

Evaluation de l'état de conservation de l'habitat d'intérêt communautaire 1150* "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



© Sylvain Ceyte



Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR



RÉGION SUD
PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR



Pôle-relais lagunes méditerranéennes

marha
marine habitats

Préambule

Ce rapport présente l'évaluation de l'état de conservation de l'habitat 1150* – Lagunes côtières sur le site Natura 2000 "Camargue". Il s'agit d'un travail de synthèse, qui regroupe les résultats des analyses réalisées par de nombreux acteurs dans plusieurs études différentes. Pour plus de précisions, il est conseillé de se référer aux documents relatifs à chaque étude, dont les deux rapports réalisés lors des stages de 2023 et 2024 sur l'évaluation de l'état de conservation des lagunes côtières pour 5 indicateurs sur le site "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, Emmanuel, Patrick...

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 apporté de nombreuses connaissances.

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 Justine.

Une pensée spéciale pour Clara pour son aide précieuse, ainsi que les amis rencontrés sur place : Marie-Léa, Tewann, Inès, Marius, Antoine... Merci de m'avoir partagé vos connaissances naturalistes, et d'avoir rendu si belle cette période.

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

I.	Introduction	1
A.	Le réseau Natura 2000	1
B.	Les habitats d'intérêt communautaires et évaluation de leur état de conservation	2
C.	L'habitat des lagunes côtières (1150*)	3
D.	Contexte et objectifs de l'étude	4
II.	Matériel et Méthodes	5
A.	La zone d'étude	5
1.	Présentation des lagunes et des principaux enjeux	5
2.	Typologie des lagunes	7
3.	Climatologie de la zone	8
B.	La méthode	8
1.	Méthode d'évaluation de l'UMS PatriNat	8
2.	Suivis de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE)	10
C.	Détail pour chaque indicateur	11
1.	Surface de l'habitat	11
2.	Macrophytes	12
3.	Surface des herbiers	12
4.	Espèces Végétales Exotiques Envahissantes (EVEE)	13
5.	Macro-invertébrés benthiques	13
6.	Espèces Animales Exotiques Envahissantes (EAEE)	14
7.	Connectivité à la mer	14
8.	Nature des Berges	14
9.	Fonctionnement hydrologique	15
10.	Colonne d'eau	15
11.	Contaminants chimiques	16
12.	Sédiments	16
D.	Traitement des données et représentation des résultats	16
III.	Résultats	17
A.	Résultats par pièce d'eau	17
	L'Anse de Carteau	18

La Grande Palun.....	18
Beauduc.....	19
Le Grand Rascaillan.....	19
Le Galabert.....	20
Vieux Rhône Sud	20
Le Vaccarès.....	20
Les étangs inférieurs (Dame et Lion).....	22
Les étangs impériaux (Monro, Malagroy et Impérial)	22
Icard.....	23
Baisse de l'Evêque – Grande Rhée Longue	24
Brasinvert.....	24
B. Résultats à l'échelle du site.....	25
1. Répartition des notes sur le site	25
2. Indicateur 1 – surface de l'habitat	25
3. Note à l'échelle du site et problématiques principales	26
IV. Analyse et Discussion	28
A. Mise en évidence des enjeux du site.....	28
B. Mesures de gestion actuelles et à venir	29
C. Evolution de la méthodologie.....	31
1. La méthode de l'UMS PatriNat.....	31
2. Echantillonnage du site Natura 2000 "Camargue"	34
3. La cartographie	34
D. Perspectives	35
V. Conclusion	36

Table des illustrations

Figure 1 : Règle de classification des lagunes selon leur salinité	3
Figure 2 : Cartographie générale du site Natura 2000 "Camargue"	5
Figure 3 : Diagramme ombrothermique d'Arles (source : Climate-Data.org)	8
Figure 4 : A l'échelle du site Natura 2000, (A) Correspondance entre la note, les catégories d'état de conservation et valeur renseignée dans le FSD et (B) Etat final du site après croisement de la note avec l'indicateur 1 - Surface de l'habitat.....	9
Figure 5 : Représentation schématique de la définition de la qualité d'une masse d'eau superficielle au titre de la DCE (source Ifremer)	10
Figure 6 : Cartographie de l'état de conservation des lagunes à l'échelle de la ZSC "Camargue"	17
Figure 7 : Evolution de la salinité des lagunes des EMSC au cours du temps (source : PNRC) 19	
Figure 8 : Répartition de l'état de conservation selon (A.) le % de surface et (B.) le nombre de pièce d'eau	25
Figure 9 : Diagramme Radar de l'état de conservation des indicateurs à l'échelle du site Natura 2000 "Camargue"	26
Figure 10 : Représentation graphique de l'analyse en composante principale des notes générales des indicateurs sur le site Natura 2000 "Camargue"	27
Figure 11 : Note générale des lagunes selon leur note pour l'indicateur 9 - Fonctionnement hydrologique	27

Table des Tableaux

Tableau 1 : Superficie, typologie et protection des lagunes étudiées (Source : SIT).....	7
Tableau 2 : Récapitulatif des indicateurs réalisés et des financeurs associés	11
Tableau 3 : Note par lagune et par indicateur	17

Table des Annexes

Annexe 1 : Evolution des températures moyennes mensuelles entre 1963 et 2023.....	42
Annexe 2 : Evolution des précipitations mensuelles cumulées entre 1963 et 2023	42
Annexe 3 : Calcul du coefficient d'ajustement.....	43
Annexe 4 : Grille d'évaluation de l'indicateur 2.a - Macrophytes en lagune permanente marinisée	43
Annexe 5 : Grille d'évaluation de l'indicateur 2.b - Macrophytes en lagune permanente peu salée	43
Annexe 6 : Grille d'évaluation pour l'indicateur 2.c - Macrophytes en lagune temporaire.....	44
Annexe 7 : Grille de notation pour l'indicateur 3 - Surface des herbiers	44
Annexe 8 : Grille d'évaluation pour l'indicateur 4 - EVEC.....	44
Annexe 9 : Grille de notation pour l'indicateur 7 - Connectivité à la mer	45
Annexe 10 : Grille de notation pour l'indicateur 8 - Nature des berges	45
Annexe 11 : Calcul du Percentile 90 pour l'indicateur 10 - Colonne d'eau	46
Annexe 12 : Grille d'évaluation de l'indicateur 10 - Colonne d'eau.....	46
Annexe 13 : Grille d'évaluation de l'indicateur 12 - Sédiments.....	46
Annexe 14 : Détail de l'attribution de la note pour l'indicateur 3 - Surface des herbiers.....	46
Annexe 15 : Détail de l'attribution de la note pour l'indicateur 8 - Nature des Berges.....	47
Annexe 16 : Détail de l'attribution de la note pour l'indicateur 10 - Colonne d'eau	47
Annexe 17 : Détail de l'attribution de la note pour l'indicateur 12 – Sédiments.....	47
Annexe 18 : Notes de l'Anse de Carreau pour chaque indicateur	48
Annexe 19 : Cartographie de l'état de conservation de l'Anse de Carreau.....	49
Annexe 20 : Cartographie des herbiers de l'Anse de Carreau par télédétection (source : I-sea) 50	
Annexe 21 : Notes de l'étang de la Grande Palun pour chaque indicateur	51
Annexe 22 : Cartographie de l'état de conservation de la Grande Palun	52
Annexe 23 : Note de l'étang Beauduc pour chaque indicateur	53
Annexe 24 : Cartographie de l'état de conservation de la lagune de Beauduc.....	54
Annexe 25 : Cartographie des herbiers de la lagune de Beauduc par télédétection (source : I-sea)	55
Annexe 26 : Notes de l'étang du Grand Rascaillan pour chaque indicateur	56
Annexe 27 : Cartographie de l'état de conservation du Grand Rascaillan	57
Annexe 28 : Notes de l'étang du Galabert pour chaque indicateur	58

Annexe 29 : Cartographie de l'état de conservation du Galabert	59
Annexe 30 : Note de l'étang du Vieux Rhône Sud pour chaque indicateur	60
Annexe 31 : Cartographie de l'état de conservation du Vieux Rhône Sud	61
Annexe 32 : Cartographie des herbiers du Vieux Rhône Sud et Sainte Anne par télédétection (source : I-sea).....	62
Annexe 33 : Notes de l'étang du Vaccarès pour chaque indicateur	63
Annexe 34 : Cartographie de l'état de conservation du Vaccarès	64
Annexe 35 : Cartographie des herbiers du Vaccarès par télédétection (source : I-sea).....	65
Annexe 36 : Cartographie du fonctionnement hydrologique du système Vaccarès	66
Annexe 37 : Notes de l'étang de la Dame pour chaque indicateur.....	67
Annexe 38 : Notes de l'étang du Lion pour chaque indicateur	68
Annexe 39 : Cartographie de l'état de conservation des étangs Inférieurs.....	69
Annexe 40 : Note de l'étang de Malagroy pour chaque indicateur	70
Annexe 41 : Note de l'étang Impérial pour chaque indicateur	71
Annexe 42 : Note de l'étang de Monro pour chaque indicateur.....	72
Annexe 43 : Cartographie de l'état de conservation des étangs Impériaux.....	73
Annexe 44 : Cartographie des herbiers des étangs Impériaux par télédétection (source : I-Sea)74	
Annexe 45 : Notes de l'étang d'Icard pour chaque indicateur	75
Annexe 46 : Cartographie de l'état de conservation d'Icard.....	76
Annexe 47 : Cartographie des herbiers d'Icard par télédétection (source : I-Sea).....	77
Annexe 48 : Notes de la Baisse de l'évêque - Grande Rhée Longue pour chaque indicateur.....	78
Annexe 49 : Cartographie de l'état de conservation de la Baisse de l'évêque - Grande Rhée longue	79
Annexe 50 : Notes de l'étang de Brasinvert pour chaque indicateur	80
Annexe 51 : Cartographie de l'état de conservation de Brasinvert	81
Annexe 52 : Bilan hydrologique du système Vaccarès (source: SNPN-RNNC, P. Chauvelon/TdV).....	82
Annexe 53 : Préconisations de gestion du pertuis de la fourcade votée lors de la CEDE du 11/04/2024	82

Résumé

Mots clés : Natura 2000, Directive habitats faune flore, Lagunes côtières méditerranéennes, Habitat d'intérêt communautaire prioritaire, Evaluation de l'état de conservation

L'habitat d'intérêt communautaire 1150* "lagunes côtières" est recensé comme prioritaire au titre de la directive européenne Habitat Faune Flore. La loi française impose alors une évaluation sexennale de l'état de conservation de cet habitat, qui s'inscrit dans le document d'objectif de chaque site Natura 2000. Le programme de financement européen Life MarHa a permis le financement de ce travail, ce rapport présente la mise en place de cette évaluation sur les lagunes du site Natura 2000 "Camargue". Situé dans les Bouches-du-Rhône (PACA), il s'agit du site abritant la plus grosse surface de l'habitat 1150* à l'échelle du bassin méditerranéen. L'utilisation de la méthode d'évaluation proposée par le pôle relais lagunes méditerranéennes et l'UMS PatriNat a mis en évidence l'état altéré des lagunes sur le site, avec une note de 37,5. Les principales problématiques sont liées au fonctionnement hydrologique, aux macrophytes et à la surface des herbiers. Toutefois, les lagunes échantillonnées étaient peu nombreuses et présentaient de grandes différences de typologie et de fonctionnement, ce qui est peu représentatif du site. Les résultats obtenus sont donc à interpréter plutôt à l'échelle de la pièce d'eau afin d'améliorer les mesures de gestion, et peu à l'échelle du site. Ce travail a permis de mettre en lumière certaines lacunes dans la méthode, qui est vouée à évoluer pour la prochaine évaluation dans 6 ans.

The habitat of community interest 1150* "Coastal lagoon" is defined like priority by the Habitat Directive. The French law impose the assessment of the conservation state of this habitat every 6 years, it's written on the site's objective document. The European financing program Life MarHa as financed this working, and this report displays the setting up of this assessment on lagoon of the Natura 2000 site "Camargue". Located in Bouches-Du-Rhône department (PACA), this site contains the most important lagoon area in the French Mediterranean coasts. The use of the evaluation method offered by the "Pôle relais lagunes méditerranéennes" and UMS PatriNat shows an alterate conservation state of lagoons on the site, the note is 37,5. Principal problems are hydrological functioning and the composition and area of seagrass. However, there were a little number of sampled lagoons, and their typology and functioning were very different, so the sampling is little representative of the site. Results must be interpreted more at the lagoon scale to adapt management measures, than at the site scale. This work permits to show some shortcomings in the method, which will be improved for the next assessment in 6 years.

Définitions

Biote = Organisme vivant présent dans un écosystème spécifique.

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 dans le cordon littoral 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

BRGM : Bureau de Recherche Géologique et Minière

CdL : Conservatoire du Littoral

CEDE : Commission exécutive de l'Eau

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

CNRS : Centre National de Recherche Scientifique

COFIL : Comité de Pilotage

CSME : Compagnie des Salins du Midi et de l'Est.

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

EQR_{MAC} : Ecological Quality Ratio Macrophytes

EVVE : Espèces Végétales Exotiques Envahissantes

FSD : Formulaire Standard de Données

HIC : Habitat d'Intérêt Communautaire

IFREMER : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

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.

