (à droite)

C. Connectivité à la mer

Les échanges entre le système lagunaire du Vaccarès et la mer se font en 2 points fonctionnels. A l'ouest du système, le grau artificiel de la Fourcade permet un échange direct entre l'Impérial et la mer, accordant la note de -7 pour l'état de la connectivité. A l'est, le pertuis de

la Comtesse a été restauré récemment (Figure 1), et permet un échange entre l'étang de la Dame et les anciens Etangs et Marais des Salins de Camargue (EMSC), eux même reliés à la mer par des ouvertures temporaires et un grau situé à la pointe de Beauduc²⁴. La connectivité dépend également de la gestion hydraulique des EMSC. La connectivité de la Dame à la mer est donc indirecte et artificialisée, elle est donc notée à -10. La connectivité à la mer est régulée par des martellières, dont l'ouverture est gérée respectivement par la Commission Exécutive De l'Eau (CEDE) et par la SNPN Réserve de Camargue, ce qui confère la note de -15 pour le fonctionnement des connectivités, avec un total de -22 pour l'Impérial, et -25 pour la Dame (Annexe 8 et 9). A l'est de l'étang Impérial, il existe également le pertuis de Rousty, qui est désormais condamné par les dynamiques sédimentaires (Figure 2). De plus, la digue à la mer confine le système par le sud, et empêche toute création de graus naturels temporaires (Figure 3).



Figure 2 : Pertuis de Rousty comblé par des dynamiques sédimentaires

Les autres lagunes sont connectées à la mer indirectement via les autres lagunes du système : l'eau contenue dans le Vaccarès, Monro et Malagroy s'évacue principalement par le pertuis de la Fourcade, tandis que celle contenue dans l'étang du Lion s'évacue par le pertuis de la Comtesse. En effet, les échanges entre le Vaccarès et le système des Impériaux sont plus importants qu'entre le Vaccarès et les étangs Inférieurs, qui sont les plus isolés du système. D'après le guide technique, la note à accorder à ces lagunes serait de 0 pour l'état de la connectivité. Toutefois pour plus de représentativité des conditions de terrain, le choix a été fait – en accord avec le pôle relais lagunes - de leur accorder la note la plus déclassante, soit un total de -22 pour les étangs du Vaccarès, Monro et Malagroy, et -25 pour le Lion (voir Tableau 5). De plus, des accumulations de sédiments sont observées entre les étangs du Vaccarès et de Monro, ce qui réduit les échanges entre ces deux lagunes et donc la connectivité du Vaccarès à la mer, ceci notamment en été.

D. Nature des berges

Entre 70% et 85% des berges du Vaccarès sont naturelles, et entre 10% et 20% sont artificialisées (respectivement 83,5 % et 15,57%, Annexe 10 et 11), ce qui classe cette lagune en état moyen de conservation pour l'indicateur 8 – Nature des berges (note de -20). La lutte contre le battillage représente la première raison de ces artificialisations : une partie du linéaire de berge est enroché à l'est et au nord du Vaccarès notamment afin de protéger la route à proximité immédiate ; l'exutoire du canal de Rousty est régulièrement sujet à des travaux entrepris par l'ASA qui en est responsable ; les berges situées dans le domaine de Fielouse au sud-est de la lagune ont été renforcées avec des pneus et carcasses de voiture. De plus, des travaux ont été réalisés sur quelques dizaines de m une portion proche de la route départementale 37 afin de créer une risberme sous la surface. Les ports de pêche professionnelle sont également des causes d'artificialisation sur de petites portions du linéaire de berge. Les berges situées dans le domaine de Méjanès sont régulièrement alimentées en gravats en tous genres. Les berges naturelles sont constituées de nombreuses plages naturelles de sable coquillé, et certaines zones sablo-argileuses subissent l'érosion naturelle, ce qui forme de petites falaises d'environ 70 cm de haut (Annexe 12).

Les berges des lagunes de Monro, du Lion et de la Dame situées au cœur de la RNNC sont constituées de plage de sable coquillé, de sansouïres et de baisses. On trouve également sur cette zone le bois des Rièges, seule surface forestière de Camargue avec la ripisylve du Rhône. Les berges ne présentent pas de dégradations et sont en excellent état de conservation, ce qui leur confère la note de 0 pour cet indicateur (Annexe 13)

Sur les sites gérés par le département, l'accès et la circulation ne sont pas interdits. Bien que les berges soient très majoritairement naturelles, on observe un fort impact de la sur-fréquentation par

le passage des activités touristiques équestres notamment. L'impact sur la qualité des berges et sur le dérangement de la faune sont non négligeables, bien que selon le classeur technique, la note de ces lagunes pour cet indicateur soit de 0 (Annexe 14). De nombreux déchets amenés par le vent jonchent également les berges des îlots situées dans l'étang de l'Impérial.

E. Fonctionnement hydrologique

Le choix a été fait ici de comparer le fonctionnement hydrologique actuel avec le fonctionnement hydrologique considéré comme naturel du système, c'est-à-dire avec des échanges d'eau d'origine naturelle. Les notes de -60 ont été attribuées à l'ensemble des lagunes du système Vaccarès, en raison d'un dérèglement dans l'apport d'eau douce à l'échelle du système (Figure 2). Ce dernier est confiné entre les digues du Rhône et de la mer, l'apport d'eau est alors artificiel et provient majoritairement des canaux de drainage de la riziculture. Ces canaux présentent plusieurs ouvrages de franchissement gérés et régulièrement entretenus par des Associations Syndicales Autorisées (ASA) et les Associations Syndicales Constituées d'Office (ASCO), au nombre de 6 autour du système Vaccarès.

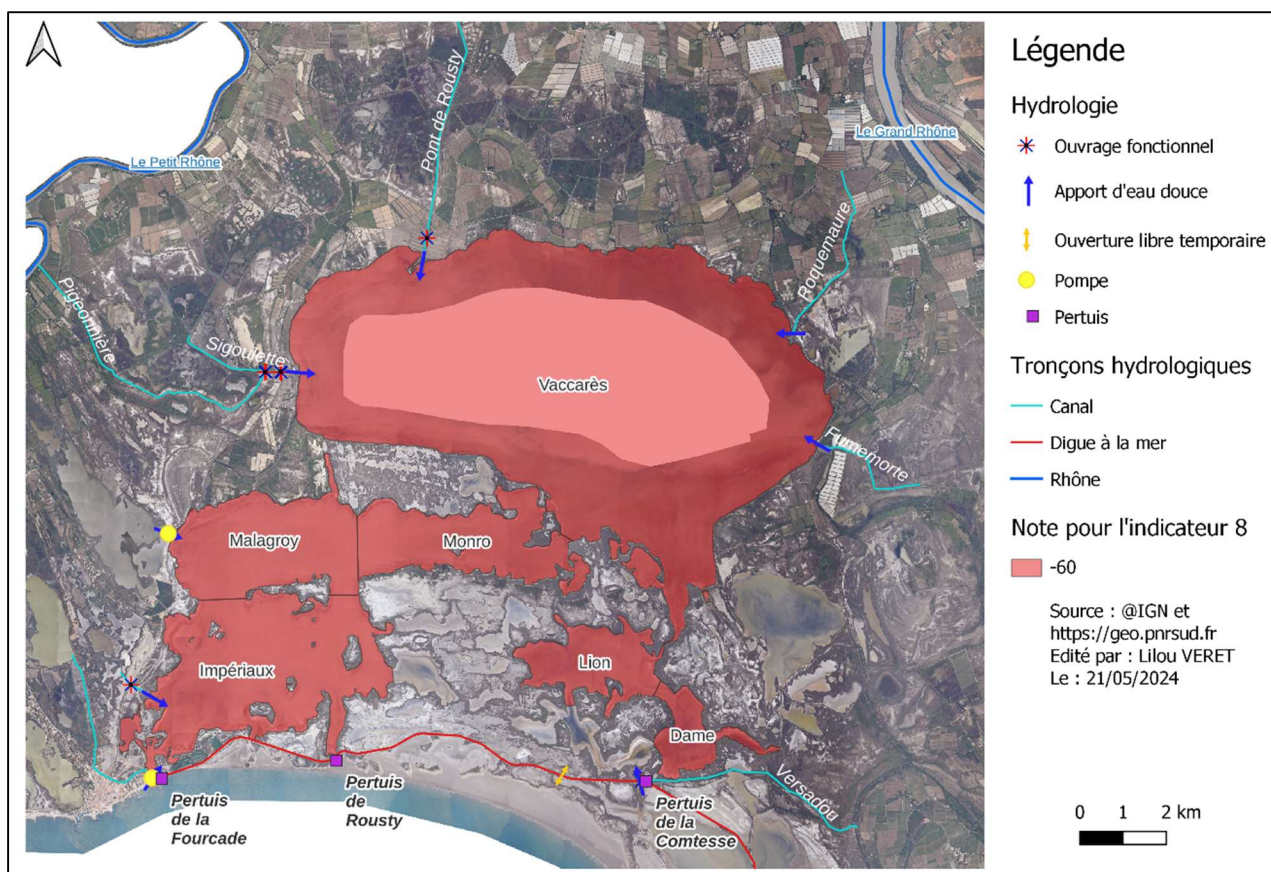


Figure 3 : Cartographie du fonctionnement hydrologique des lagunes du système Vaccarès

Sur les étangs Monro, Malagroy et Impérial, le réseau hydrographique est constitué de 3 entrées d'eau gérées par des martellières (Figure 3). Toutefois, les conditions sont trop peu souvent réunies pour permettre le fonctionnement de ces ouvrages, et donc un apport d'eau suffisant au bon

fonctionnement hydrologique de la lagune. Ainsi, la seule source d'eau douce est constituée par les eaux de pluie.