MAE : Mesures Agro-Environnementales

MNHN : Muséum National d'Histoire Naturel

MO : Matière Organique

NQE : Norme de Qualité Environnementale

OEC : Office de l'Environnement de Corse

OFB : Office Français de la Biodiversité

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

PE : Pièce d'Eau

PNR : Parc naturel régional

PNRC : Parc naturel régional de Camargue

PRLM : Pôle-Relais Lagunes
Méditerranéennes

RNN : Réserve Naturelle Nationale

RNNC : Réserve Naturelle Nationale de
Camargue

RNR : Réserve Naturelle Régionale

ROCCHSED : Réseau d'Observation des
Contaminants Chimiques en milieu marin
"Sédiments"

SDAGE : Schémas Directeurs
d'Aménagement et de Gestion de l'Eau

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 Dignes
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

I. Introduction

A. Le réseau Natura 2000

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. D'après les rapports de l'Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) ¹, la nature subit un déclin "à un rythme sans précédent dans l'histoire humaine", en réponse notamment à 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 est recensée la Directive Habitat Faune Flore (DHFF, 92/43/CEE prise en 1992) dont l'objectif est de "protéger un certain nombre d'habitat et d'espèces représentatifs de la biodiversité européenne" ². Dans le cadre de la DHFF, des sites d'intérêt communautaires abritant des habitats naturels figurant à l'annexe I ou des espèces figurant à l'annexe II sont désignés par les états membres comme des Zones Spéciales de Conservation (ZSC). Ces sites rejoignent alors le réseau européen d'espaces naturels Natura 2000, ce qui apporte un cadre pour appliquer les mesures de conservation nécessaires au maintien ou au rétablissement d'un bon état de conservation des habitats naturels et/ou des populations des espèces pour lesquels le site est désigné, qui est l'objectif de la directive ³. Ce réseau Natura 2000 compte également les Zones de Protection Spéciales (ZPS), qui sont mises en place dans le cadre de la Directive européenne Oiseaux (DO, 2009/147/CE prise en 1979 et révisée en 2009). En accord avec l'article L414-2 du Code de l'Environnement, les sites inscrits disposent ainsi d'un Document d'Objectif (DOCOB) établi en collaboration avec les différents acteurs du territoire, et définissant les principales orientations des mesures de gestion ^{4,5}. La mise en œuvre du DOCOB est réalisée par une structure en charge de l'animation du site, et est suivie par un Comité de Pilotage (COPIL).

En France, le réseau Natura 2000 constitue un outil contractuel entre les acteurs du territoire et la structure animatrice afin de remplir les objectifs du DOCOB (article L414-3 du code de l'Environnement ⁶). Il permet notamment la mise en place des Mesures Agro-Environnementales (MAE) en impliquant les acteurs agricoles, et des contrats Natura 2000 pour préserver les zones non agricoles. Ces contrats impliquent une compensation financière en contrepartie d'engagements pour la préservation des habitats et/ou des populations d'espèces présentes sur le site.

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 ⁷.

B. Les habitats d'intérêt communautaires et évaluation de leur état de conservation

Les habitats inscrits dans l'Annexe I de la DHFF sont considérés comme d'intérêt communautaire, et y sont définis comme des habitats ayant une aire de répartition naturelle réduite par suite de leur régression ou en raison de leur aire intrinsèquement restreinte, ou constituant des exemples remarquables de caractéristiques propres à l'une ou à plusieurs des neuf régions biogéographiques à l'échelle de l'Europe, ou enfin en étant en danger de disparition dans leur aire de répartition naturelle ³. Ces derniers sont considérés comme prioritaires, ce caractère est marqué par un astérisque (*). Cela permet d'accélérer la mise en place des mesures visant à améliorer leur état de conservation (EC).

L'objectif de la DHFF est de tendre vers un état de conservation favorable des habitats à l'échelle européenne, ce qui correspond à une stabilité ou à une extension de la superficie et de l'aire de répartition de l'habitat, couplé à une bonne structuration et au bon fonctionnement de l'écosystème, ainsi qu'un bon état de conservation des espèces qui lui sont inféodées. Une évaluation sexennale de l'EC des habitats s'inscrit dans le DOCOB et est rendue obligatoire par l'article 17 de la DHFF, qui est déclinée dans l'article R414-11 du Code de l'Environnement ⁸. Elle est d'abord réalisée à l'échelle du site Natura 2000, puis un rapportage est réalisé à l'échelle des régions biogéographiques européennes. Cela constitue dans un premier temps un outil d'aide à la décision pour les mesures de gestion, ainsi qu'une mesure plus générale de l'état de conservation de l'habitat à l'échelle européenne.

D'après le 3^{ème} rapportage de l'évaluation de l'EC des habitats réalisé en 2019 pour la période 2013-2018 ⁹, la zone biogéographique de la Méditerranée est la plus dégradée des 6 zones françaises, avec une majorité des habitats dans un état défavorable. Parmi eux, les habitats marins et côtiers sont les plus impactés.

C. L'habitat des lagunes côtières (1150*)

Les lagunes côtières (1150*) constituent l'un de ces habitats côtiers, et leur fragilité leur confère le statut d'habitat prioritaire. Elles sont définies par le cahier d'habitats côtiers ¹⁰ 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 méditerranéennes sont soumises à des fluctuations de salinité se produisant dans des intervalles de temps très variables. La circulation de l'eau dans les lagunes est conditionnée 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 ^{11,12}. Ces phénomènes sont fortement influencés par la hauteur d'eau des lagunes et de la mer, ainsi que des conditions de vent ¹³. Ils impactent à leur tour la salinité et le niveau d'eau des lagunes.

Il existe plusieurs types de lagunes méditerranéennes, qui varient selon leur salinité et leur régime hydrologique ¹⁴ :

- 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 g/L (Figure 1), 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 g/L.
- Les lagunes temporaires s'assèchent selon une dynamique saisonnière, leur salinité et leur temporalité sont très variables.



Figure 1 : Règle de classification des lagunes selon leur salinité

L'habitat des lagunes méditerranéennes supporte de nombreux services écosystémiques, leur conférant ainsi un fort enjeu de conservation¹⁵. 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'oiseaux¹⁶. Elles exercent également un rôle d'approvisionnement alimentaire pour la population humaine, directement par la pêche, et indirectement en servant de nursery pour de nombreuses

espèces de poissons d'intérêt économique. Cet habitat exerce également un rôle majeur de prévention de l'érosion et des crues, et enfin un rôle culturel en supportant des activités touristiques et de loisir.

D. Contexte et objectifs de l'étude

Ce présent stage s'inscrit dans la 4^{ème} campagne d'évaluation des habitats d'intérêt communautaire sur le site Natura 2000 "Camargue" (également appelé "île de Camargue" ou "Grande Camargue"). Il est rendu possible grâce au programme de financement européen Life Marine Habitats (MarHa), dont l'objectif est de rétablir et de maintenir le bon état de conservation des habitats marins et lagunaires. Ce programme a permis l'élaboration d'une méthode d'évaluation standardisée à l'échelle du bassin méditerranéen français, et permet sa mise en application. Cette évaluation est coordonnée par le Pôle-Relais Lagune Méditerranéennes (PRLM), constitué de l'organisme de recherche de la Tour du Valat (TdV), du Conservatoire d'Espaces Naturels d'Occitanie (CEN-O) et de l'Office de l'Environnement Corse (OEC).

II. Matériel et Méthodes

A. La zone d'étude

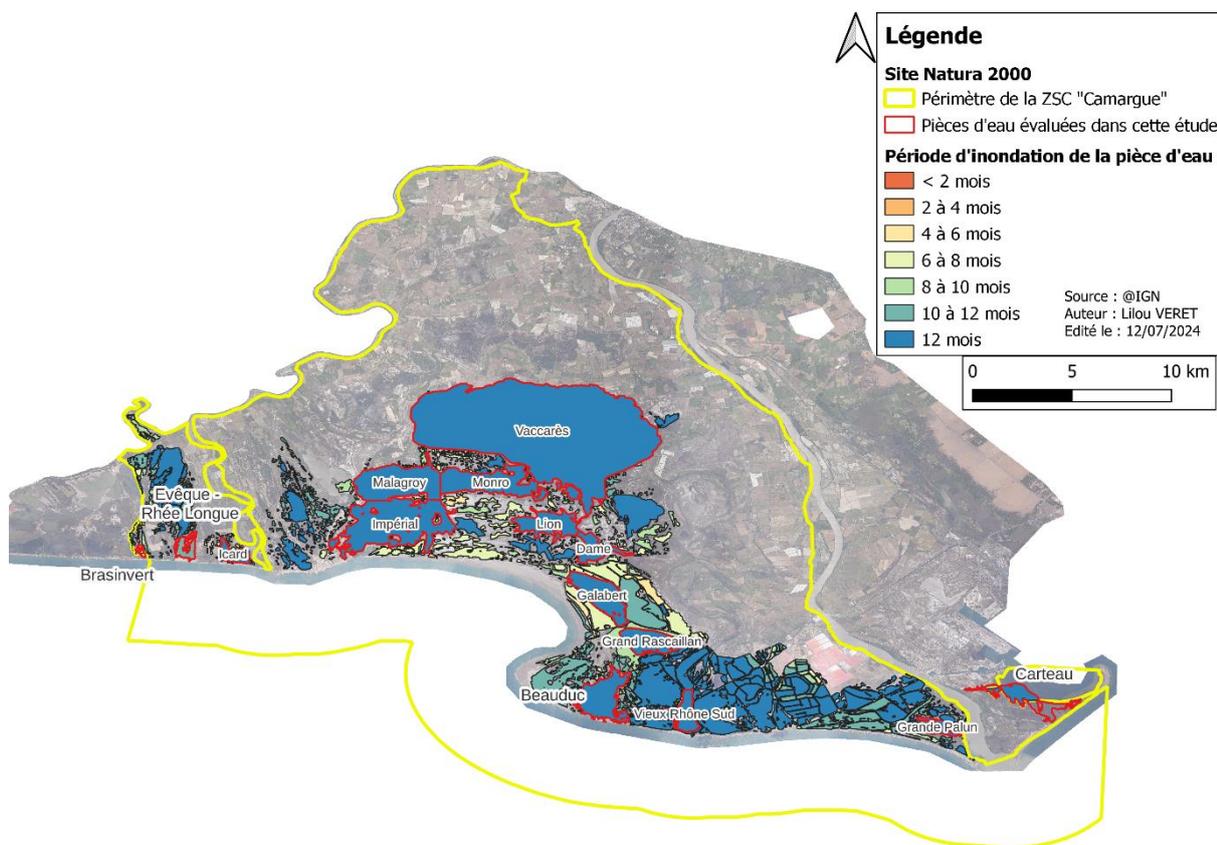


Figure 2 : Cartographie générale du site Natura 2000 "Camargue"

1. Présentation des lagunes et des principaux enjeux

Classé à la fois en ZSC et ZPS, le site Natura 2000 "Camargue" est situé dans le périmètre du Parc naturel régional de Camargue (PNRC), qui est sa structure animatrice. La ZSC du site "Camargue" s'étend sur plus de 113 000 ha, dont une partie en mer jusqu'aux 3 miles marins. D'après les données du Formulaire Standard de Données (FSD) de 2024, l'habitat 1150* couvre 18,18% du site, ce qui représente 20630 ha¹⁷. Une partie de la lagune de Carteau est située dans le site Natura 2000 "Rhône Aval" (ZSC). 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 fleuves¹⁸. 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.

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 (Figure 2). La sélection a été faite selon des critères de propriété, d'accessibilité et de représentativité de la diversité typologique présente en Camargue. Ainsi parmi elles, 13 lagunes sont marinisées et 2 sont peu salées (Icard et la Grande Palun, Tableau 1). Concernant la temporalité, 13 lagunes sont permanentes et 2 sont temporaires : la Baisse de l'Evêque – Grande Rhée Longue est en eau 10 mois par an, et Brasinvert est inondée 6 à 8 mois par an. Ces deux lagunes, ainsi que Icard sont situées à l'Est du site. Les lagunes de l'Impérial, de Malagroy, de Monro, du Lion, de la Dame et du Vaccarès forment le système Vaccarès, qui représente à lui seul la moitié de la superficie de l'habitat 1150* en Camargue, et qui est un complexe lagunaire central dans le territoire. Au sud du système Vaccarès se trouvent d'anciens marais salants, appelés les Etangs et Marais des Salins de Camargue (EMSC), dont les lagunes de Beauduc, du Grand Rascaillan, du Galabert et du Vieux Rhône Sud font partie. Anciennement propriété de la Compagnie des Salins du Midi et de l'Est (CSME), ces lagunes ont été progressivement rachetées par le Conservatoire du Littoral (CdL) entre 2008 et 2012. A l'Ouest se trouvent les lagunes de la Grande Palun et de l'Anse de Carteau. Ces différentes lagunes sont partagées entre plusieurs propriétaires fonciers (Tableau 1), dont le Conservatoire du Littoral (CdL) qui est le plus gros propriétaire de Camargue. Les gestionnaires sont multiples sur le site, avec notamment le PNRC, la Société Nationale de Protection de la Nature (SNPN) "Réserve de Camargue", l'organisme de recherche de la Tour du Valat (TdV) et certaines communes. 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 PNRC, et s'étend sur d'autres zones à enjeux dont le site de la "Petite Camargue" situé dans le Gard, à l'ouest du PNRC. La Camargue est enfin labellisée au titre de la convention de Ramsar.

Tableau 1 : Superficie, typologie et protection des lagunes étudiées (Source : SIT)

Informations Lagunes	Superficie (ha) FSD	Typologie		Protection	
		Temporalité	Salinité	Propriétaire	Gestionnaire
Carteau	380	Permanente	Marinisée	Conservatoire du littoral	Co-gestion - PNRC - Cmne de Port-Saint-Louis-du-Rhône
Grande Palun	130	Permanente	Peu salée		PNRC
Grand Rascaillan	400	Permanente	Marinisée		Co-gestion PNRC - SNPN - Tour du Valat
Beauduc	545	Permanente	Marinisée		
Galabert	500	Permanente	Marinisée		
Vieux Rhône Sud	260	Permanente	Marinisée	+ une partie de la lagune par la Compagnie des Salins du Midi et de l'Est	+ une partie de la lagune par la Compagnie des Salins du Midi et de l'Est
Dame	233	Permanente	Marinisée	Conservatoire du littoral	SNPN "Réserve de Camargue"
Lion	430	Permanente	Marinisée		
Vaccarès	6500	Permanente	Marinisée		
Monro	700	Permanente	Marinisée		
Malagroy	870	Permanente	Marinisée		
Impérial	1470	Permanente	Marinisée	Conseil Départemental des Bouches-du-Rhône (13)	
Brasinvert	20	Temporaire	Marinisée	Co - propriété Conservatoire du littoral - Compagnie des salins du midi	Co-gestion - PNRC - Cmne des Saintes-Maries-de-la-Mer - ONF + Partie du Domaine public maritime en gestion par la DDTM
Icard	112	Permanente	Peu salée	Conservatoire du littoral	Co - gestion - PNRC - Cmne des Saintes- Maries-de-la-Mer
Baisse de l'Evêque - Grande Rhée Longue	125	Temporaire	Marinisée	Domaine "Le Sauvage"	Cmne des Saintes-Maries-de-la-Mer + Partie du Domaine public maritime en gestion par la DDTM

L'habitat 1150* constitue un Habitat d'Intérêt Communautaire (HIC) prioritaire, le maintien/amélioration de son état de conservation représente donc un objectif de gestion majeur à l'échelle du site Natura 2000. Malgré la diversité d'enjeux sur les lagunes de Camargue liée à leurs différences typologiques, leur localisation géographique et leur historique, elles présentent toutes un fort enjeu pour la biodiversité. Elles permettent notamment l'accueil, l'approvisionnement et la reproduction des espèces animales, et abritent de nombreuses espèces végétales. Ces milieux abritent également de nombreuses activités socio-économiques comme l'agriculture, la pêche, la saliculture ou encore le tourisme, qui influent fortement sur le fonctionnement de l'écosystème et notamment sur son hydrologie. D'après le DOCOB, un des enjeux majeurs de conservation est de restaurer la diversité et l'hétérogénéité des zones humides Camarguaises, et de favoriser la compatibilité entre les activités socio-économiques traditionnelles et les habitats d'intérêt communautaire ⁴.

2. Typologie des lagunes

La typologie des lagunes (la temporalité et la salinité) a été définie en amont de ce travail grâce à plusieurs sources de données. La salinité des lagunes est connue des gestionnaires de chaque site, notamment grâce à des suivis des conditions physico-chimiques mis en place régulièrement. La temporalité des lagunes a été déterminée en 2021 par Priyashani Oswatte-

Liyanage ¹⁹, en relation avec le géomaticien du PNR. Une cartographie "de référence" des lagunes d'une résolution de 20m a été réalisée selon la classe de temporalité de ces dernières. Ces informations ont été obtenues en réalisant le traitement et la photo-interprétation d'images satellites Sentinelle 2 sur la période 2018 – 2020 avec l'indice Water in Wetlands.

3. Climatologie de la zone

La zone d'étude est située dans la région biogéographique méditerranéenne. Le diagramme ombrothermique (Figure 3) montre un fort déficit hydrique entre juin et août, ce qui est caractéristique du climat méditerranéen. D'après les données météorologiques d'Arles entre 1963 et 2023 (données de météo France ²⁰, la température moyenne annuelle oscille entre 11,24 °C (1971) et 16,7 °C (2022).

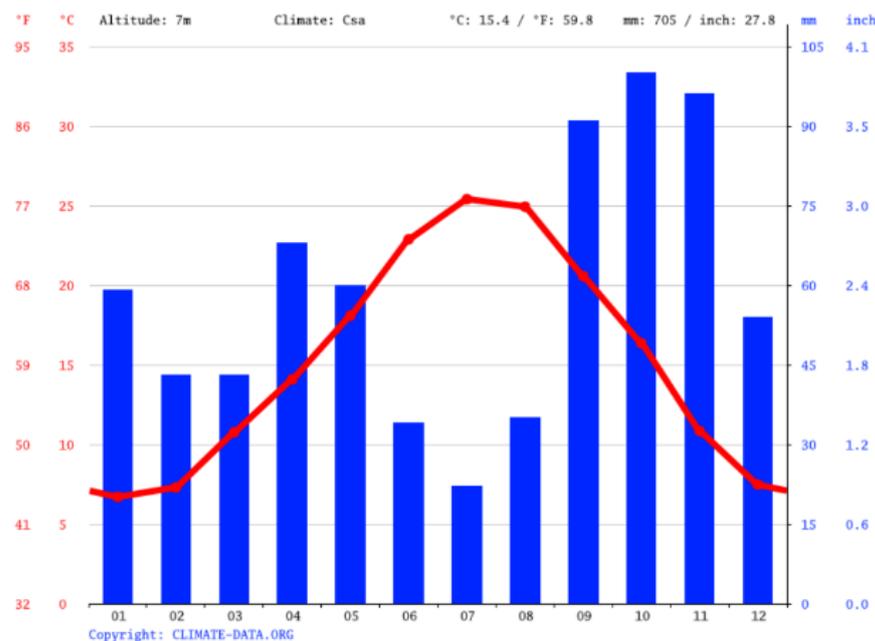


Figure 3 : Diagramme ombrothermique d'Arles (source : Climate-Data.org)

On observe une nette augmentation des températures moyennes sur cette période, notamment sur les mois d'été (Annexe 1). Le total annuel de précipitations cumulées moyen est de 567 mm depuis 1963, avec une nette réduction sur ces 10 dernières années (moyenne de 463 mm) et notamment pendant les mois d'octobre, de décembre et de février (Annexe 2). La zone est régulièrement soumise à des conditions de forts vents du nord (mistral et tramontane), qui provoquent une diminution de la température et de l'humidité.

B. La méthode

1. Méthode d'évaluation de l'UMS PatriNat

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'application²¹, et se déclinant sous la forme d'un classeur technique ¹⁴. Elle a été élaborée sous la coordination scientifique de L'Unité Mixte de Service Patrimoine Naturel (UMS

PatriNat) qui est le centre d'expertises de données du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHM). Elle est également sous la coordination rédactionnelle des trois structures porteuses du PRLM. Ainsi, 12 indicateurs ont été définis et sont présentés plus en détails dans la suite de ce rapport. Tous les indicateurs sont évalués à l'échelle de la pièce d'eau (PE), sauf l'indicateur 1 – surface de l'habitat qui est évalué à l'échelle du site Natura 2000. Une grille de notation est proposée pour chaque indicateur, et accorde une note dégressive à partir de 0. Le poids de chaque indicateur a été préalablement discuté dans les différents groupes de travail. Certains sont prioritaires et strictement nécessaires pour l'évaluation finale, tandis que d'autres sont facultatifs et permettent d'apporter plus de renseignements. Le protocole pour certains indicateurs est commun avec celui de la DCE.

Une fois l'ensemble des indicateurs étudiés, pour chaque lagune, la somme des notes de chaque indicateur est effectuée et est retirée à 100. Or les pondérations peuvent mener à des notes négatives, il est donc nécessaire d'appliquer un coefficient d'ajustement en fonction du nombre d'indicateurs appliqués et de leur note la plus déclassante (voir Annexe 3). De plus, tous les indicateurs n'ont pas été évalués pour toutes les lagunes, que ce soit en raison d'un manque de moyens financiers et/ou humains, ou qu'il ne soit pas adapté à la typologie de la lagune, ou encore que l'indicateur ne soit pas présent (ex : absence de macrophytes). Dans ces trois cas de figure, l'indicateur est simplement ignoré et n'est pas pris en compte dans la notation, qu'il soit prioritaire ou non. Ces inégalités entre les lagunes sont lissées par le coefficient d'ajustement.

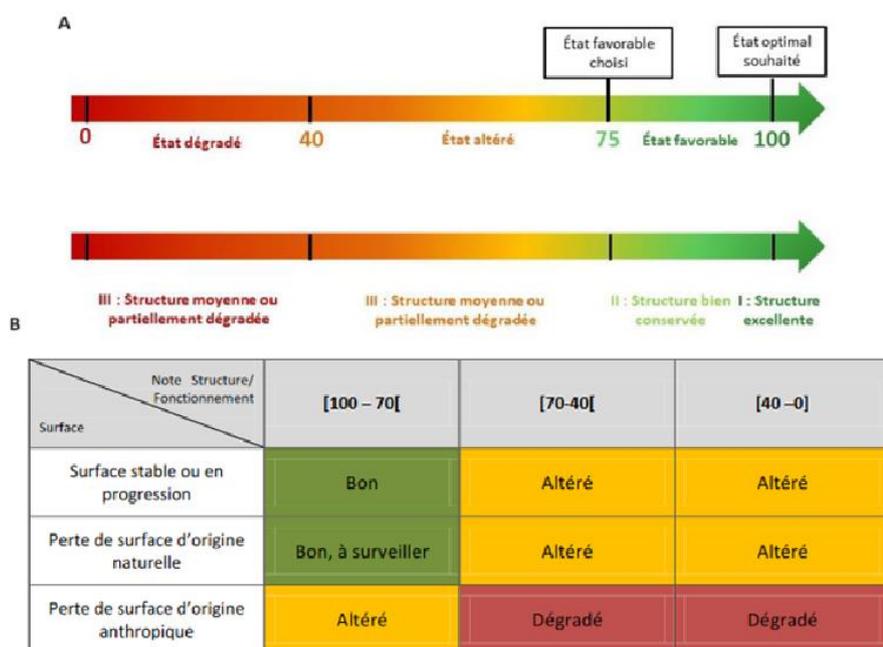


Figure 4 : A l'échelle du site Natura 2000, (A) Correspondance entre la note, les catégories d'état de conservation et valeur renseignée dans le FSD et (B) Etat final du site après croisement de la note avec l'indicateur 1 - Surface de l'habitat

La note à l'échelle du site Natura 2000 est obtenue en réalisant une moyenne des notes finales de chaque lagune en les pondérant par leur surface. Des bornes de notation permettent de faire le lien avec les catégories d'état de conservation (état dégradé, altéré ou favorable, figure 4A) à renseigner par la DREAL dans le FSD pour le rapportage à l'échelle européenne. De plus pour ce rapportage, les indicateurs non prioritaires pourraient être retirés du calcul pour plus d'équité. L'indicateur 1 – Surface de l'habitat évalué à l'échelle du site Natura 2000 est pris en compte selon la méthode présentée dans la figure 4B.

2. Suivis de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE)

Dans le cadre de la DCE et de la mise en place des Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE), des suivis ont lieu sur les eaux côtières et de transition. Ces suivis se font sur des cycles de 6 ans, soit la durée du plan de gestion (2016-2021, 2022-2027...). Pour les eaux de transition, deux suivis ont lieux sur cette période, soit un tous les 3 ans (2016-2018, 2019-2021, 2022-2024...). Ils sont assurés pour les lagunes poly et eu-halines (Figure 1) par l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (Ifremer), et pour les lagunes oligo et méso-halines par la TdV²². Sur le site Natura 2000 Camargue, les lagunes du Vaccarès et de la Grande Palun sont suivies au titre de la DCE.

L'objectif de cette directive est de tendre à l'horizon 2027 vers le bon état des eaux souterraines et de surface, y compris pour les eaux côtières et de transition dont font partie les lagunes. Pour cela, plusieurs indicateurs sont suivis (Figure 5) :

On trouve d'une part la qualité chimique, qui correspond à l'indicateur 11 – Contaminants chimiques de la méthode d'évaluation de l'EC de l'HIC 1150*. Cet indicateur se réfère aux concentrations de 45 substances chimiques prioritaires et dangereuses par rapport à leur Norme de Qualité Environnementale (NQE). Si la NQE est dépassée pour l'une des substances, la Pièce d'Eau est classée en état "mauvais". Ces substances étaient anciennement mesurées dans les échantillons d'eau. Mais en raison d'un manque de représentativité, l'indicateur est désormais séparé en 2 parties :

- "Chimie matière vivante" : la concentration des substances est mesurée dans des mollusques bivalves.

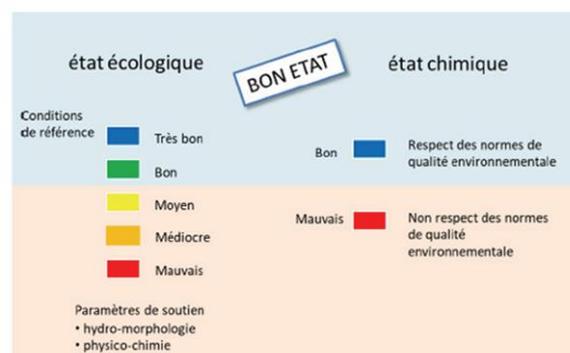


Figure 5 : Représentation schématique de la définition de la qualité d'une masse d'eau superficielle au titre de la DCE (source Ifremer)

- "Chimie dans l'eau" : la concentration des substances est mesurée par des échantillonneurs passifs intégratifs.

Les suivis DCE mesurent également la qualité écologique de la pièce d'eau, qui se sépare en plusieurs indicateurs :

- Les paramètres physico-chimiques, qui mesurent les concentrations en nutriments dans la colonne d'eau, et qui correspond à l'indicateur 10 – Colonne d'eau.
- Les paramètres biologiques, avec un protocole pour les macrophytes (correspond à l'indicateur 2 – Macrophytes) et un autre pour les phytoplanctons (qui ne sont pas pris en compte dans cette présente évaluation de l'EC).