Au niveau du Vaccarès, il existe deux apports d'eau douce permanents à savoir les canaux de Roquemaure et de Fumemorte (Figure 3). Ces canaux sont utilisés pour le drainage des eaux agricoles de terres non poldérisées à l'est de la lagune. Ainsi l'eau douce n'arrive pas en bonne quantité, en bonne qualité et au bon moment dans le Vaccarès par rapport aux besoins naturels d'une lagune méditerranéenne. Ainsi, les niveaux d'eau et de salinité ne correspondent pas aux conditions naturelles en absence d'endiguement. Depuis l'été 2023, le Vaccarès compte un nouvel apport d'eau sans permanent sans influence agricole, via la roubine de la Pigeonnière, elle-même se jetant dans le canal de la Sigoulette en aval de toute martellière. Le CdL finance un autre apport par pompage direct au Rhône d'eau douce (sans influence agricole) au nord du Vaccarès sur le domaine de Mas Neuf. Enfin, les eaux de drainage des parcelles situées dans le bassin versant direct du Vaccarès sont également rejetées dans l'étang sans gestion particulière, et représentent un volume faible en comparaison avec les autres sources d'apports.

D'autres canaux débouchent sur le Vaccarès, tels que le Canal de la Sigoulette ou de Rousty. Il s'agit de canaux drainant les terres agricoles poldérisées, c'est-à-dire que l'eau ne s'écoule pas naturellement dans le canal, et qu'elle est la plupart du temps repompée dans le Rhône. Des conditions de vent, ainsi que de qualité et de niveau d'eau doivent être respectées pour permettre l'ouverture des martellières et ainsi l'écoulement de l'eau dans le Vaccarès, ce qui est assez rare.

Pendant la période estivale, les taux d'évaporation liés à la chaleur et aux conditions de vent sont très importants. Couplée aux dynamiques sédimentaires, la forte réduction du niveau d'eau entraîne notamment la déconnexion du système des Impériaux et du Vaccarès. Ceci, ainsi que la diminution des quantités d'eau douce apportée du bassin versant, entraîne une augmentation extrêmement importante de la concentration en sel, avec un pic exceptionnel à 180 g.L^{-1} dans l'étang Impérial pendant l'été, d'après les dires d'expert. Dans l'ensemble, les observations des gestionnaires et les mesures réalisées par la RNNC montrent une augmentation générale de la salinité dans le système Vaccarès depuis plusieurs années ²⁸.

IV. Discussion

A. Problématiques principales

Avec les endiguements du Rhône et de la mer finalisés en 1869, le système Vaccarès est isolé des apports naturels d'eau douce du bassin versant, et des échanges naturels avec la mer. La

connectivité à la mer et le fonctionnement hydrologique sont donc des indicateurs étroitement liés, et provoquant un déclassement important des lagunes du système Vaccarès.

Concernant la connectivité à la mer, bien que les 2 graus ne soient pas gérés par les mêmes organismes, leur ouverture s'inscrit dans un objectif commun de réduction de la salinité dans le système. En effet, l'augmentation de la concentration en sel est une problématique majeure en Camargue d'après le conseil scientifique de la RNNC²⁹. La remontée du sel par capillarité menace les activités agricoles, et l'augmentation de la concentration en sel dans les lagunes a des impacts négatifs sur la biodiversité. L'objectif est de limiter au maximum l'entrée de sel dans le système, et de favoriser l'entrée d'eau douce via le canal du Versadou qui se déverse en aval du pertuis de la Comtesse. L'objectif est également de favoriser la sortie d'eau du système vers la mer, afin d'évacuer une certaine quantité de sel. Les mesures de gestion d'ouverture du grau de la Fourcade ont été votées lors d'une commission de la CEDE, sur des bases de dires d'experts et d'expérience de gestionnaires (Annexe 15). Ainsi, l'ouverture du grau nécessite que le niveau d'eau de l'étang soit supérieur à celui de la mer. Or avec le réchauffement climatique et l'augmentation du niveau moyen de la mer (augmentation de 2,6 mm par an sur ces 30 dernières années³⁰), ces conditions sont de plus en plus rare. Cette situation peut toutefois être rendue possible grâce au mistral soufflant du nord, qui permet d'augmenter les niveaux d'eau localement aux alentours de la Fourcade, et pouvant ainsi permettre l'ouverture des martellières du pertuis¹⁹. En fonction de la différence de niveau entre la mer et les étangs, le nombre de vannes ouvertes varie entre 2 et 4 sur 13, pour limiter au maximum l'entrée de sel. A l'est du système, la connectivité est également difficile car elle est indirecte, l'eau passant par les EMSC. Le manque important d'apport d'eau douce par les précipitations et les apports du Rhône est fortement responsable des niveaux trop bas dans le système lagunaire, ce qui empêche l'évacuation du sel à la mer. Ainsi le fort confinement a tendance à augmenter, des modélisations de la TdV montrent qu'une molécule d'eau reste en moyenne 30 ans dans le système.

Une autre problématique est la dépendance du système aux eaux de drainage de la riziculture, qui modifie fortement le fonctionnement hydrologique naturel de la lagune. Le fonctionnement normal d'une lagune permanente est le suivant : A l'automne/hiver, suite aux précipitations plus importantes et aux crues du fleuve, la lagune se remplit grâce aux apports d'eau douce du bassin versant. A l'été, les taux d'évaporation sont plus importants, ce qui provoque une diminution naturelle du niveau d'eau allant de pair avec une augmentation de la salinité¹⁷. Toutefois les digues du Rhône empêchent le système de bénéficier des régimes de crue pour recevoir de l'eau douce, le rendant entièrement dépendant des apports artificiels. La riziculture nécessite la mise en eau des rizières au printemps, et une purge de ces dernières au milieu de l'été. Ainsi, l'eau arrive dans les lagunes en quantité trop importante pour la période. D'après le plan de gestion de la RNNC, "il résulte de cette

gestion de l'eau une stabilisation artificielle du système autour de seuils de niveau d'eau et de salinisation ne correspondant pas au fonctionnement écologique que le système connaissait avant l'endiguement du delta" ³⁰. De plus, l'utilisation de produits phytosanitaires par l'agriculture et les campagnes de démoustication provoque une dégradation de la qualité de l'eau se déversant dans les lagunes de la RNNC ^{31,32}, et peut notamment entraîner le déclin de certains herbiers ³³. Par ailleurs, les gestionnaires déplorent le manque de communication avec les ASA responsables de l'ouverture des clapets. La riziculture joue toutefois un rôle dans le maintien de ces habitats, en limitant dans une certaine mesure la salinisation de la zone. L'eau douce apportée dans les parcelles rizicoles, moins dense que l'eau salée, fait pression sur le biseau salé et limite donc sa remontée dans les terres.

La forte perturbation de la connectivité à la mer et du fonctionnement hydrologique a des répercussions sur la biodiversité piscicole dont le déplacement est entravé. La faible fréquence d'ouverture du pertuis de la Fourcade représente une barrière à la continuité écologique. C'est notamment une problématique pour la préservation de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*), espèce menacée dont le cycle de vie nécessite des migrations régulières entre les lagunes et le milieu marin. Il arrive toutefois que les martellières du pertuis soient ouverte pour permettre le passage de poissons lorsque ceux-ci s'accumulent devant les martellières afin de limiter la mortalité, bien que les niveaux d'eau ne soient pas favorables. Ces problèmes de connectivité ont également des impacts sur l'avifaune, qui est dépendante des lagunes pour son approvisionnement ³⁴.

Concernant les EVEC, bien que *Baccharis halimifolia* et *Amorpha fruticosa* soient très présentes sur certaines zones de la réserve, leur faible développement sur les côtes des lagunes permanentes et poly-euhalines du système Vaccarès sera due à la forte teneur en sel des eaux. Leur développement n'est alors possible qu'au niveau des arrivées des canaux d'eau douce qui diminuent localement la salinité. Ces espèces empiètent alors sur les roselières, ce qui réduit cet habitat favorable à la nidification de certaines espèces d'oiseaux. Des plants d'ambrosie à épis lisses (*Ambrosia psilostachya*) ont été recensés à l'ouest des Saintes-Maries-de-la-Mer, cette espèce ne semble donc pas être impactée par la salinité des eaux. Déjà présente en petite Camargue, son arrivée en Camargue est à surveiller. En plus des espèces à préoccupation majeure indiquées dans le guide technique, l'espèce aquatique de l'herbe à alligator (*Alternanthera philoxeroides*) connaît une expansion rapide le long des berges du Rhône. Sa résistance au sel en ferait une espèce à surveiller dans les habitats lagunaires ³⁵. Enfin, très présente en Camargue, la Jussie est absente du système Vaccarès, son développement étant rendu impossible par les taux de salinité trop élevés.