C. Détail pour chaque indicateur

Tableau 2 : Récapitulatif des indicateurs réalisés et des financeurs associés

Indicateur		Lagunes																	
		Carteau	Grande Palun	Grand Rascaillan	Beauduc	Galabert	Vieux Rhône Sud	Vaccarès	Dame	Lion	Monro	Malagroy	Impérial	Brasinvert	Icard	Baisse de l'Evêque - Grande Rhée Longue			
i01 - Surface de l'habitat	Toutes	Stage Life Marha - 2021 - Tour du Valat - Priyashani Oswatte-Liyanage																	
i02a - Macrophytes	Permanentes Marinisées	DREAL 2022	/	Relevés réalisés par Marc Thibault (Tour du Valat) dans le cadre du Plan de Gestion				Suivi DCE	DREAL 2023							/	/	/	
i02b - Macrophytes	Permanentes peu salées	/	Suivi DCE	/				/	/							DREAL 2023	/	/	
i02c - Macrophytes	Temporaires	/															DREAL 2023	/	DREAL 2023
i03 - Surface des herbiers	Permanentes	OFB - i-sea 2023		/	FB - i-sea 2023	/	OFB - i-sea 2023							/	i-sea 2023	/			
i04 - EVEE	Toutes	Stage Life Marha - 2023 - PNRC - Clara Lalauze							Stage Life Marha - 2024 - PNRC - Lilou Véret							Stage Life Marha - 2023 - PNRC - Clara Lalauze			
i05 - Invertébrés benthiques	Marinisées	/																	
i06 - EAEE	Toutes																		
i07 - Connectivité à la mer	Toutes																		
i08 - Nature des Berges	Toutes	Stage Life Marha - 2023 - PNRC - Clara Lalauze							Stage Life Marha - 2024 - PNRC - Lilou Véret							Stage Life Marha - 2023 - PNRC - Clara Lalauze			
i09 - Fonctionnement hydrologique	Toutes																		
i10 - Colonne d'eau	Permanentes	DREAL 2023	Suivi DCE	REST-COAST 2022-2023				DREAL 2023							/	DREAL 2023	/		
i11 - Contaminants chimiques	Permanentes Marinisées	DREAL 2024 2025	/	DREAL 2024 - 2025				/	Suivi DCE	DREAL 2024-2025							/	/	/
i12 - Sédiments	Permanentes	DREAL 2023	/	/				DREAL 2023	DREAL 2023							/	DREAL 2023	/	

Temporaire	Marinisée
Permanente	Peu salée

1. Surface de l'habitat

Cet indicateur, évalué à l'échelle du site Natura 2000 vise à évaluer l'évolution de la surface de l'habitat. L'objectif est de mettre en évidence l'existence d'une réduction de la surface des habitats en lien avec les activités humaines et l'urbanisation. Plusieurs cartographies représentant l'HIC 1150* sur le site Natura 2000 existent : la cartographie des habitats du site Natura 2000 "Camargue", réalisée sur la base d'études phytosociologiques dans le cadre du DOCOB en 2008 ; la cartographie de l'habitat 1150* à l'échelle du bassin méditerranéen réalisée par la TdV en 2021 ; et la cartographie des habitats sur le site "Camargue" de 2023, réalisée par le bureau d'études I-Sea par une méthode expérimentale de machine-learning permettant l'analyse d'ortho-image, et qui est en cours d'édition lors de la rédaction de ce rapport. Toutefois, ces cartographies n'ont pas pu être comparées en raison des différences dans les méthodologies employées pour

leur réalisation, ainsi que la différence de précision. Ainsi, cet indicateur a été évalué par la comparaison visuelle d'ortho-images sur la plateforme "IGN remonter le temps" ²³, ainsi que sur la base de dires d'experts. La mise en place de cet indicateur ne conduit pas à l'obtention d'une note mais à une appréciation, qui est prise en compte dans l'évaluation à l'échelle du site selon la méthode présentée dans la Figure 2.B.

2. *Macrophytes*

L'objectif de cet indicateur prioritaire est de caractériser les communautés de macrophytes selon la structure du peuplement et la persistance dans le temps des espèces caractéristiques de l'habitat. Cela permet alors d'avoir des informations sur le fonctionnement actuel et futur de la lagune. Il existe 3 protocoles différents proposés dans le classeur technique, qui varient selon la typologie de la lagune : pour les lagunes permanentes marinisées (i2a), pour les lagunes permanente peu salées (i2b), et pour les lagunes temporaires salées ou peu salées (i2c). Les listes d'espèce à identifier sont indiquées dans le classeur technique.

L'origine des données est présentée dans le Tableau 2. Cet indicateur est suivi dans le cadre de la DCE pour le Vaccarès et pour la Grande Palun ²⁴. Pour les EMSC, le suivi est réalisé dans le cadre du plan de gestion, les données de 2023 ont été prises en compte pour cette étude. Pour les lagunes restantes, l'étude des macrophytes a été financé par la DREAL PACA en 2022-2023 et réalisé par Hugo Fontes et Nicolas Borel ²⁵. Pour les lagunes permanentes peu salées, la note attribuée est celle correspondant à l'état de la lagune définies dans les rapports (Annexe 5). Pour les lagunes temporaires, la note a été obtenue à partir du pourcentage de recouvrement moyen en espèces de référence et indicatrices de dégradation (Annexe 6). Pour les lagunes des EMSC, les notes ont été obtenues en calculant l'EQR_{MAC} à partir des valeurs moyennes de richesse spécifique, du % recouvrement végétal total et du % recouvrement par des espèces de référence, comme indiqué dans le guide technique (Annexe 4). Pour les autres lagunes permanentes marinisées, les notes ont été accordées en fonction de l'EQR_{MAC} moyen. Les lagunes du Lion, de la Dame, de Galabert et du Grand Rascaillan n'ont pas de résultats en raison d'un trop faible recouvrement de végétation (moins de 5%) sur l'ensemble des stations étudiées, la méthode n'est alors pas applicable.

3. *Surface des herbiers*

L'objectif de cet indicateur non prioritaire est de connaître le niveau de développement des herbiers par rapport à leur niveau optimal, et ainsi de suivre l'évolution de la surface des herbiers à chaque évaluation de l'EC (Annexe 7). La note est obtenue pour chaque lagune en fonction de la valeur du ratio :

Surface concernée par les herbiers

Surface potentiellement colonisable par les herbiers

Ces surfaces ont été obtenues suite à l'analyse cartographique de la surface des herbiers réalisée par i-Sea en 2023 par le procédé de traitement automatisé d'image satellite Biocast²⁶. Le détail du calcul des notes est présenté dans l'Annexe 14. Toutes les surfaces contenant plus de 25% de magnoliophytes marins (seuil de détectabilité de la méthode) ont été considérées comme concernées par les herbiers dans le calcul, qu'ils soient purs ou en mélange avec d'autres végétaux. L'intégralité de la surface des lagunes ont été considérées comme des surfaces potentiellement colonisables, excepté les zones où la méthode Biocast n'était pas applicable en raison de la profondeur ou de la turbidité trop importante. Cette méthode expérimentale représente à l'heure actuelle un certain biais qui sera corrigible dans les prochaines études. De plus, il a été considéré que les substrats rocheux peuvent empêcher naturellement le développement des herbiers²⁷, leur absence a été confirmée par les cartographies géologiques BRGM²⁸. Le découpage des lagunes proposés par I-sea était différent de la cartographie "de référence" utilisé pour le reste de l'étude, un redécoupage de la cartographie d'I-sea a alors été effectué selon les limites de la "référence". Un biais peut également exister au vu de la différence de résolution entre les 2 cartographies. Les lagunes du Grand Rascaillan, du Galabert, de Brasinvert et de la Baisse de l'Evêque n'ont pas été traités dans cette étude. L'indicateur 3 – Surface des herbiers – n'étant pas prioritaire, il sera ignoré pour ces lagunes et aucune note ne leur sera accordé pour cet indicateur.

4. Espèces Végétales Exotiques Envahissantes (EVEE)

La présence d'espèces exotiques envahissantes est une menace pesant sur les lagunes méditerranéennes, bien que cet indicateur ne soit pas prioritaire. La note est attribuée selon le pourcentage de surface de la PE ou de son linéaire de berge envahi par une ou plusieurs EVEE listée dans le classeur technique et selon la typologie de la lagune (Annexe 8). Les informations sont obtenues par dires d'experts, par l'observation d'ortho-images, et par des prospections sur le terrain.

L'évaluation de cet indicateur, ainsi que des indicateurs 6 – Espèces Animales Exotiques Envahissantes, 7 – Connectivité à la mer, 8 – Nature des berges et 9 – Fonctionnement hydrologique a été réalisé sur les 15 lagunes du site dans le cadre de deux stages en 2023²⁸ et 2024²⁹, financés par le life MarHa et encadrés par l'animateur du site Natura 2000 "Camargue".

5. Macro-invertébrés benthiques

Cet indicateur non prioritaire vise à évaluer les communautés d'invertébrés benthiques afin d'identifier les potentielles sources de perturbation sur la lagune. La notation se base sur la valeur

de l'indice M-AMBI. Cet indicateur est étudié dans le cadre de la DCE pour les lagunes poly- et eu-halines, seul le Vaccarès est concerné. Il n'a pas été mis en place pour les autres lagunes en raison de son coût très important. En accord avec le PRLM il a été convenu de ne pas prendre en compte cet indicateur dans cette étude.

6. Espèces Animales Exotiques Envahissantes (EAEE)

Cet indicateur non prioritaire vise à évaluer une potentielle dégradation de l'habitat liée à la présence d'Espèces Animales Exotiques Envahissantes (EAEE), et notamment de *Ficopomatus enigmatus* (Cascaïl). La note est accordée selon la présence/absence de cette espèce sur la PE, ainsi que son impact sur le fonctionnement de la lagune. Il reste intéressant de noter la présence de toute autre EAEE sur la PE. Les informations sont issues des dires d'experts. Les occurrences d'autres espèces animales exotiques envahissantes, et notamment du Crabe Bleu (*Calinectes sapidus*) ont été ajoutées à ce travail, les données proviennent majoritairement de la base de données "sapiduswatch" créée par la TdV.

7. Connectivité à la mer

L'objectif de cet indicateur prioritaire 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 prend en compte l'état de la structure, c'est-à-dire si les berges du grau sont naturelles ou artificielles, et si la connectivité à la mer est directe ou indirecte ; et le fonctionnement de la liaison, qui prend en compte les modalités d'ouverture de la connectivité (Annexe 9). Pour les lagunes connectées indirectement à la mer par le biais d'autres lagunes, il a été décidé en accord avec le PRLM d'accorder à la lagune la note de l'ouverture la plus déclassante (qu'il s'agisse de l'ouverture entre deux lagunes, ou entre la lagune terminale et la mer). Pour les lagunes présentant plusieurs ouvertures à la mer, la note a été attribuée en moyennant les notes de chaque connectivité.

8. Nature des Berges

Cet indicateur prioritaire vise à déterminer le degré d'anthropisation des berges de la lagune selon les modalités proposées dans le classeur technique (Annexe 10). Un fichier cartographique de lignes a été obtenu en convertissant les polygones de la cartographie "de référence" en lignes sur le logiciel QGis. Le type de berge étant étudié "sur 5 m au-delà du niveau maximum normal", un tampon de 5m a été appliqué autour de ces lignes, avant de sélectionner les tronçons sectionnés par une route (BD TOPO ®). Ce travail a été complété par des prospections de terrain en voiture, à pieds et en vélo afin de déterminer plus précisément les tronçons de berges artificialisées et naturelles. L'artificialisation des graus étant déjà prise en compte dans l'indicateur 7 –

Connectivité à la mer, il est ignoré ici afin de ne pas déclasser la lagune plusieurs fois pour la même raison.

9. Fonctionnement hydrologique

L'objectif de cet indicateur prioritaire est de déterminer s'il existe une perturbation du fonctionnement hydrologique de la PE par rapport à un fonctionnement normal. Le fonctionnement normal a été identifié grâce à des références historiques ¹¹. Une perturbation du fonctionnement hydrologique naturel entraîne une note de -60. Ce travail a été réalisé grâce aux retours de gestionnaires, et à l'analyse cartographique des différents ouvrages hydrauliques sur les lagunes. Le PNRC réalise des relevés mensuels de la salinité des lagunes des EMSC depuis 2015, une analyse graphique de l'évolution de la salinité au cours du temps a été effectuée. Des relevés sont également réalisés sur Icard depuis 2023, aucune analyse n'a été réalisée en raison du nombre trop faible de données.