Le Crabe bleu connaît une rapide expansion le long des côtes méditerranéennes, et préoccupe donc les gestionnaires et autres acteurs du territoire de Camargue. Cette espèce est euryhaline, et

réalise ses cycles de reproduction en fonction des gradients de salinité ³⁶. Les lagunes saumâtres servent de lieu de nursery, et l'éclosion des larves se fait dans des eaux plus salées au large. Les modifications de salinité observées dans le système Vaccarès pourraient avoir des répercussions sur le développement de cette espèce. Le Cascaïl ne semble pas être une préoccupation majeure pour la conservation de ce système lagunaire, il n'existe pas de suivis de cette espèce sur les lagunes de la RNNC.

Les berges des étangs au cœur de la RNNC sont en très bon état de conservation, excepté pour le Vaccarès dont les berges sont dans un état altéré. On observe au bord du Vaccarès des traces nettes de batillages, avec des berges verticales érodées par l'action du vent et de l'eau. Ces falaises sablo-argileuses servent notamment de zone de nidification pour les Guépriers d'Europe (*Merops apiaster*) et certaines espèces d'Hirondelles. De nombreux tronçons ont été enrochés afin de lutter contre le batillage, l'augmentation de cette pratique pourrait d'autant plus déclasser la note de la lagune pour l'indicateur "Nature des berges". Cette pratique est à limiter car le système lagunaire présente un fort enjeu pour la reproduction de nombreux oiseaux, avec notamment les plages de sable coquillé qui sont des milieux favorables à la nidification du Gravelot à collier interrompu (*Charadrius alexandrinus*). D'après les dires de gestionnaires, nettement moins d'oiseaux sont observés sur les secteurs très artificialisés. Bien que ses travaux aient été destructeurs de milieux favorables à la nidification de l'Hirondelle de rivage (*Riparia riparia*), la risberme au nord du Vaccarès permet une protection de la berge tout en conciliant avec un potentiel accueil d'oiseaux nicheurs. Les enrochements ne permettront toutefois pas la recolonisation des herbiers. Les îlots de l'ENS de Camargue, et notamment l'îlot de Banaston situé dans l'étang Impérial sont le lieu de nidification de la Spatule blanche (*Platalea leucorodia*), espèce protégée et inscrite à l'Annexe 1 de la DO.

B. Propositions de mesures de gestion et perspectives

Bien que l'hydrologie du système soit drastiquement impactée par les aménagements humains, des solutions peuvent permettre de réhabiliter une partie du fonctionnement de cet écosystème. Le mauvais état de conservation de la lagune du Vaccarès est bien connue grâce à de nombreux suivis, dont les suivis DCE permettant d'évaluer au mieux l'évolution de ses conditions hydrologiques. Afin de tenter de répondre aux enjeux de salinisation, d'apport d'eau douce et de pollution de l'eau de la RNNC, la SNPN réserve de Camargue a mis en place avec la collaboration du CdL et des services de l'état le **plan de sauvegarde du Vaccarès**. Le but est d'améliorer l'état de conservation de la lagune, déjà jugé "mauvais" en 2021 lors de l'évaluation du plan de gestion, en favorisant l'apport d'eau douce directement du Petit et du Grand Rhône vers le Vaccarès, sans impact direct des activités agricoles. La mise en place de ce plan se fait en relation avec les ASA et les gestionnaires d'espaces naturels à proximité. Ainsi, la restauration de la prise gravitaire des Grandes Cabanes avec le canal

de la Pigeonnière a été réalisé par l'OFB à l'été 2023, en s'inscrivant dans le cadre du plan de sauvegarde du Vaccarès ³⁷. Plusieurs martellières sont présentes le long du canal, avec une gestion favorisant leur ouverture permanente. La gestion des martellières du canal de la Sigoulette a également évolué dans le sens du plan de sauvegarde, en augmentant les temps d'ouverture sur la lagune. Le CdL finance également le pompage d'eau du Rhône vers le Vaccarès, sur le domaine de Mas Neuf. Enfin, d'autres projets sont envisagés, dont une prise gravitaire du petit Rhône jusqu'à la station de pompage de l'éolienne aux Saintes-Maries-de-la-Mer. La qualité des eaux apportées reste toutefois discutable, au vu des nombreuses activités industrielles dans le bassin du Rhône et des rejets des eaux de drainage rizicoles dans le petit Rhône, les polluants apportés par le Rhône représentent 10% des polluants du Vaccarès ³⁸.

Le plan de gestion de la RNNC prévoit également d'améliorer la connectivité à la mer en restaurant les pertuis ^{18,30}. Des travaux de restauration entrepris par le Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement des Dignes du Delta du Rhône et de la Mer (SYMADREM) sur le pertuis de la Fourcade devraient se terminer en 2025. Dans un premier temps, la mise en place de passes à poissons et à anguilles devrait restaurer la continuité écologique pour ces espèces ³⁹. De plus, l'objectif est d'automatiser l'ouverture des martellières en fonction des niveaux d'eau et des mesures de gestion définies par un modèle prochainement créé par la SNPN Réserve de Camargue. Ceci permettrait alors d'optimiser les entrées et sorties d'eau dans le système, dans le but de réduire le tonnage de sel total dans les lagunes. Enfin, le nombre de martellières du pertuis devraient passer de 13 à 18, avec une augmentation de leur taille, afin de doubler sa capacité de ressuyage en cas de crue majeure.

D'autre part, l'amélioration de la connectivité à la mer du système Vaccarès via les EMSC s'inscrit dans le plan de gestion des EMSC. L'ouverture des martellières se fait dans le but d'assurer la continuité hydro-biologique entre le système Vaccarès et la mer, lorsque la qualité de l'eau (en termes de pollution et de salinité) le permet. La menace de la salinisation reste toutefois importante au vu de l'historique du site ⁴⁰.

L'intégralité du système n'est partagée qu'entre deux gestionnaires, ce qui permet une bonne communication et l'élaboration de plans de gestion selon les mêmes objectifs. En effet, les plans de gestion des deux sites sont proposés par la SNPN, en collaboration avec la TdV. La différence réside dans la fréquentation des sites : la circulation sur la RNNC est strictement interdite, tandis qu'elle est tolérée dans l'ENS. Le département des Bouches-du-Rhône souhaite demander la création d'un arrêté de protection de biotope sur les lagunes de l'Impérial et de Malagroy, afin d'avoir un dispositif réglementaire pour assurer une protection plus forte de cette zone à enjeux.

Le territoire est partagé entre de nombreuses activités, et les mesures de gestion d'un site amont ont des répercussions directes sur le reste du bassin versant. Ainsi, la concertation des différents acteurs est également un outil important pour les gestionnaires d'espaces naturels et les animateurs de sites Natura 2000. Des groupes de travail tels que le séminaire de la CEDE permettent de regrouper les acteurs, de comprendre l'intégralité des enjeux, et de chercher ensemble des solutions pour réduire les problématiques de salinité notamment.

C. Critique de la méthode

La méthode proposée par l'UMS PatriNat pour évaluer l'état de conservation de l'habitat 1150* - lagunes côtières méditerranéennes a permis de dresser un état des lieux le plus objectif possible des lagunes du système Vaccarès. Utilisé à l'échelle du bassin méditerranéen de France, il permet de comparer les résultats des différents systèmes lagunaires, et facilite les échanges avec les différentes personnes chargées de dresser l'état de conservation de cet habitat. Les résultats obtenus dans cette présente étude permettront de d'évaluer l'état de conservation de l'habitat à l'échelle du site Natura 2000, dans le but d'améliorer les mesures de gestion à l'échelle locale, et les connaissances de l'habitat à l'échelle européenne. Comme en attestent les réunions entre les différents acteurs du pôle relais lagunes méditerranéennes, cette méthode est sujette à évolution selon les retours des gestionnaires et personnes qui l'utilisent.

L'état de conservation total des étangs du système Vaccarès est très impacté par le fonctionnement hydrologique, dont la note de -60 est la plus déclassante de la méthode. Le choix a été fait de comparer le fonctionnement actuel et le fonctionnement naturel du système en absence d'endiguements, afin de montrer le fort impact des activités humaines sur l'hydrologie du système. Toutefois, la binarité de cet indicateur est discutable, il serait pertinent de pouvoir nuancer le propos. En effet, les apports d'eau douce des étangs Impériaux et Vaccarès ne sont pas impactés à la même échelle par les activités humaines que pour l'étang du Lion.

L'évaluation de l'état de conservation des lagunes connectées indirectement à la mer est assez ambiguë, il est difficile de prendre en compte dans la note à la fois l'état de la connectivité entre les lagunes, et entre la lagune finale et la mer. Il a donc été choisi en accord avec le pôle relais lagunes d'accorder à la lagune la note de la connectivité la plus déclassante, que ce soit le grau ou la connectivité entre 2 lagunes. De plus, la note prend peu en compte la fréquence d'ouverture des pertuis pour les graus gérés par l'activité humaine, et les modalités de gestion dont elle découle.

Au sujet de la nature des berges, certains termes imprécis rendent difficile le classement de la berge dans l'une des catégories. Des berges verticales issues de l'érosion naturelle par le battillage ont été observées. Elles ont été caractérisées comme naturelles en accord avec les gestionnaires du site.

De plus, le terme "artificialisation en arrière trop proche" est fortement sujet à interprétation, ce qui peut modifier les résultats. Pour plusieurs berges, les abords directs (5 m après le niveau normal) sont naturels, avec la présence d'une route en arrière-plan. Ces berges ont été classés en catégorie 1, en supposant que la présence de la route n'empêchait pas l'écologie naturelle de la lagune. De même pour la présence d'EVEE sur "le linéaire de berge", aucune distance n'est indiquée et rend ce terme ambigu.

Enfin, le guide technique demande une prospection totale des berges de la lagune, notamment pour les indicateurs 4 – EVEE et 8 – Nature des berges. Toutefois, au vu de la taille du site d'étude, des difficultés d'accès et du caractère privé de certaines parcelles, l'exhaustivité totale des résultats n'a pas pu être obtenue. Un relevé exhaustif des EVEE sur les lagunes, sur le linéaire de berge et dans les terres permettrait d'améliorer les connaissances sur cette problématique à l'échelle du site.

Conclusion

Les lagunes du système Vaccarès présentent de fortes perturbations de leur fonctionnement hydrologique et de leur connectivité à la mer, ce qui constitue un fort enjeu pour le territoire Camarguais.

En effet, ce système est au cœur du territoire, et il est le point de convergence de nombreuses activités humaines. La Camargue est une terre modelée au fil du temps par l'Homme et ses actions, cet écosystème serait alors très différent sans ces activités. Bien qu'elles aient un impact souvent négatif sur la qualité de l'eau, elles permettent également le maintien de certains habitats patrimoniaux abritant une faune et une flore unique.

Les différents acteurs sont très attachés au territoire à forts enjeux qu'est la Camargue. Le but du PNRC est alors d'établir une communication entre ces acteurs, afin de concilier les différents activités humaines (riziculture, élevage, tourisme, pêche, chasse...) avec les enjeux de protection de la nature d'un site Natura 2000.

Les habitats de lagunes côtières sont très sensibles aux changements climatiques, la Camargue ne fait pas exception. La réduction depuis plusieurs années des apports d'eau douce dans le système Vaccarès, couplé à l'évolution rapide du trait de côte et de l'augmentation du niveau de la mer font peser une réelle menace sur le maintien d'un bon état de conservation de ces lagunes. Cela nécessite de prendre rapidement des mesures de gestion en conséquence, comme on a pu le voir avec le plan de sauvegarde du Vaccarès.

Les résultats de cette présente étude seront repris dans un rapport ultérieur visant à évaluer l'état de conservation à l'échelle du site N2000 "Camargue". Ce travail présentera certaines difficultés, car à note équivalente, chaque lagune a des particularités précises qui nécessitent d'adapter la gestion au cas par cas.

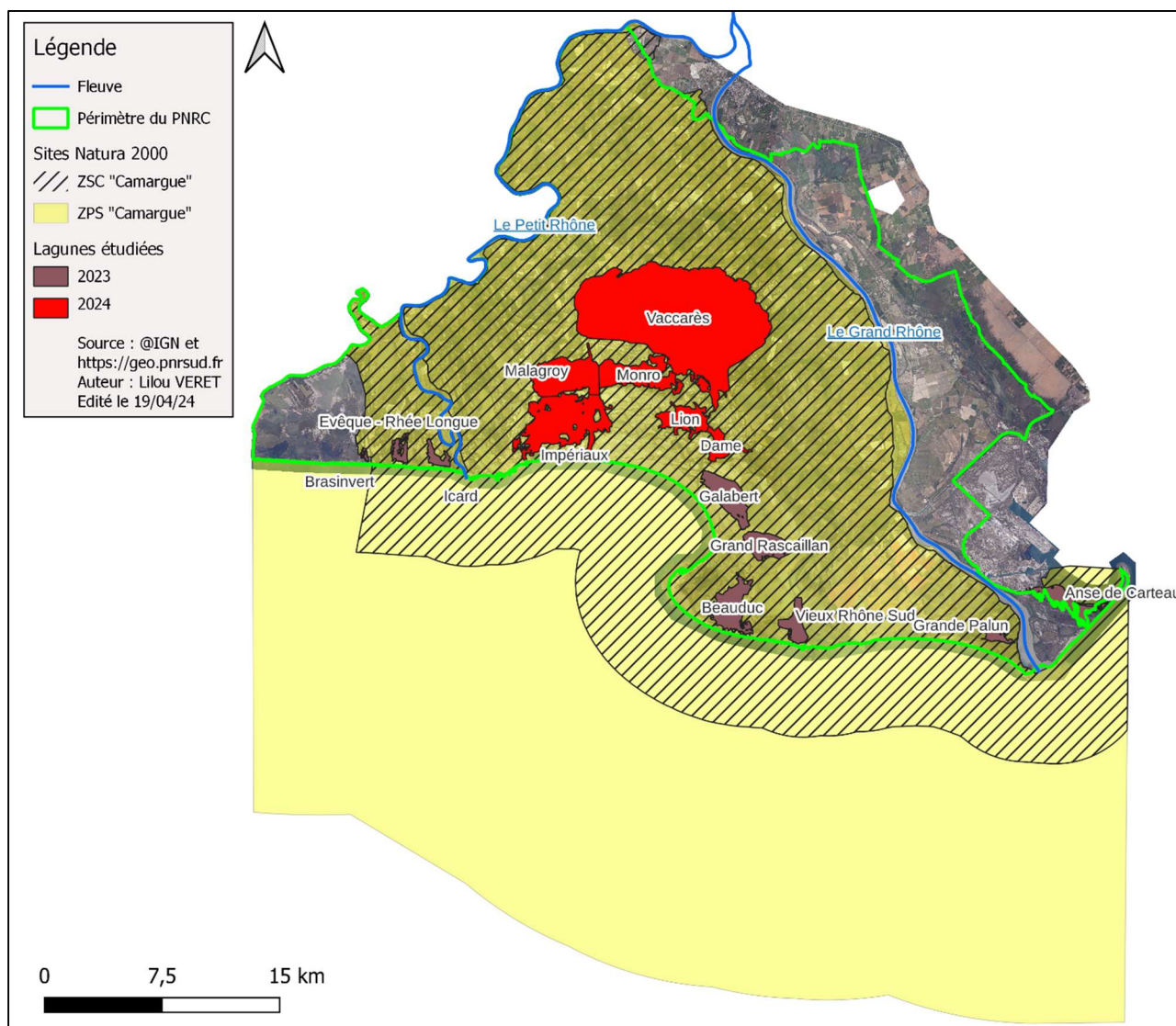
Bibliographie

1. Larrieu C. *et al.* Érosion de la biodiversité. *La France face aux neuf limites planétaires* (2023) <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/la-france-face-aux-neuf-limites-planetaires/5-erosion-de-la-biodiversite.php> (consulté le 10/04/24).
2. IPBES. Communiqué de presse : Le dangereux déclin de la nature : Un taux d'extinction des espèces « sans précédent » et qui s'accélère | IPBES secretariat. <https://www.ipbes.net/node/35236> (2019).
3. Accueil | Natura 2000. <https://www.natura2000.fr/> (consulté le 02/04/2024)
4. Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires. Réseau européen Natura 2000. <https://www.ecologie.gouv.fr/reseau-europeen-natura-2000-0> (consulté le 02/04/2024).
5. Parc Naturel Régional de Camargue. Camargue : Natura 2000 dans le delta du Rhône. <http://www.parc-camargue.fr/natura2000.html> (consulté le 03/04/2024)
6. Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse. Etat des eaux lagunaires du Rhône, de Méditerranée et de Corse (2021).
7. Cimiterra, N. *et al.* Diagnostic du compartiment macrophyte dans 17 masses d'eau de transition lagunaires sur la période du plan de gestion 2016 - 2021 - Directive Cadre sur l'Eau, Bassin Rhône Méditerranée et Corse (2021).
8. Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires. Gestion de l'eau en France. <https://www.ecologie.gouv.fr/gestion-leau-en-france> (consulté le 10/04/2024).
9. DREAL Hauts-De-France. Qu'est-ce qu'un Parc Naturel Régional ? <https://www.hauts-de-france.developpement-durable.gouv.fr/?Qu-est-ce-qu-un-Parc-Naturel-Regional> (consulté le 12/04/2024).
10. SIT PNR Sud. Protections et gestionnaires de la Camargue. <https://sit.pnrsud.fr/adws/app/06e5cdb1-124f-11e8-aaeb-db2cd59c9332/index.html> (consulté plusieurs fois entre le 02/04/2024 et le 21/05/2024).
11. Parc Naturel Régional de Camargue. Réserve de biosphère Camargue. <http://www.parc-camargue.fr/reserve-biosphere-camargue.html> (consulté le 04/04/2024).
12. Parc Naturel régional de Camargue. Charte du Parc naturel régional de Camargue - Objectif 2022. (2010). <https://www.calameo.com/books/001239688e9660e98a746>.
13. Muséum National d'Histoire Naturelle. Cahier d'habitat Natura 2000 - Tome 2 : Habitats côtiers. (2004).