10. Colonne d'eau

Cet indicateur prioritaire mesure les concentrations en nutriments dans la colonne d'eau des lagunes permanentes, afin d'avoir un aperçu du risque d'eutrophisation de la lagune. Cette étude a été financée par la DREAL PACA sur les mois de juin, juillet et août 2023 pour les lagunes de la Dame, du Lion, de Monro, des Impériaux, de Malagroy, de Carteau et d'Icard, et par le programme REST-COST et sur les mois de mai, juin, juillet et août 2023 pour les lagunes du Galabert, de Beauduc, du Grand Rascaillan et du Vieux Rhône Sud. Pour les indicateurs 10 – Colonne d'eau et 12 – Sédiments, plusieurs points d'échantillonnage ont été choisis pour chaque lagune par les gestionnaires selon un ensemble de critères, dont l'accessibilité et la représentativité du site. Les concentrations en PO_4^{3-} , azote inorganique dissous, azote total et phosphore total y ont été mesurées sur une station sélectionnée par les gestionnaires pour chaque lagune. D'après le classeur technique, l'agrégation temporelle doit se faire selon la méthode du percentile 90 (Annexe 11) qui permet d'éviter de déclasser une lagune sous l'effet d'un pic de concentration de nutriments. Cette méthode s'applique pour des suivis ayant lieu tous les étés pendant 6 ans, ce qui est préconisé par le classeur technique. Or par manque de moyens financiers, le suivi n'a été réalisé qu'une fois par mois sur un été. Ainsi, l'agrégation temporelle a été effectuée par une moyenne des concentrations de chaque élément sur les 3 ou 4 mois. Enfin, l'état physico-chimique de la colonne d'eau de la lagune est obtenu en sélectionnant la note la plus déclassante parmi les 4 paramètres (Annexe 12). Le détail des résultats et de l'attribution de la note est présenté dans l'Annexe 16.

Ce protocole est identique à celui de la DCE, avec lequel l'IFREMER et la Tour du Valat effectuent les suivis de la qualité physico-chimique de la colonne d'eau respectivement pour les étangs du Vaccarès et de la Grande Palun. Les notes sont attribuées selon la valeur de la métrique du percentile 90 des données de concentration estivales sur 6 ans.

11. Contaminants chimiques

L'objectif de cet indicateur non prioritaire est d'évaluer la qualité de la lagune vis-à-vis de la concentration dans le biote et dans l'eau de certaines substances prioritaires et dangereuses listées à l'annexe 1 du classeur technique, selon le protocole du suivi DCE. Cet indicateur n'est étudié que pour les lagunes permanentes dont la salinité dépasse 18 g/L. Seuls les résultats du Vaccarès, suivi au titre de la DCE pourront figurer dans ce rapport. Pour les autres lagunes, la mise en place de cet indicateur sera financée par la DREAL PACA en 2024-2025.

12. Sédiments

Cet indicateur permet de connaître la qualité du substrat sédimentaire selon le pourcentage de Matière Organique (MO), d'azote et la concentration en phosphore, et ainsi connaître le risque d'eutrophisation des lagunes (Annexe 13). Le protocole de cet indicateur est élaboré uniquement pour les lagunes permanentes, les lagunes temporaires ne sont donc pas évaluées selon cet indicateur. Pour les lagunes marinisées suivies au titre de la DCE (seulement pour le Vaccarès pour cette étude), le suivi de la contamination chimique sédimentation a été réalisé par l'IFREMER via la campagne du Réseau d'Observation des Contaminants Chimiques en milieu marin "sédiments" (ROCCHSED) en 2017. Une campagne plus récente a eu lieu en 2023, mais les données ne sont pas disponibles à l'heure actuelle. Ce suivi n'est pas réalisé sur les lagunes peu salées au titre de la DCE. Pour les lagunes de la Dame, du Lion, de Malagroy, de Monro, de l'Impérial, de Carteau, du Vieux Rhône Sud et d'Icard (Tableau 2) cette étude a été financée par la DREAL en 2023. Le détail des résultats et du calcul de la note est présenté dans l'Annexe 17.

D. Traitement des données et représentation des résultats

De nombreuses informations ont été acquises dans les différents rapports d'études produits lors des analyses, et en concertation avec les gestionnaires des sites. Concernant la cartographie, le traitement des données et la réalisation d'illustrations ont été réalisés avec la version 3.24.3 du logiciel QGIS, en relation avec le géomaticien du PNR. Le travail réalisé ici sera ajouté au Système d'Information Territorial (SIT) des PNR de PACA. Les données météorologiques et de salinité ont été traitées avec la version 4.3.1 du logiciel R.

III. Résultats

A. Résultats par pièce d'eau

Tableau 3 : Note par lagune et par indicateur

	Carteau	La grande palun	Grand Rascaillan	Beauduc	Galabert	Vieux Rhône sud	Brasinvert	Icard	Baisse de l'évêque Rhée longue	Vaccarès	Monro	Malagroy	Impérial	Lion	Dame	Note la plus négative de l'indicateur
1 - Surface de l'habitat	/															
2 - Macrophytes	-10	-10	/	-30	/	-40	0	-10	-40	-40	-40	-40	-40	/	/	-40
3 - Surface des herbiers	0	/	/	-20	/	-20	/	0	/	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40
4 - EVEC	0	-10	0	0	0	0	0	0	0	-5	0	0	0	0	0	-10
5 - Invertébrés benthiques	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	-40
6 - EAVE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10
7 - Connectivité à la mer	0	-25	0	0	-17	-14	0	-25	0	-22	-22	-22	-22	-25	-25	-30
8 - Nature des berges	0	0	-40	0	-40	-40	0	0	0	-20	0	0	0	0	0	-40
9 - Fonctionnement hydrologique	0	0	0	0	-60	-60	0	0	0	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-60
10 - Colonne d'eau	-5	-30	-30	-5	-15	-15	/	0	/	-20	-5	-20	-5	-20	-20	-30
11 - Contaminants chimiques	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	/	/	/	/	/	-30
12 - Sédiments	-15	/	/	/	/	-15	/	-5	/	-20	-5	0	-30	0	-15	-30
Nombre d'indicateurs mis en place sur la lagune	9	7	6	8	6	9	6	9	6	10	9	9	9	8	8	/
Note totale ajustée	89,65	65,91	61,11	78,8	26,67	29,65	100	86,2	78,94	29,06	40,68	37,24	32,06	42	36	/

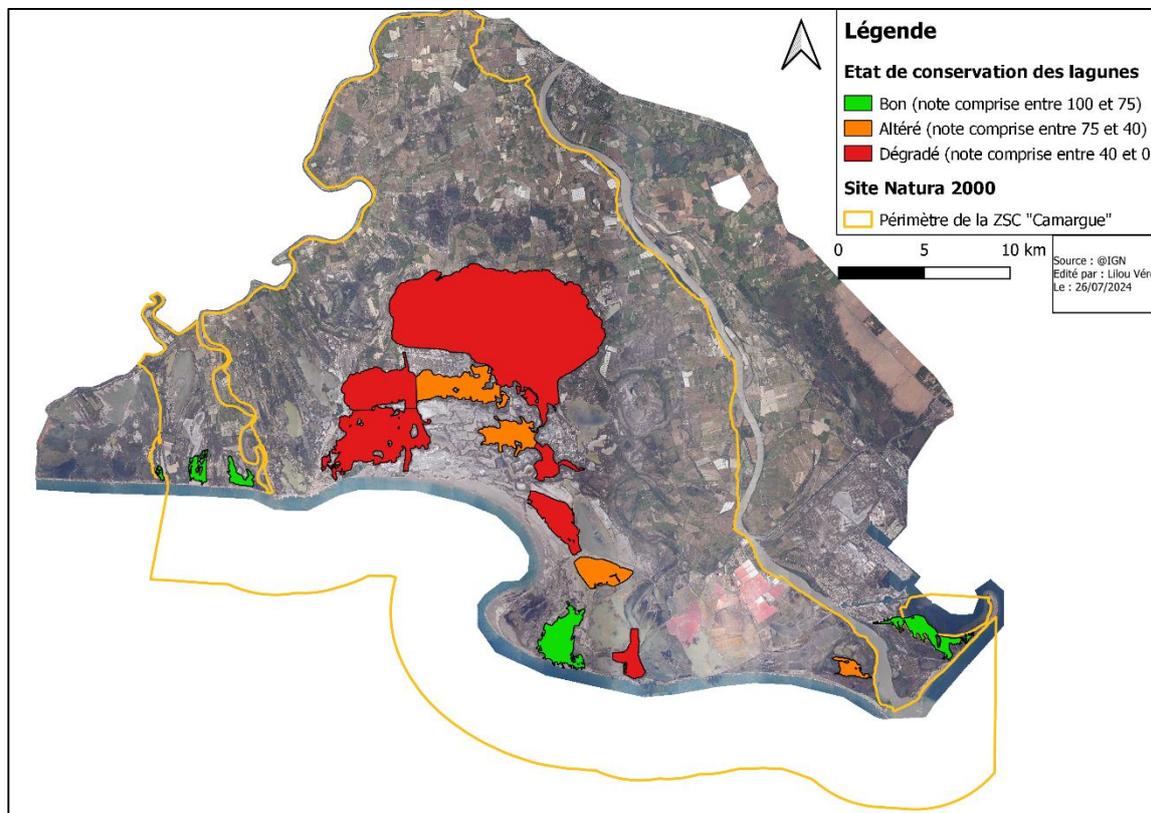


Figure 6 : Cartographie de l'état de conservation des lagunes à l'échelle de la ZSC "Camargue"

Les résultats généraux sont présentés dans les figures ci-dessus. Le Tableau 3 récapitule les notes globales pour chaque lagune, ainsi que pour chaque indicateur, la Figure 6 présente la répartition de l'état de conservation des lagunes sur le site.

L'Anse de Carteau

L'anse de Carteau est dans un **bon** état de conservation, avec une note de **89,65** (Annexes 18 et 19). La note est de -10 pour l'indicateur 2 – Macrophytes, avec un EQR_{MAC} moyen de 0,71. Les herbiers occupent 80,9% de leur surface potentielle (Annexes 14 et 20), ce qui accorde la note de 0 à l'indicateur 3 – Surface des herbiers. L'état pour l'indicateur 10 – Colonne d'eau est bon (note de -5), et moyen pour l'indicateur 12 – Sédiments (note de -15), avec une concentration trop importante en phosphore sur la période étudiée. Cette lagune est entièrement ouverte sur la mer, ce qui permet une bonne circulation de l'eau, et favorise le développement des macrophytes. Ceci permet d'accorder une note de 0 pour la connectivité à la mer et le fonctionnement hydrologique. Les autres indicateurs étudiés sont en très bon état. Cette lagune reste sensible, en raison de sa proximité avec le grand port autonome de Marseille.

La Grande Palun

La Grande Palun est dans un état de conservation **altéré**, avec une note de **65,90** (Annexes 21 et 22). Environ 80% du linéaire de berge est colonisé par des EVEC, ce qui confère la note la plus déclassante pour cet indicateur (-10). Bien qu'elle soit située à seulement 1km de la mer, il s'agit d'une lagune fluviale alimentée par les eaux de surface du Rhône, il s'agit donc d'une lagune oligohaline, dont la salinité varie entre 0 et 5 g/L. La connectivité à la mer est donc indirecte via un canal artificialisé relié en permanence au Grand Rhône. L'eau douce étant moins dense que l'eau salée, elle flotte au-dessus de l'eau marine. Ainsi, l'eau salée entre naturellement dans la lagune en quantité plus ou moins importante selon le niveau du Rhône et les petites marées, toutefois les coups de mer auront peu d'incidence sur la salinité de la pièce d'eau. Toutefois, l'absence de connectivité directe à la mer et la fermeture du grau de Piémanson fait que la note accordée pour cet indicateur est la plus déclassante (-25), malgré la circulation naturelle de l'eau dans la lagune. D'après le suivi DCE de 2021, la colonne d'eau est dans un mauvais état, avec une concentration trop importante en azote inorganique qui confère à la lagune la note la plus déclassante pour cet indicateur (-30). Les macrophytes représentent un fort enjeu pour cette lagune, notamment pour l'approvisionnement des oiseaux migrateurs, et pour leur rôle de nurserie pour les poissons migrateurs. Ils sont en bon état, avec une note de -10.

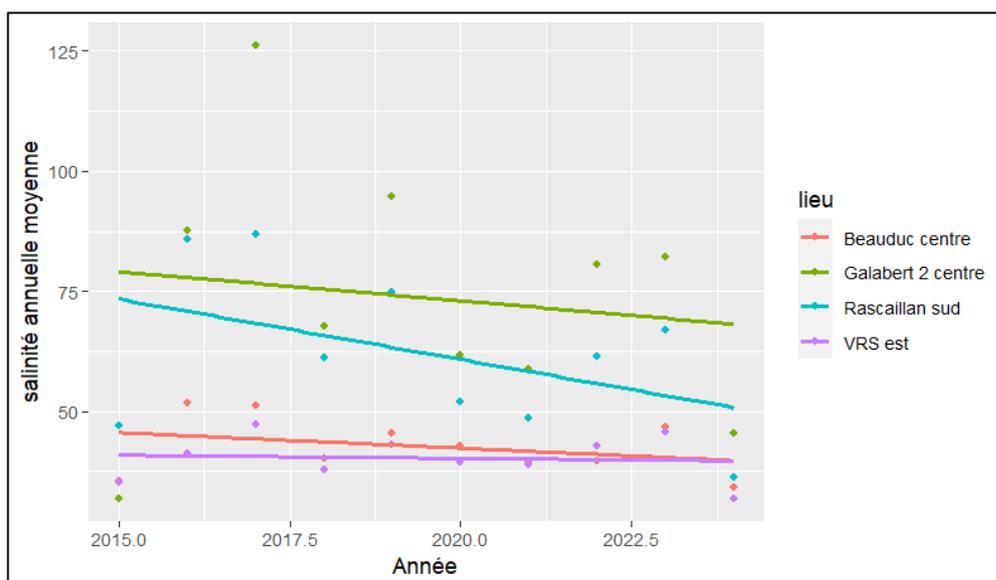


Figure 7 : Evolution de la salinité des lagunes des EMSC au cours du temps (source : PNRC)

Beauduc

La lagune de Beauduc est dans un **bon** état de conservation, avec une note de **78,84** (Annexes 23 et 24). Avec un EQR_{MAC} moyen de 0,22, la lagune obtient la note de -30 pour l'indicateur 2 – Macrophytes. Ceci pourrait être dû à la turbidité de la pièce d'eau. La surface des herbiers occupe 44,6% de sa surface potentielle, l'état est donc moyen, et la note de -20 pour l'indicateur 3 – Surface des herbiers (Annexes 14 et 25). La colonne d'eau est dans un bon état, avec une note de -5 qui correspond à une concentration légèrement trop importante en azote inorganique. L'action de la mer a créé des brèches dans la digue frontale séparant la lagune de Beauduc à la mer, la connectivité à la mer est alors très bonne. Il s'agit d'une zone d'accrétion, on observe donc la formation d'un nouveau lido sableux dans la lagune, derrière la digue frontale. Les entrées d'eau de mer dans le système permettent une réduction de la salinité globale du site, et ce notamment lors des coups de mer qui rabattent le panache du Rhône vers la côte. Ainsi, l'eau entrant dans le système est d'une salinité assez faible (environ 17 g/L), et permet de dessaler les lagunes du système des EMSC (Figure 7). Concernant les autres indicateurs mis en place, les notes sont très bonnes.

Le Grand Rascaillan

La lagune du Grand Rascaillan est dans un état **altéré**, avec une note de **61,1** (Annexes 26 et 27). L'indicateur Macrophytes n'a pas pu être évalué et a été ignoré, car le recouvrement végétal total est inférieur à 5%. De par son ancienne utilisation salicole et par l'érosion provoquée par les bascules d'eau et de vent, les berges sont dans un mauvais état (note de -40). La concentration en azote est très importante avec un pic de la concentration en azote au mois d'août (280 g/L), et

place la lagune dans un mauvais état pour l'indicateur 10 – Colonne d'eau (-30). Les autres indicateurs étudiés sont dans un bon état, on observe notamment une nette amélioration des conditions hydrologiques de la lagune et une réduction de la concentration en sel (Figure 7) grâce à la création de nombreuses ouvertures permanentes.

Le Galabert

L'étang du Galabert est dans un état **dégradé**, avec une note de **26,6** (Annexes 28 et 29). Comme pour le Grand Rascaillan, l'indicateur macrophyte n'a pas pu être évalué en raison d'un trop faible recouvrement végétal. De même, les berges sont majoritairement artificialisées (note de -40). La connectivité de la lagune à la mer est indirecte via les lagunes du Grand Rascaillan et de Beauduc, et artificialisée par des martellières (note de -17). Le fonctionnement hydrologique est considéré comme non naturel (note de -60), avec des apports d'eau douce issus du canal de drainage du Versadou, et un confinement encore important de la lagune qui empêche les mouvements d'eau naturels. La salinité annuelle moyenne est encore très importante, bien que l'on observe une amélioration depuis 2015 (Figure 7). Des concentrations d'azote trop élevées sur la période d'étude classent la lagune en état moyen pour l'indicateur 10 – Colonne d'eau (note de -15). La lagune est en bon état concernant les espèces exotiques envahissantes animales et végétales.

Vieux Rhône Sud

Le Vieux Rhône Sud est dans un état de conservation **dégradé**, avec une note de **29,6** (Annexes 30 et 31). L'indicateur macrophyte a été évalué comme étant en mauvais état (note de -40), avec un EQR_{MAC} moyen de 0,09. Les herbiers occupent 43% de leur surface potentielle (note de -20, Annexes 14 et 32). La lagune est connectée directement à la mer par le grau de la dent qui est artificialisé et qui ne fonctionne pas sans action humaine (note de -14). Les berges sont majoritairement artificialisées, pour les mêmes raisons que le Galabert et le Grand Rascaillan. La circulation de l'eau est assez faible et est permise par le pompage réalisé par la CSME à l'est de la lagune. Le fonctionnement hydrologique n'est donc pas naturel (note de -60). Les indicateurs 10 – Colonne d'eau et 12 – Sédiments sont tous deux dans un état moyen, avec des concentrations déclassantes d'azote et de phosphore respectivement. Il n'y a pas de problématique liée aux EEE.

Le Vaccarès

L'étang du Vaccarès est dans un état de conservation **dégradé**, avec une note de **29** (Annexes 33 et 34). L'indicateur 2 – macrophytes a été suivi pour la dernière fois en 2021 dans le cadre de la DCE, et a été évalué comme étant dans un mauvais état (note de -40), avec

notamment une régression du recouvrement en espèces de référence. Les herbiers sont en régression à l'échelle de la pièce d'eau, en occupant 16% de la surface potentielle en 2023 (Annexes 14 et 35). Ceci pourrait être dû à la turbidité de la pièce d'eau, au stress osmotique potentiellement ressenti lors des fortes variations de salinité, et/ou à l'effet cocktail du mélange de polluants présent dans l'eau du Vaccarès. De plus, la couverture en macrophytes peut être très variable selon les conditions météorologiques de l'année d'étude.

Le linéaire de berges est occupé au minimum à 2,7% par des EVEE dont le Sénéçon en arbre (*Baccharis halimifolia*, note de -5), qui se répartissent principalement au niveau des arrivées d'eau douce où la réduction locale de la salinité permet leur implantation. De plus, les berges sont artificialisées sur 15% du linéaire (note de -20). Cette artificialisation se traduit principalement par des enrochements ou autres moyens de lutte contre le battillage. L'absence de cascaill classe la lagune en bon état pour l'indicateur 6 – EAEE, malgré l'observation de Crabes chinois (*Eriocheir sinensis*) et de Crabes bleus (*Calinectes sapidus*).

La connectivité à la mer est indirecte par le biais d'autres lagunes (connectivité naturelle entre le Vaccarès et Monro), puis par le biais du pertuis de la Fourcade principalement (note de -22), et dans une plus faible mesure par le pertuis de la Comtesse via l'Afeu du Lion. L'ouverture de ces pertuis est gérée respectivement par la Commission Exécutive De l'Eau (CEDE) et la SNPN Réserve de Camargue, et dépend des niveaux d'eau du système lagunaire et de la mer ainsi que des besoins de circulation de certaines espèces de poissons migrateurs. La qualité de l'eau du canal du Versadou est également prise en compte pour l'ouverture du pertuis de la Comtesse.

La grande dépendance de la lagune aux apports d'eau douce issue du drainage agricole, et le manque général d'apport d'eau douce du bassin versant perturbe fortement l'hydrologie de la lagune et du système (note de -60, Annexe 36). Les eaux de drainage des zones non poldérisées à l'est de la lagune s'y déversent directement via les canaux de Roquemaure et de Fumemorte. L'eau est souvent de mauvaise qualité, et arrive en mauvaise quantité en ne respectant pas la périodicité naturelle d'une lagune ³⁰. L'eau peut également arriver par les canaux des zones poldérisées à l'ouest et au nord, seulement lorsque la qualité de l'eau le permet.

D'après les données obtenues dans le cadre de la DCE entre 2016 et 2021, la colonne d'eau est dans un état médiocre vis-à-vis des nutriments, la concentration en azote y est trop importante (note de -20) ³¹. Concernant les sédiments, la campagne ROCCHSED de 2017 a mis en évidence que les concentrations de matière organique et de phosphore déclassent la lagune (note de -20), avec des concentrations en sédiments plus importantes au nord-ouest de la pièce d'eau ³². En effet, les eaux de drainage agricole apportent directement des sédiments chargés de nutriments. La

lagune est en bon état pour l'indicateur 11 – contaminants chimiques (note de 0), d'après le suivi DCE réalisé en 2021 ³¹. Cette bonne note est due à un biais méthodologique : seulement 45 polluants prioritaires sont recherchés dans le cadre de la DCE, mais certaines molécules utilisées sur le territoire et présentes dans la lagune n'entrent pas dans l'évaluation de cet indicateur.

Les étangs inférieurs (Dame et Lion)

Les étangs de la Dame et du Lion sont dans un état de conservation respectivement **dégradé** et **altéré**, avec des notes respectives de **36** et de **42** (Annexes 37, 38 et 39). L'absence de macrophytes et d'herbiers (0 % de couverture des herbiers, note de -40 pour l'indicateur 3 – Surface) n'a pas permis d'évaluer l'indicateur 2 – Macrophytes. Ceci pourrait être lié aux conditions de turbidité, de salinité et/ou aux assecs subis par les étangs inférieurs pendant l'année 2023. La connectivité à la mer est indirecte car se fait principalement via les EMSC et le pertuis de la comtesse, qui est artificialisé, et géré par des martellières (note de -25). Des connectivités temporaires existent entre les baisses des étangs inférieurs et le Tampan, puis entre le Tampan et la mer. Les lagunes reçoivent très peu d'apport d'eau du bassin versant, le principal apport se fait par le canal de drainage du Versadou en hiver, lorsque la qualité de l'eau le permet. Ce fonctionnement n'est donc pas naturel (note de -60 pour le fonctionnement hydrologique). Les deux lagunes sont dans un état médiocre concernant la colonne d'eau (note de -20), avec des pics de concentration des nutriments au mois d'août, qui peuvent être issus d'apports d'eau de drainage de la riziculture involontaires par le canal du Versadou. L'étang de la Dame est dans un état médiocre pour les sédiments également (note de -20), le Lion est en bon état. La concentration en nutriments est répartie sur un gradient Sud – Nord, ce qui atteste que les nutriments sont originaires du canal du Versadou. L'état est très bon pour les autres indicateurs étudiés.

Les étangs impériaux (Monro, Malagroy et Impérial)

Les étangs de Malagroy et de l'Impérial sont dans un état de conservation **dégradé**, avec des notes respectives de **37,24** et **32,06** (Annexes 40, 41 et 43). L'étang de Monro est noté à **40,68**, et est donc dans un état **altéré** (Annexe 42 et 43). La couverture en macrophytes de référence est très faible, avec un EQR_{MAC} moyen compris entre 0,01 et 0,085. Aucun herbier de Zostère ni de Ruppie n'a été détecté lors des prospections réalisées par Hugo Fontes et Nicolas Borel en 2022, et de grandes plaques d'algues vertes filamenteuses ont été observées. La surface des herbiers est également extrêmement faible, avec au maximum une couverture de 0,003% de la surface potentielle dans l'étang de l'Impérial (Annexe 44). Ceci s'expliquerait par la forte turbidité du système, ainsi que de la très forte salinité mesurée en été. Le fonctionnement hydrologique est très impacté par les activités humaines. Les apports d'eau douce peuvent se faire en trois points à

l'ouest du système, toutefois les conditions nécessaires au fonctionnement de ces ouvrages sont très rarement réunies pour permettre leur activité, et seule la pompe de l'éolienne laisse occasionnellement entrer de l'eau douce dans la lagune de l'Impérial. Lorsque les taux d'évaporation sont très importants en été, les étangs impériaux peuvent être déconnectés du Vaccarès, et donc d'un apport d'eau douce supplémentaire. La salinité peut alors augmenter considérablement sur ces périodes. La connectivité à la mer se fait par le pertuis de la Fourcade (note de -22). Le risque d'eutrophisation est assez hétérogène sur ces lagunes. L'étang de Malagroy obtient la note de -20 pour l'indicateur 10 – Colonne d'eau, avec un pic de la concentration en nutriments au mois d'août. Ceci est assez étonnant étant donné l'absence de canaux de drainage à proximité, ce pourrait être dû à la décomposition des herbiers en fin d'été. L'étang de l'Impérial est dans un état dégradé pour l'indicateur 12 – Sédiments, avec une concentration en MO très importante au niveau du pertuis de la Fourcade, ce serait en lien avec la pompe de l'éolienne qui apporte des nutriments en aval du pertuis. Lors des ouvertures de ce dernier, les sédiments riches en nutriments pourraient entrer dans la lagune. Les berges sont majoritairement naturelles, avec toutefois un réel impact du piétinement et du dérangement des oiseaux nicheurs par les activités de tourisme équestre sur l'étang Impérial et Malagroy.

Icard

L'étang d'Icard est dans un **bon** état de conservation, avec une note de **86** (Annexes 45 et 46). D'après l'étude réalisée en 2023, la lagune est considérée en "bon état" pour l'indicateur 2 – Macrophytes. Les herbiers sont développés à 73,4 % de leur potentiel, ce qui accorde le bon état pour cet indicateur (Annexes 14 et 47). D'après la méthode, la principale problématique de cette lagune est sa connectivité à la mer. Sa connectivité à la mer fonctionne de la même manière que pour la Grande Palun : il s'agit d'une lagune fluviale peu salée alimentée par les eaux de surface du fleuve, sa connectivité à la mer est donc indirecte via le Petit Rhône. La note est donc la plus déclassante pour cet indicateur (-25). Une connexion temporaire peut toutefois se créer au sud de la lagune lors de coups de mer. Le fonctionnement hydrologique est naturel, et permet d'assurer une circulation de l'eau dans la lagune. Des travaux de restauration des martellières sont prévus, afin de maintenir cette bonne circulation nécessaire pour prévenir l'envasement et assurer le bon développement des herbiers. Concernant les nutriments, la colonne d'eau est en très bon état (note de 0), et les sédiments en bon état (note de -5). Attention toutefois, les sédiments n'ont été échantillonnés que sur un point au sud-ouest de la lagune, ce qui n'est pas représentatif de toute la pièce d'eau. Les notes pour les EEE sont bonnes, il faut toutefois noter l'observation d'une quarantaine de spécimens de Crabes bleus (aucune femelle grainée) dans le canal principal lors d'une pêche scientifique qui s'est tenue en juillet 2024.