14. Pôle relais lagunes méditerranéennes. Qu'est-ce qu'une lagune ? <https://pole-lagunes.org/les-lagunes/definition-genese/> (consulté le 03/04/2024).
15. Barré, N *et al.* Etat de conservation des "Lagunes côtières" d'intérêt communautaire (UE 1150*) : Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000 - Annexe façade méditerranéenne - Classeur technique (2020).
16. Parc Naturel Régional de Camargue. Etude hydraulique et hydrobiologique des canaux de Camargue - Volume 1 : Etat des lieux et diagnostic (2004).
17. Tallon, G. Transformation de la Camargue par la riziculture Evolution du Vaccarès. *Revue d'Écologie (La Terre et La Vie)* **8**, 65–79 (1954).
18. SNPN Réserve Naturelle Nationale de Camargue. Evaluation qualitative du plan de gestion 2016-2020 de la réserve naturelle nationale de Camargue (2021).
19. Boutron, O. *et al.* An Unstructured Numerical Model to Study Wind-Driven Circulation Patterns in a Managed Coastal Mediterranean Wetland: The Vaccarès Lagoon System. *Water* **7**, 5986–6016 (2015).
20. Reid, W. V. Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and Human Well-Being. (2005).
21. Newton, A. *et al.* Assessing, quantifying and valuing the ecosystem services of coastal lagoons. *Journal for Nature Conservation* **44**, 50–65 (2018).
22. Ligorini, V. Trajectoires d'évolution des communautés phytoplanctoniques et des lagunes côtières du littoral corse et applications. Biologie végétale. Université Pascal Paoli Français. NNT : 2023CORT0005). tel-04216739) (2023).
23. Life Marha. Life Marha, <https://www.life-marha.fr/> (consulté le 03/04/2024).
24. Lalauze, C. Mise en œuvre de l'évaluation de l'état de conservation des lagunes côtières méditerranéennes (1150*-2) à l'échelle du site Natura 2000 "Camargue" (2023).
25. Lepareur, F. *et al.* ETAT DE CONSERVATION DES «LAGUNES CÔTIÈRES» D'INTERET COMMUNAUTAIRE (UE 1150*) - Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000 - Guide d'application (Version 2) (2018).
26. Oswatte Liyanage P. Suivi Spatiotemporel des eaux de surface dans les lagunes côtières méditerranéennes (France). (2021).
27. SIT PNR Sud. Patrimoine naturel et biodiversité. <https://sit.pnrsud.fr/adws/app/af44ea6d-0b14-11e7-815c-4dd9d5f5ecaa/index.html> (consulté plusieurs fois entre le 02/04/2024 et le 21/05/2024).
28. SNPN Réserve Naturelle Nationale de Camargue. Bulletin d'information scientifique de l'hiver 2023 (2023).

29. Ramade, F. Avis du Conseil Scientifique de la Réserve naturelle nationale de Camargue réuni le 18 novembre 2022 et portant sur l'actualisation du Plan de Gestion (2022).
30. SNPN Réserve Naturelle Nationale de Camargue. Plan de gestion - Section B1 : Stratégie de Gestion de la Réserve - 2023 - 2027. (2022).
31. Tetreau, G. Devenir du bioinsecticide Bti dans l'environnement et impact sur le développement de résistances chez le moustique. Sciences agricoles. Université de Grenoble. Français. NNT : 2012GRENV020. tel-00813611v2. (2012).
32. Rochez, H. *et al.* Contamination du peuplement de poissons d'un étang de la réserve naturelle nationale de Camargue, le Vaccarès, par des polluants organiques persistants. *Revue d'Écologie* **58**, 77–102 (2003).
33. Espel, D. *et al.* Dynamics of the seagrass *Zostera noltei* in a shallow Mediterranean lagoon exposed to chemical contamination and other stressors. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **222**, 1–12 (2019).
34. Poizat, G. *et al.* Long-term fish and macro-crustacean community variation in a Mediterranean lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **59**, 615–624 (2004).
35. Centre de ressources – Espèces exotiques envahissantes. <http://especes-exotiques-envahissantes.fr/> (consulté le 02/05/2024).
36. Marchessaux, G. *et al.* Environmental drivers of size-based population structure, sexual maturity and fecundity: A study of the invasive blue crab *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) in the Mediterranean Sea. *PLOS ONE* **18**, e0289611 (2023).
37. SNPN Réserve Naturelle Nationale de Camargue. Communiqué de Presse : Lancement du Plan de Sauvegarde de l'Étang du Vaccarès en Camargue (2022).
38. Comoretto, L. *et al.* Pesticides in the Rhône river delta (France): Basic data for a field-based exposure assessment. *Science of The Total Environment* **380**, 124–132 (2007).
39. SYMADREM. Fiche opération - Pertuis de la Fourcade. <https://www.symadrem.fr/construire-preserver/operations/chantiers/pertuis-de-la-fourcade/> (Consulté le 15/05/2024).
40. Conservatoire du littoral. Plan de Gestion des Etangs et Marais des Salins de Camargue 2023-2032 - Volet 1 : Etat des lieux et diagnostic (2022).

Annexes







Annexe 1 : Cartographie du Site Natura 2000 "Camargue"




	Nom du taxon	Nom vernaculaire	Statut Occitanie	Statut* PACA (Med)	Statut** Corse
Lagunes salées > 18 ppt	<i>Sargassum muticum</i>	Sargasse japonaise			
	<i>Melanothamnus harveyi</i>	Polysiphonie de Harvey			
	<i>Colpomenia peregrina</i>	Voleuse d'huîtres			
	<i>Baccharis halimifolia</i>	Séneçon en arbre	Émergente	Majeure	Alerte
	<i>Amorpha fruticosa</i>	Indigo du Bush, Amorphe buissonnante	Émergente	Majeure	Prévention
	<i>Symphytotrichum x salignum</i>	Aster à feuilles de saule	Émergente	Majeure	Prévention
	<i>Caulerpa taxifolia</i>	Caulerpe à feuilles d'if			
	<i>Valonia aegagropila</i>	Valonie en pelote			
	<i>Codium fragile</i>	Algue chou-fleur			
	<i>Caulerpa cylindracea</i>	Caulerpe raisin			

Liste d'espèces végétales non indigènes présentes dans les lagunes et à proximité.

*Liste_EVEE_PACA_CBNA_CBNMed_2020:invmed.fr **Liste_EVEE_CBN de Corse_2019

Annexe 2 : Liste des Espèces Végétales Exotiques Envahissantes à recenser pour l'indicateur 4

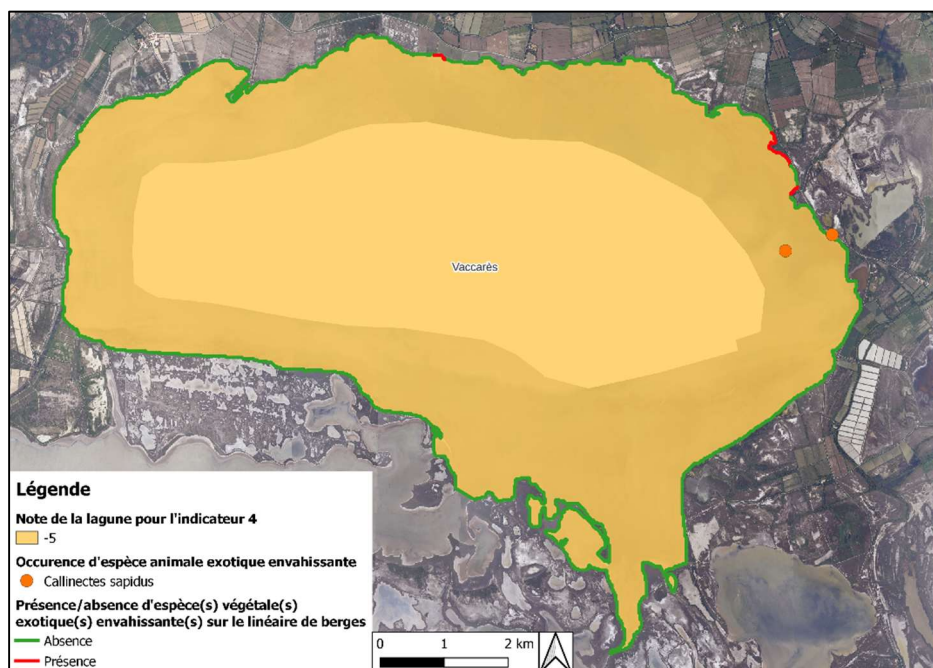
Modalités	Note	
Grau naturel : la connectivité à la mer n'est pas contrainte par des constructions humaines (e.g. béton, enrochement, digues, barrages). OU connectivité indirecte à la mer, naturelle, par le biais d'autres lagunes.	0	
Grau artificiel : la liaison à la mer existe, mais elle est contrainte par des constructions humaines (e.g. béton, enrochement, digues, barrages, pont).	-7	
Connectivité à la mer indirecte artificialisée par le biais d'un canal ou d'une buse.	-10	
Le grau est obstrué par différents éléments (e.g. remblais, digue en rochers).	-15	