Baisse de l'Evêque – Grande Rhée Longue

Cette lagune temporaire est dans un **bon** état de conservation, avec une note de **78,94** (Annexes 48 et 49). La note de -40 pour l'indicateur 2 – Macrophytes est la seule qui décline la note totale de la lagune. Les 3 points d'échantillonnage situés à l'ouest de la pièce d'eau dans la baisse de l'évêque sont riches en macrophytes de référence, toutefois les 8 points situés à l'est dans la Grande Rhée Longue sont dominés par les algues vertes filamenteuses. D'après Hugo Fontes et Nicolas Borel, cela pourrait s'expliquer par la qualité de l'eau arrivant au nord de la Grande Rhée Longue par le canal ²⁵, des études plus poussées sur la physico-chimie de l'eau seraient nécessaires. La connectivité à la mer se fait naturellement lors des coups de mer, et les apports d'eau douce se font par un canal situé au nord de la lagune. Des pieds de cascaill ont été observés dans la roubine à proximité de la pièce d'eau, la progression de cette espèce est à surveiller.

Brasinvert

La pièce d'eau de Brasinvert est séparée en 3 pièces d'eau de temporalité allant de 6 à 10 mois d'immersion par an. Elle est dans un **bon** état de conservation, avec une note de **100** (Annexes 50 et 51), les notes sont les meilleures possibles pour tous les indicateurs étudiés. Seulement 2 stations présentaient des macrophytes (*Althenia filiformis*), avec un faible recouvrement. Toutefois, d'après la méthode pour les lagunes temporaires, l'absence de macrophytes indicateurs d'une dégradation classe automatiquement la lagune dans un bon état. Des apports d'eau marine ont lieu par le sud lors de coups de mer, et les apports d'eau douce par les précipitations uniquement.

B. Résultats à l'échelle du site

1. Répartition des notes sur le site

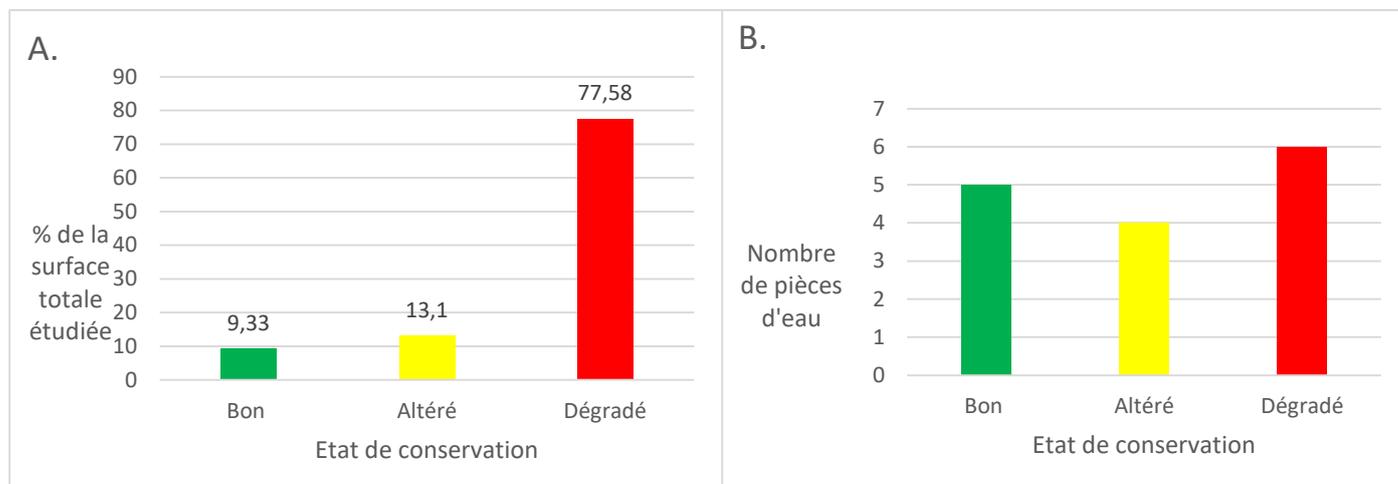


Figure 8 : Répartition de l'état de conservation selon (A.) le % de surface et (B.) le nombre de pièce d'eau

A l'échelle du site, 5 lagunes sont dans un bon état de conservation, ce qui représente moins de 10% de la surface totale (Figure 8). 13,1% de la surface répartie entre 4 lagunes est dans un état altéré, et 6 pièces d'eau sont dans un état dégradé, ce qui représente 77,58 % de la surface totale. Le Vaccarès, qui est dans un état dégradé, représente à lui seul plus de 51% de la surface totale étudiée. On observe une corrélation négative mais non significative entre la note de la lagune et sa surface ($R = -0,34$, $p = 0,212$), ainsi les grandes pièces d'eau sont dans l'ensemble dans un moins bon état de conservation que les plus petites lagunes, bien que le résultat ne soit pas significatif. Ceci s'explique car il est notamment plus difficile de mettre en place des mesures de gestion sur de grandes pièces d'eau.

2. Indicateur 1 – surface de l'habitat

En raison de différences méthodologiques entre les différentes cartographies à disposition, aucune comparaison scientifique n'a pu être effectuée. Les dires d'experts et les analyses d'ortho-images sur IGN "remonter le temps" ²³ ne montrent pas d'aménagements conduisant à une perte de l'habitat d'origine anthropique entre 2008 et 2023. Egalement à souligner que selon l'actualisation de la cartographie des habitats d'intérêt communautaire du site Natura 2000 « Camargue », la surface de l'habitat « Lagunes côtières » semble en nette expansion par rapport à la cartographie de 2008. Ainsi, la surface de l'habitat peut être considérée comme stable, voir en progression. Ainsi, l'indicateur 1 peut être considéré comme dans un bon état.

3. Note à l'échelle du site et problématiques principales

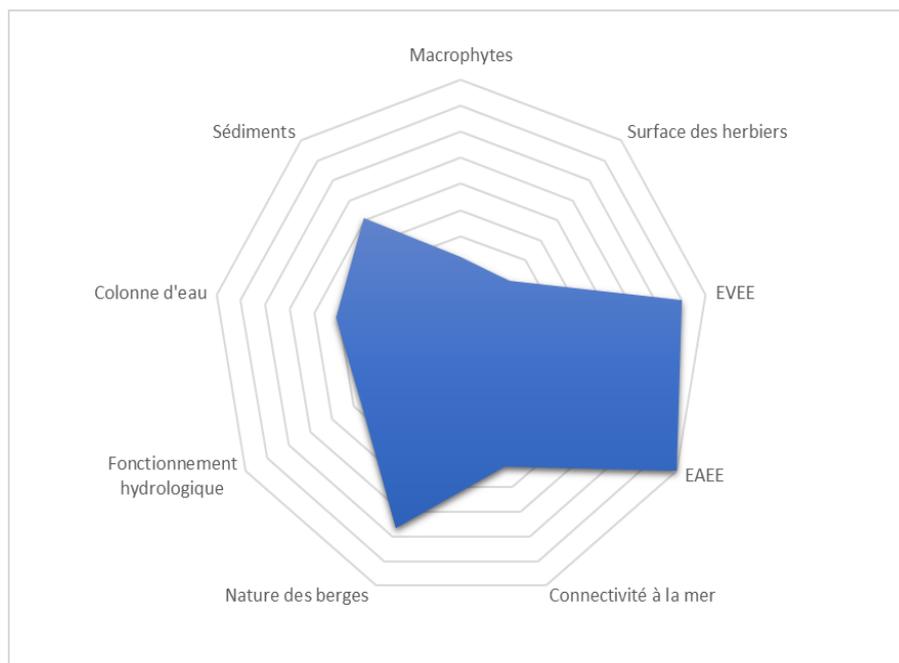


Figure 9 : Diagramme Radar de l'état de conservation des indicateurs à l'échelle du site Natura 2000 "Camargue"

L'évaluation des notes pour chaque lagune et pour chaque indicateur, ainsi que pour l'indicateur 1 – Surface de l'habitat a permis d'évaluer l'état de conservation à l'échelle du site (Figure 4.B). Ainsi, l'habitat 1150 à l'échelle du site Natura 2000 "Camargue" est dans un état **altéré**, avec une note de **37,5**. Les macrophytes, la surface des herbiers et le fonctionnement hydrologique représentent les problématiques principales du site (Figure 9, notes moyennes respectives de -27,3, -27,3 et -32). Les résultats concernant la colonne d'eau, les sédiments, la connectivité à la mer et la nature des berges sont assez hétérogènes, et représentent des problématiques secondaires à l'échelle du site (notes moyennes respectives de -14,6, -11,7, -9,3 et -14,6). Enfin, le site ne semble pas impacté par la présence d'EVEC et d'EAAE (notes moyennes respectives de -1 et 0).

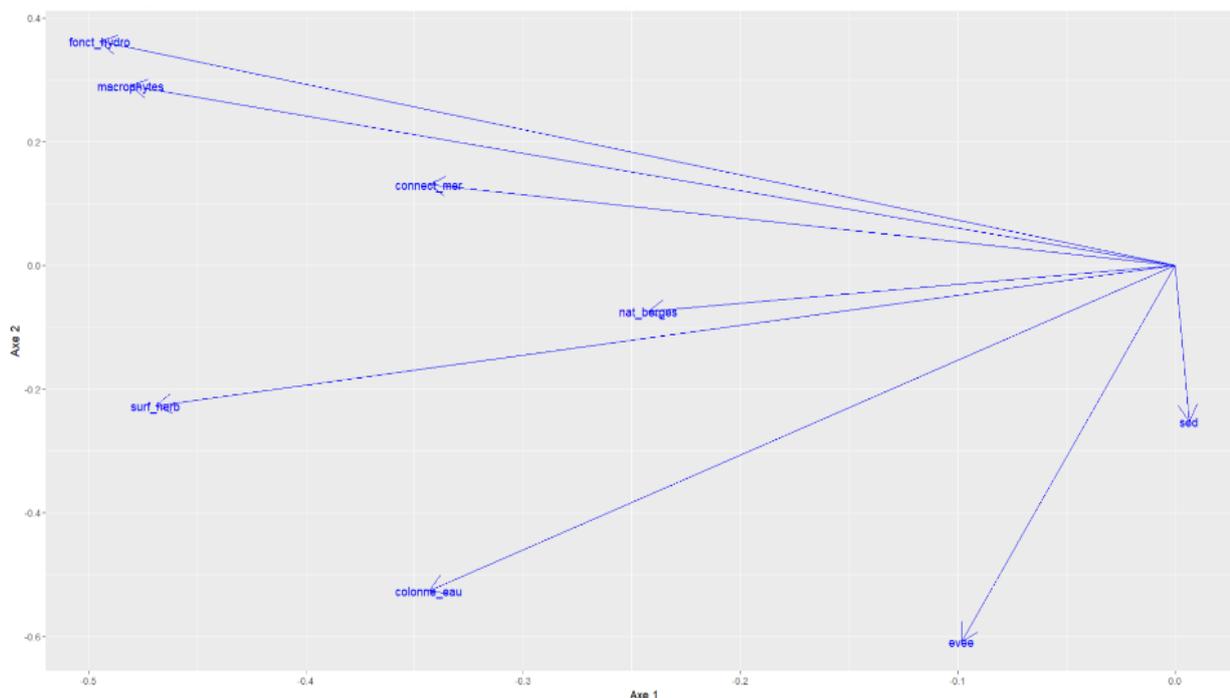


Figure 10 : Représentation graphique de l'analyse en composante principale des notes générales des indicateurs sur le site Natura 2000 "Camargue"

L'analyse en composante principale des notes de chaque indicateur révèle certaines corrélations entre indicateurs (Figure 10). Les résultats des indicateurs 2 – Macrophytes et 9 – Fonctionnement hydrologique sont plutôt liés ($R = 0,69$), de même que pour les indicateurs 3 – Surface des herbiers et 10 – Colonne d'eau ($R = 0,61$), et 9 – Fonctionnement hydrologique et 8 – Connectivité à la mer ($R = 0,65$).

Les lagunes ayant une note de -60 pour l'indicateur 9 – Fonctionnement hydrologique ont une note générale significativement plus faible que celles ayant un fonctionnement hydrologique normal (Figure 11, Test de Wilcoxon : $p = 0,0003$). Cela montre l'ampleur de l'impact d'un mauvais fonctionnement hydrologique sur l'état de conservation d'une lagune.

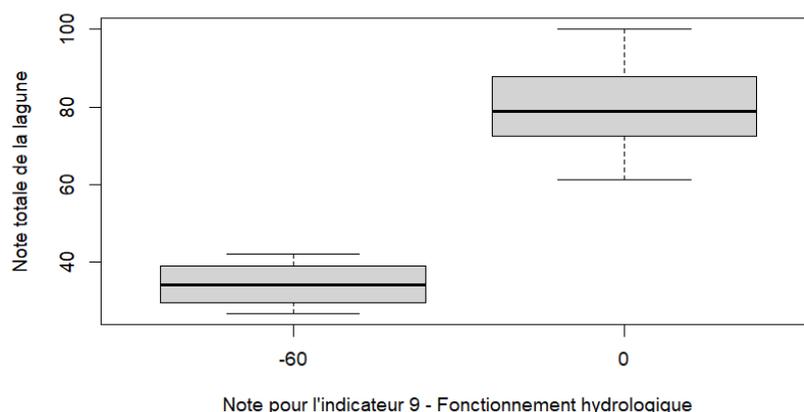


Figure 11 : Note générale des lagunes selon leur note pour l'indicateur 9 - Fonctionnement hydrologique

IV. Analyse et Discussion

A. Mise en évidence des enjeux du site

L'habitat 1150* représente un habitat d'intérêt communautaire prioritaire, c'est-à-dire qu'il est en danger de disparition et présente donc des enjeux de conservation prioritaires. Les lagunes sont des habitats dynamiques et sensibles aux variations environnementales, souvent causées par les activités humaines. Leur sensibilité est connue face aux conséquences des changements climatiques : l'élévation du niveau marin, la réduction des apports d'eau douce par les précipitations et les crues des cours d'eau, et l'augmentation des températures. Il a été montré que ces changements provoqueront une homogénéisation des caractéristiques physico-chimiques des lagunes, et donc une perte "d'hydro-diversité"³³. L'évaluation de son état de conservation, et la prise en compte de ces résultats pour l'élaboration des mesures de gestion paraît donc nécessaire. Le site Natura 2000 "Camargue" contient la plus grosse proportion d'habitat 1150* à l'échelle de la Méditerranée, la classification des lagunes comme étant dans un état "altéré" est donc inquiétant et nécessite des mesures de restauration de l'état de conservation.