Modalités	Note	
La connectivité à la mer se maintient de manière naturelle, sans intervention anthropique ou ne nécessite pas de dragage récurrent.	0	
Les dynamiques sédimentaires sont contraintes et nécessitent une intervention anthropique : la connectivité à la mer ne fonctionne plus de manière autonome.	-7	
La connectivité à la mer est insignifiante ou n'existe plus ; il existe des barrières qui limitent les migrations (e.g. filets) ; le rythme des ouvertures/fermetures est contraint par des activités économiques ou touristiques qui ne tiennent pas compte du fonctionnement naturel de la lagune. La connectivité aux zones périphériques de la lagune nécessite des interventions fréquentes ou a été rompue.	-15	
TOTAL	---	

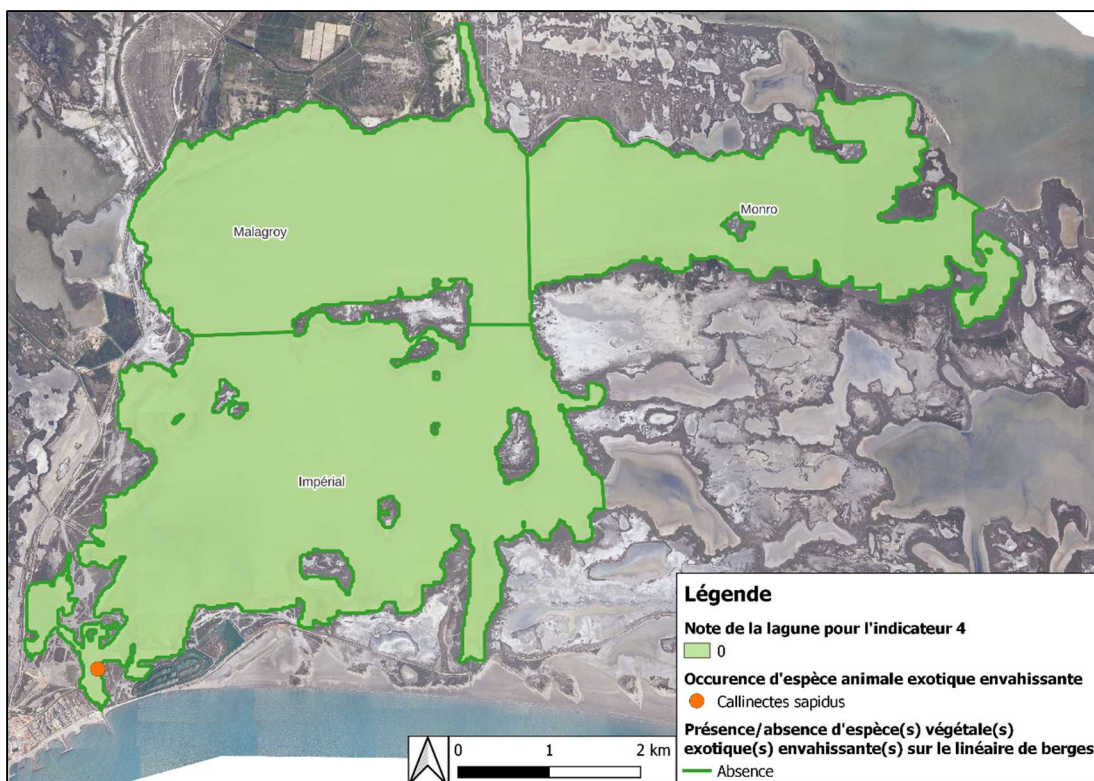
Annexe 3 : Grille d'évaluation de l'indicateur 7 - Connectivité à la mer

Pente de la berge	Substrat et végétation	Catégorie
Presque nulle	Substrat meuble généralement sableux, nu ou avec végétation halophile	Catégorie 1 : berges naturelles ou renaturées
	Substrat meuble et végétation halophile continue ou éboulis naturels à flanc de colline	
Intermédiaire : ± 45°	Substrat meuble (parfois avec restes d'enrochements anciens) avec végétation d'espèces halophiles en cours de développement ou végétation continue mais artificialisation en arrière trop proche (route, mur, ...)	Catégorie 2 : berges en renaturation ou peu artificialisées
	Enrochée (à l'exception des éboulis naturels à flanc de colline), ou substrat meuble à nu	Catégorie 3 : berges artificialisées
Verticale	Quels que soient le substrat ou la végétation (à l'exception des falaises naturelles qui rentrent dans la catégorie 1)	

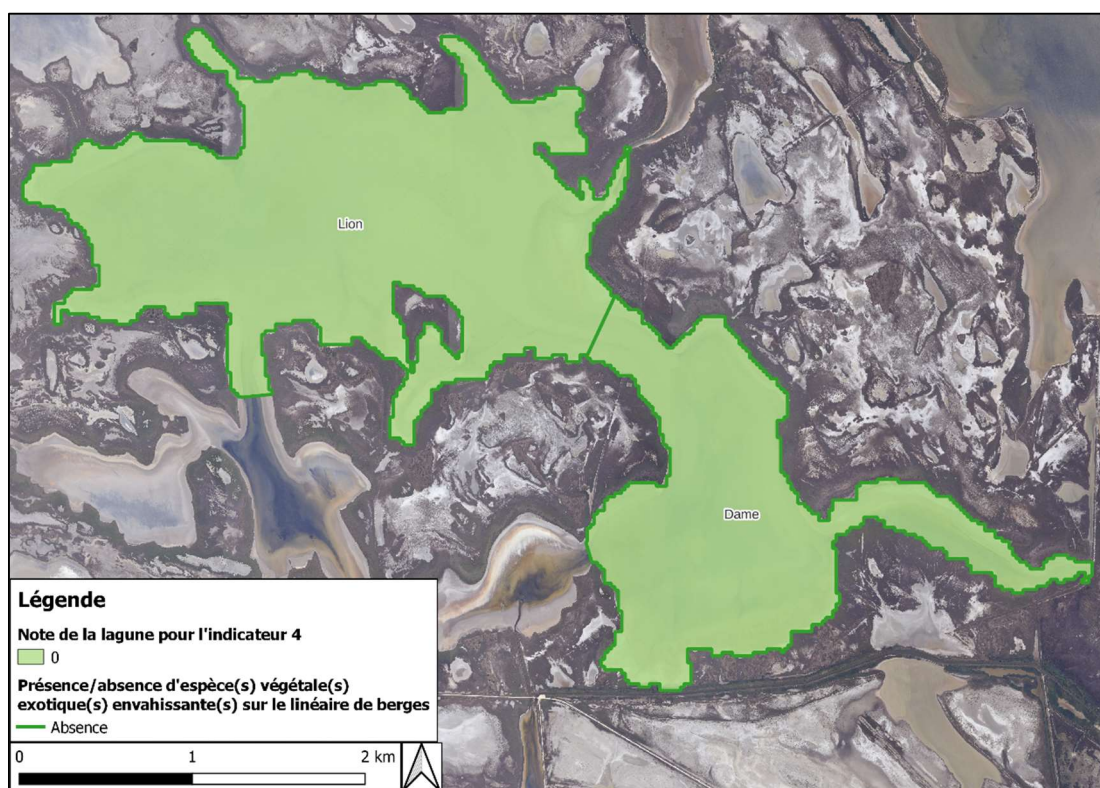
Annexe 4 : Grille de catégorisation des berges



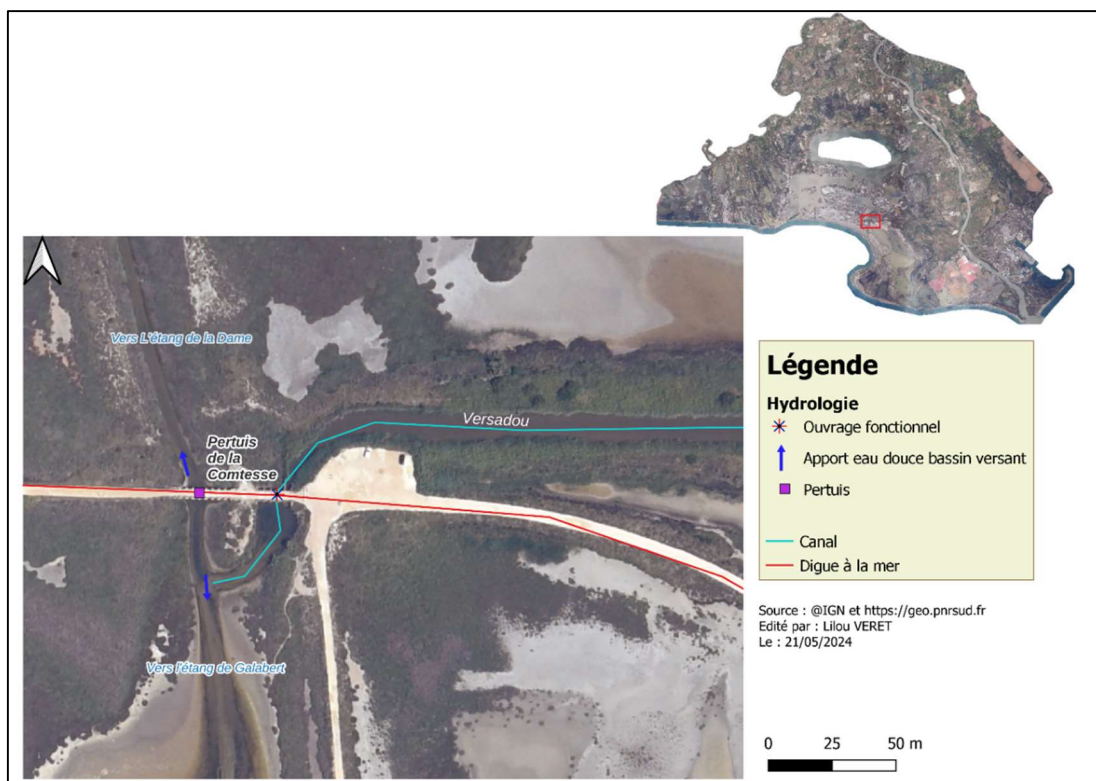
Annexe 5 : Cartographie des occurrences d'espèces exotiques envahissantes animales (entre 2021 et 2024) et végétales (2024) sur la lagune du Vaccarès.



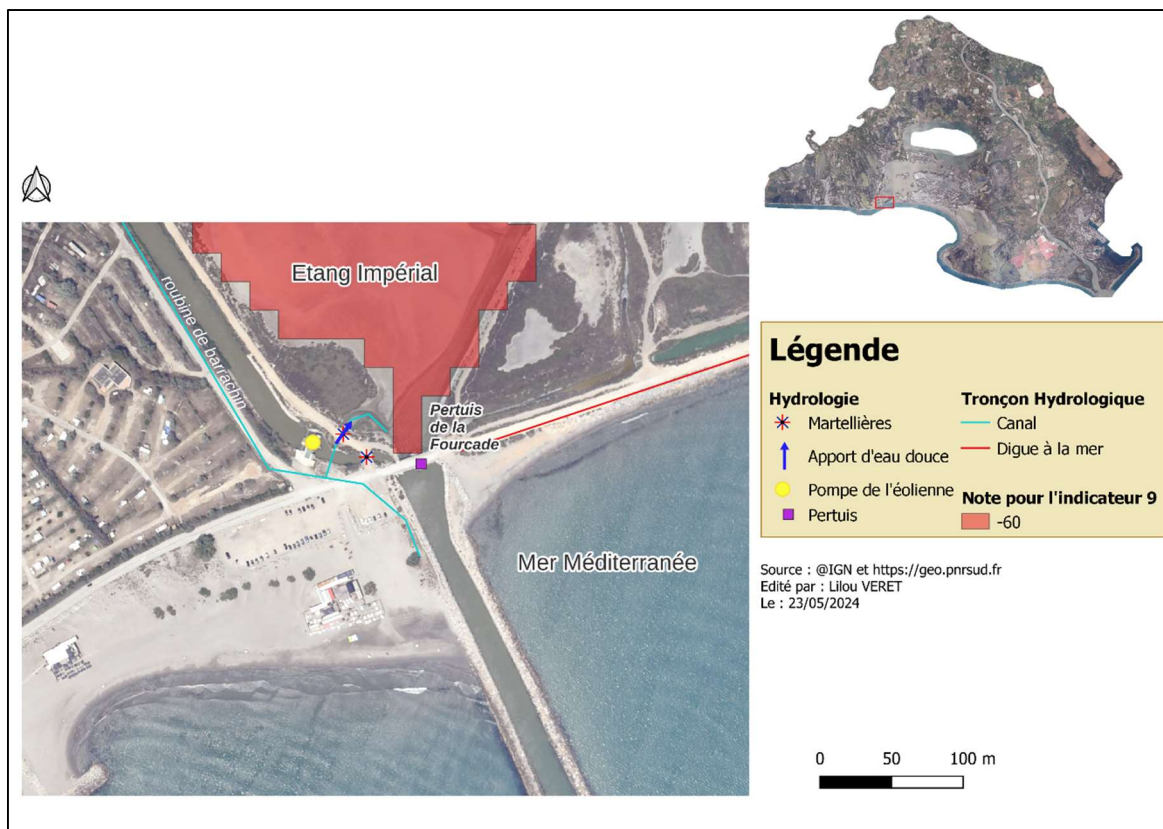
Annexe 6 : Cartographie des espèces exotiques envahissantes animales (entre 2021 et 2024) et végétales (2024) sur les étangs Impériaux.



Annexe 7 : Cartographie des espèces exotiques envahissantes animales (entre 2021 et 2024) et végétales (2024) sur les étangs Inférieurs



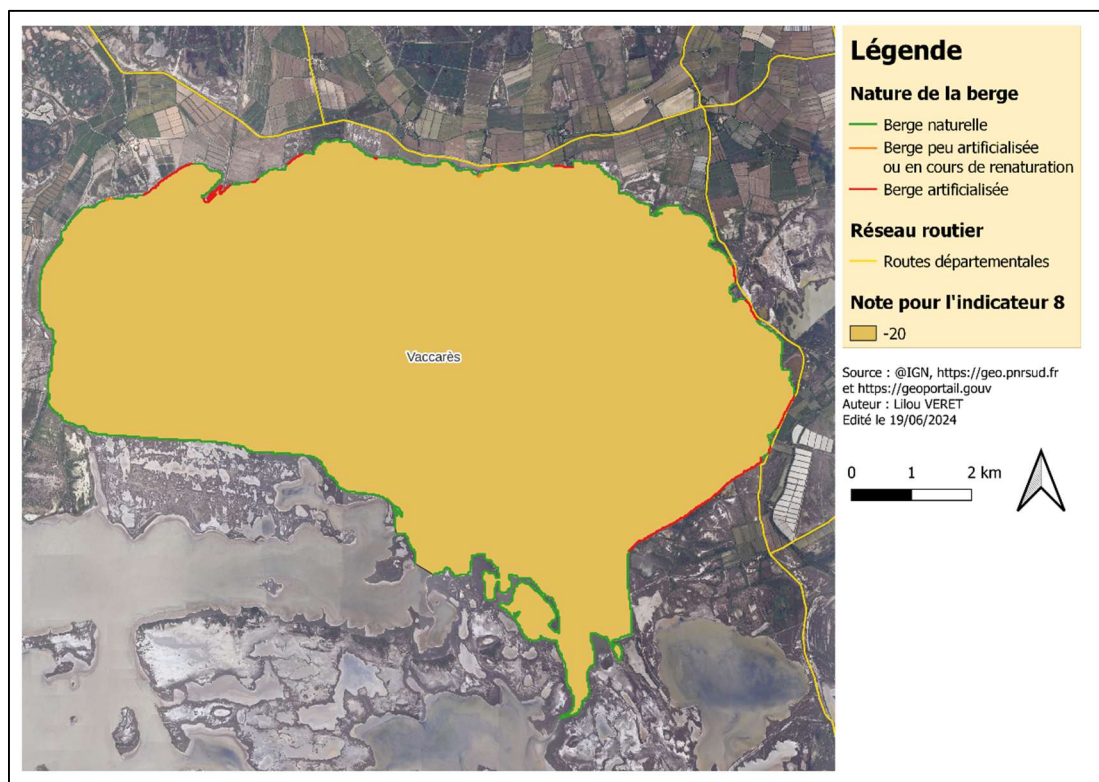
Annexe 8 : Cartographie du fonctionnement hydrologique du pertuis de la Comtesse



Annexe 9 : Cartographie du fonctionnement hydrologique du pertuis de la Fourcade

Code classe hydrologique	Type de berge	Catégorie de berge correspondante	Longueur de berge (en m)	% de la longueur totale	Note lagune pour l'indicateur 8 - Nature des berges
7	Berge naturelle	Cat 1	50037,73	83,5	-20
7	Berge en renaturation/Faiblement artificialisée	Cat 2	560,024	0,93	
7	Berge artificialisée	Cat 3	9328,794	15,57	
7	Berge naturelle	Cat 1	49518,096	97,62	0
7	Berge en renaturation/Faiblement artificialisée	Cat 2	268,752	0,53	
7	Berge artificialisée	Cat 3	939,722	1,85	
7	Berge naturelle	Cat 1	15857,569	100	0
7	Berge naturelle	Cat 1	27159,059	100	0
7	Berge naturelle	Cat 1	20478,57	100	0
7	Berge naturelle	Cat 1	13525,026	100	0

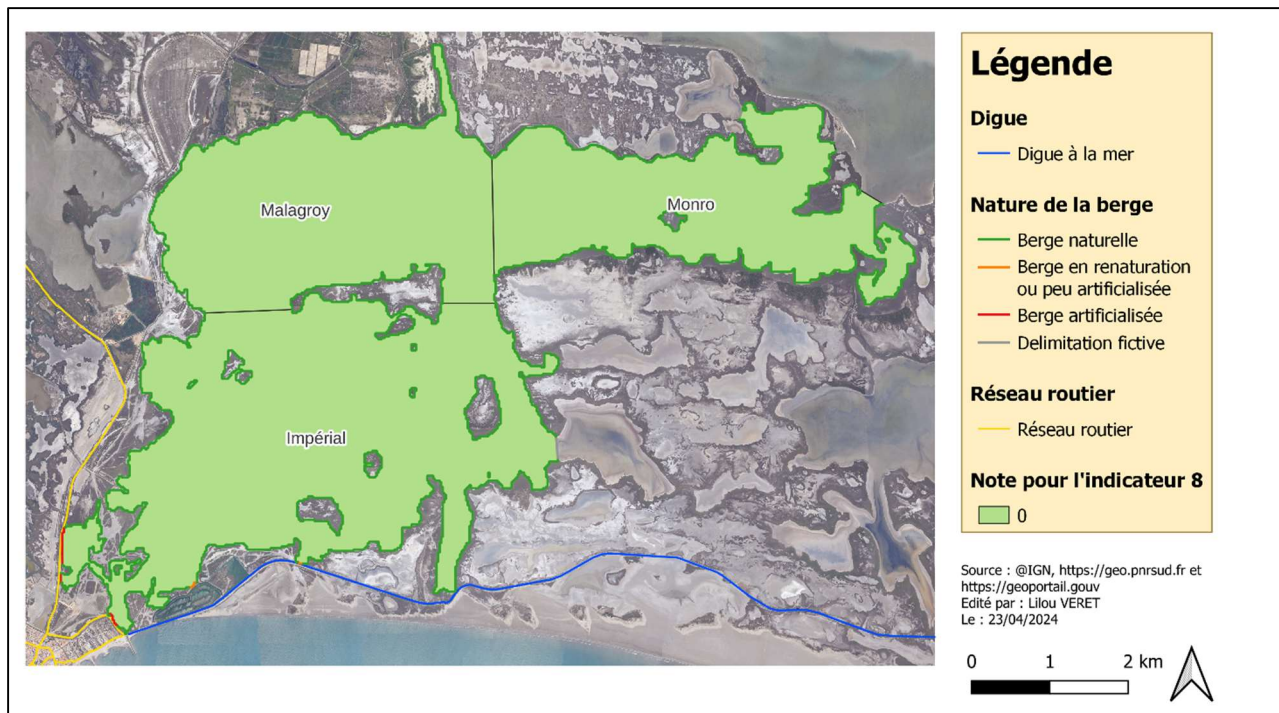
Annexe 10 : Application de la méthode pour la notation de la nature des berges



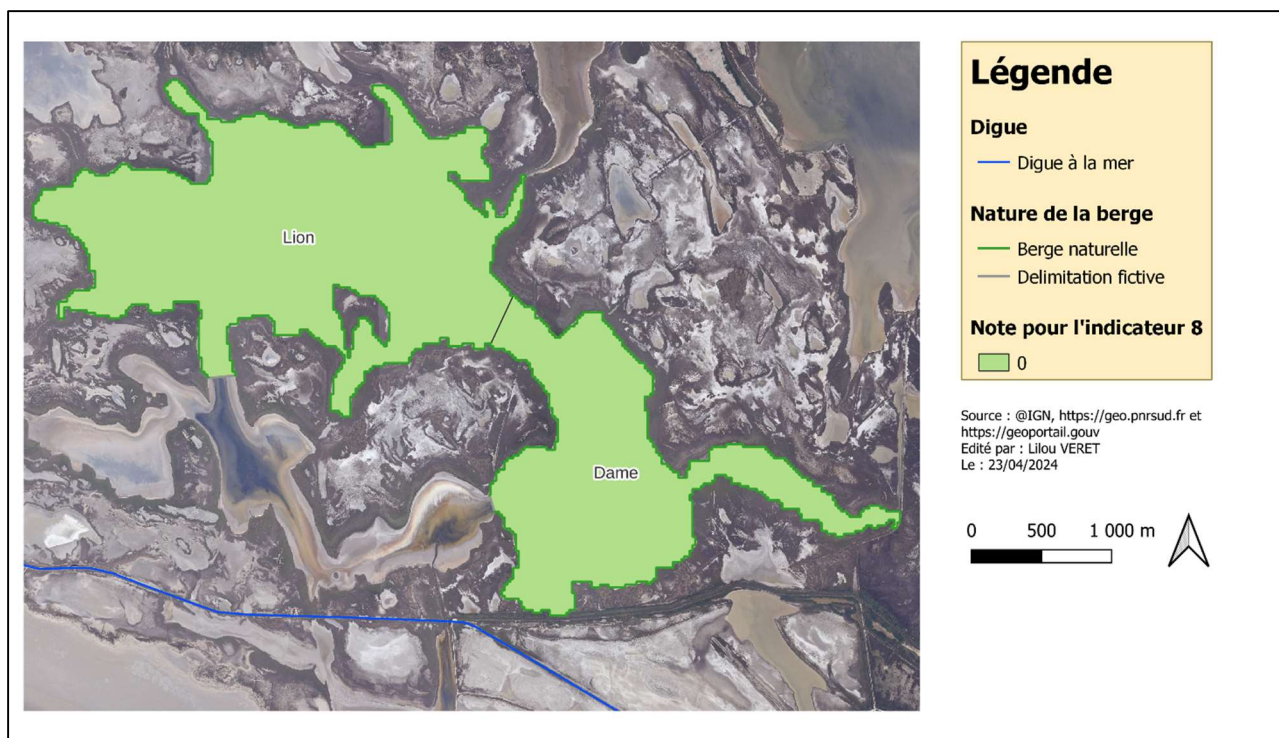
Annexe 11 : Cartographie de la nature des berges du Vaccarès



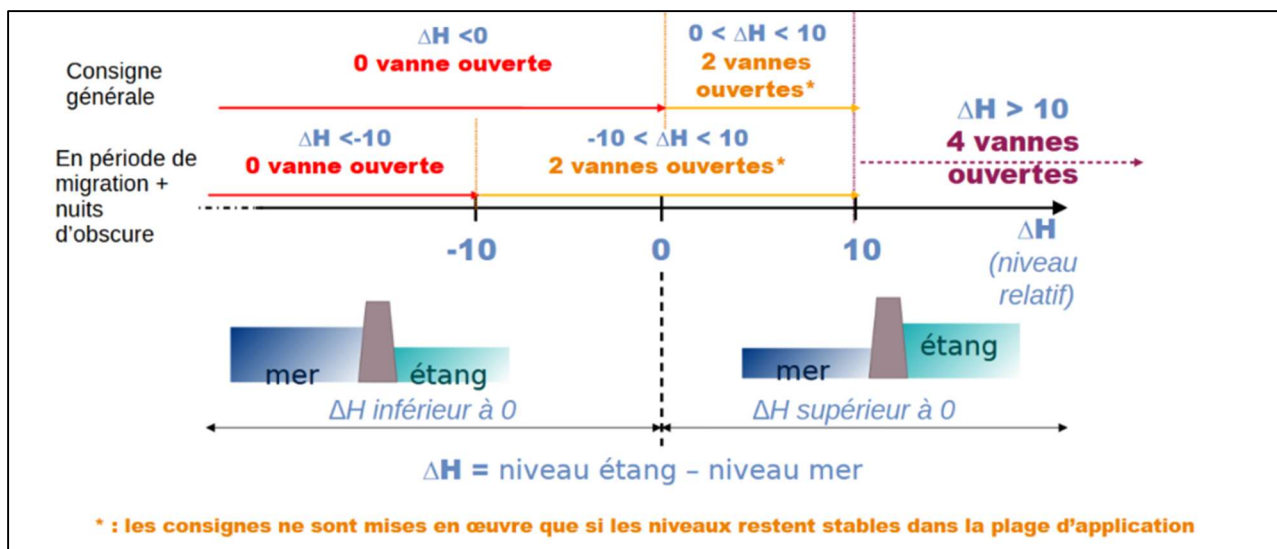
Annexe 12 : Photographie d'une plage de sable coquillé (gauche) et d'une berge soumise à l'érosion naturelle (droite) du Vaccarès sur le domaine de Mas Neuf



Annexe 13 : Cartographie de la nature des berges des étangs Impériaux



Annexe 14 : Cartographie de la nature des berges des étangs Inférieurs



Annexe 15 : Préconisations de gestion du pertuis de la fourcade votée lors de la CEDE du 11/04/2024