Le site Natura 2000 "Camargue" est une zone où se concentrent de nombreuses activités socio-économiques ayant un impact plus ou moins direct sur le fonctionnement des lagunes. La pêche et la chasse des oiseaux d'eau ont un impact direct sur le milieu, en agissant sur les populations d'animaux. L'agriculture, et notamment la riziculture a un impact sur la gestion hydraulique et la pollution chimique à l'échelle du bassin versant, qui se répercute sur les lagunes³⁴. La saliculture, le tourisme et l'élevage exercent également un rôle dans le fonctionnement de cet habitat via les modifications du fonctionnement hydrologique, la fréquentation humaine, la démoustication... Les changements climatiques ont à l'inverse un impact sur l'agriculture, qui est menacée par la salinisation. Toutefois, la riziculture limite 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.

L'habitat 1150* est connu pour sa biodiversité, et plus particulièrement pour ses enjeux d'accueil et d'approvisionnement des oiseaux migrateurs, et lieu de reproduction et de nurserie pour les espèces migratrices de poissons dont l'Anguille Européenne (*Anguilla anguilla*). Ceci est notamment rendu possible par les herbiers. Ces derniers vont également impacter la sédimentation en fixant les particules et les nutriments, participent à l'oxygénation de la colonne d'eau, et peuvent réduire les concentrations de certains polluants chimiques en les bioaccumulant³⁵. Les conditions hydrologiques des lagunes à savoir la salinité, les niveaux et la circulation de l'eau vont impacter le développement des macrophytes constituant les herbiers, et vont à leur tour

impacter¹¹ la diversité faunistique. La connectivité entre les milieux aquatiques est également nécessaires pour la diversité et la résilience des populations faunistiques (ichtyofaune et invertébrés)³⁶.

Or, les résultats montrent une perturbation importante du fonctionnement hydrologique de plusieurs pièces d'eau. Depuis la fin du XIX^{ème} siècle, l'isolement du système Vaccarès causé par l'endiguement du Rhône et de la mer provoque une perturbation de la circulation de l'eau¹¹. En effet, les pluies et les apports d'eau de drainage de la riziculture constituent l'essentiel des entrées d'eau dans le système, tandis que les sorties sont majoritairement liées à l'évaporation et très peu aux sorties gravitaires par la mer³⁷ (Annexe 52). Cette problématique est également observée dans les EMSC suite à leur utilisation comme marais salants. Dans un premier temps, l'artificialisation des connectivités à la mer par l'utilisation de martellières représente une barrière écologique au passage des poissons migrateurs. De plus, les mouvements d'eau sont plus faibles et ne sont pas d'origine naturelle mais anthropique. Ainsi, les risques d'envasement, de stress osmotique et d'assecs augmentent, et perturbent le développement des macrophytes. Ces derniers sont également sensibles aux risques d'eutrophisation du milieu provoqués par la concentration importante de nutriments apportés par les eaux de drainage ; et à la multi-contamination par des polluants chimiques et/ou éléments traces métalliques potentiellement présents dans ces eaux, dont les herbicides qui perturbent leur photosynthèse³⁸. La perte qualitative et quantitative des macrophytes représente une diminution de la quantité de ressources pour l'avifaune, et pourrait donc entraîner une réduction du nombre d'espèces d'oiseaux sur le site. De plus, le caractère naturel des berges doit être maintenu au maximum pour permettre la nidification d'espèces limicoles comme le Gravelot à collier interrompu (*Charadrius alexandrinus*).

De plus, la présence d'EEE représente une menace relative pour la biodiversité. *Baccharis halimifolia* peut prendre la place d'habitats d'intérêt communautaires, ou d'habitat d'espèces d'intérêt communautaire comme les roselières, qui servent notamment de site de reproduction pour certaines espèces d'oiseaux paludicoles. La présence de Crabe bleu peut également causer des problématiques pour la faune benthique, en réduisant notamment la diversité. L'augmentation des populations en Camargue semble être un scénario très probable³⁹.

B. Mesures de gestion actuelles et à venir

Les mesures de gestion possibles des lagunes sont variées sur le territoire de Camargue. En effet, les différentes activités socio-économiques du site ne nécessitent pas des mêmes mesures

de gestion hydraulique, il s'agit donc d'un grand enjeu pouvant entraîner des désaccords entre les acteurs. La configuration du système lagunaire de Camargue fait que les lagunes dépendent des mesures de gestion prises sur l'ensemble du bassin versant. Ainsi, les ateliers de concertation et de médiation prennent une grande importance pour la gestion de ces sites. Au vu de leurs organismes gestionnaires, les lagunes étudiées sont déjà soumises à différentes mesures de gestion visant à rétablir un état de conservation favorable des pièces d'eau.

Afin 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 Conservatoire du Littoral et des services de l'état le plan de sauvegarde du Vaccarès. L'objectif est d'améliorer les apports d'eau douce dans le système tout en limitant la dépendance aux eaux de drainage agricoles. La création de prises gravitaires et de pompages dans le Petit et le Grand Rhône est prévue pour alimenter le système en eau douce tout en réduisant les entrées de polluants. A l'heure actuelle dans le Vaccarès, 90% des polluants sont originaires de l'agriculture et 10% du Rhône⁴⁰. Toutefois, comme c'est le cas pour les lagunes ayant un fonctionnement hydrologique plus naturel, la qualité de l'eau des PE dépendra de la qualité du Rhône. L'amélioration de la connectivité avec la mer est également prévue dans le plan de sauvegarde via la gestion des pertuis, et la restauration du pertuis de la Fourcade par le Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement des Dignes du Delta du Rhône (SYMADREM). L'objectif est d'y installer des passes à poissons afin de limiter l'effet de barrière écologique, et d'automatiser l'ouverture des martellières selon les mesures votées lors de la Commission Exécutive de l'Eau (Annexe 53) afin de maximiser le temps d'ouverture à la mer. Cette commission regroupe de nombreux acteurs liés aux pertuis de la Fourcade afin de prendre des décisions quant à son ouverture, ce qui nécessite de prendre en compte des enjeux parfois divergents. L'amélioration de la connectivité entre le système Vaccarès et la mer entre également dans le plan de gestion des EMSC⁴¹. Une dépoldérisation progressive par des solutions fondées sur la nature est progressivement mise en place sur les EMSC, afin de permettre une gestion gravitaire de l'eau. La circulation naturelle de l'eau est alors restaurée lorsqu'elle dépend seulement des niveaux d'eau et des conditions de vent¹³. Ainsi, la création de plusieurs ouvertures libres permanentes naturellement entre Beauduc et la mer, et artificiellement entre les lagunes permet la restauration des continuités hydrobiologiques entre le système Vaccarès et la mer via le pertuis de la Comtesse. De ces mesures de gestion hydrauliques devraient découler une amélioration de l'état de conservation des macrophytes.

Afin de réduire l'arrivée de polluants dans les lagunes, les plans de gestion de la RNNC ³⁰ et des étangs Impériaux ⁴² ont pour objectif d'atteindre le bon état des eaux. Pour cela, ils projettent d'améliorer les connaissances des rejets de polluants dans les lagunes, de les maîtriser et d'analyser les impacts sur la biodiversité. De plus, la concertation avec les acteurs et notamment les agriculteurs apparaît comme nécessaire pour réduire ou détourner les polluants entrant dans les lagunes. Cela peut se faire par la mise en place de Mesures Agro-Environnementales (MAE) ou des chartes Natura 2000. Un projet visant à créer des bassins de décantation des eaux du canal de Fumemorte est également en cours de réflexion. Enfin, la forte concentration en nutriments dans l'eau et les sédiments de certaines lagunes n'indiquent qu'un risque d'eutrophisation. Le brassage de l'eau par le vent, et les mouvements gravitaires d'eau peuvent rétablir une oxygénation convenable pour la vie aquatique ¹³.

Comme dis précédemment, la nature des berges et des îlots a un rôle important pour la nidification d'espèces limicoles et laro-limicoles. Dans le but de favoriser cette nidification, l'amélioration de l'état des berges et la création d'îlots fait partie du plan de gestion des EMSC. Au nord du Vaccarès, des travaux de protection de la route RD 37 ont eu lieu en ajoutant des aménagements favorisant la nidification. Des enrochements ont été placés proche de la route, puis recouverts d'une risberme revégétalisée afin de favoriser le retour des oiseaux sur le site ⁴³. Enfin, dans l'ensemble, les berges situées sur les propriétés du Conseil Départemental des Bouches-Du-Rhône (CD13) ou du CdL sont protégées de l'urbanisation.

C. Evolution de la méthodologie

1. La méthode de l'UMS PatriNat

Cette méthode d'évaluation de l'EC des lagunes côtières méditerranéennes proposée par l'UMS PatriNat, qui est l'une des premières méthodes d'évaluation pour un habitat d'intérêt communautaire prioritaire, a permis de mettre en place cette étude selon un protocole standardisé, afin de permettre la comparaison entre les sites et de faciliter les échanges entre les personnes chargées de dresser l'état de conservation de cet habitat. De plus, il sera possible d'observer l'évolution de l'habitat 1150* sur le site au cours du temps, puisque cette méthode sera réemployée dans 6 ans pour la prochaine évaluation de l'EC. Toutefois, comme en attestent les réunions de concertation entre les différents acteurs du PRLM, cette méthode est vouée à évoluer selon les retours des personnes l'ayant appliquée, afin d'améliorer la fiabilité des résultats. Ce paragraphe a pour but de recenser les problématiques d'ordre méthodologique rencontrées lors de cette étude.

Le déclassement d'une lagune pour l'indicateur 9 – Fonctionnement hydrologique impacte fortement sa note générale, comme le montre la Figure 10. La note de -60 est très pénalisante et est la plus déclassante de la méthode, et impacte directement la note globale de la lagune. Ceci traduit l'importance de l'hydrologie pour le bon état de conservation de la lagune, d'autant plus qu'un mauvais fonctionnement hydrologique entraîne indirectement le déclassement de la lagune, en impactant d'autres indicateurs comme les Macrophytes (Figure 9). La binarité de cet indicateur est toutefois discutable, il serait intéressant de pouvoir nuancer le propos. En effet, l'artificialisation du fonctionnement hydrologique du Vaccarès n'est pas de la même importance que pour les étangs du Lion ou de la Dame, et la méthode ne permet pas de les différencier.

Au sujet des EAEE, la méthode ne prend en compte que le Cascaïl (*Ficopomatus enigmatus*) et ses éventuels impacts sur l'hydrologie. Toutefois, ce n'est pas la principale menace par les EAEE qui a été identifiée sur les lagunes du site. En effet, les observations de Crabes bleus par les pêcheurs et les gestionnaires sont en augmentation en Camargue, ainsi que sur d'autres complexes lagunaires méditerranéens. Cette problématique est déjà connue, et des ateliers de concertation pour établir des mesures de gestion cohérentes sont animés par le PRLM⁴⁴. Il serait alors pertinent de pouvoir prendre en compte d'autres EAEE dans la méthode, par exemple par un tableau des espèces à rechercher comme c'est déjà le cas pour les EVEE. Cela permettrait de mettre en place des relevés plus exhaustifs tous les 6 ans afin d'avoir un état des lieux, puis pour permettre aux gestionnaires de mettre en place les mesures adaptées.

En raison des coûts humains et matériels, l'indicateur 10 – Colonne d'eau n'a été évalué que sur une année, à raison d'un relevé par mois sur les mois d'été (de mai ou juin jusqu'à août selon les lagunes). Bien que cela apporte une information importante sur le risque d'eutrophisation de la lagune sur l'année de mesure, il est difficile de l'intégrer dans l'évaluation de l'EC. En effet, les concentrations en nutriments, et les conditions climatiques pouvant provoquer une eutrophisation sont très variables d'une année à l'autre. C'est pour cela que la méthode propose des mesures tous les ans sur les mois d'été, et l'attribution d'une note au bout de 6 ans en employant la méthode du percentile afin d'écarter les données extrêmes. Il serait donc pertinent de pouvoir adapter la méthode aux difficultés économiques nécessaires à la mise en place de cet indicateur, tout en améliorant la représentativité temporelle des résultats.

Il aurait été pertinent de pouvoir évaluer l'indicateur 5 – Invertébrés Benthiques sur les lagunes méditerranéennes. En effet, le biote est évalué uniquement via les macrophytes, et la faune n'est pas prise en compte. Cet indicateur a été développé pour la façade Atlantique, mais n'a jamais été adapté et testé pour la façade méditerranéenne. Il est difficile à mettre en place,

pour des raisons financières et humaines, puisqu'il nécessite le travail d'un expert sur une durée importante. La simplification de cet indicateur permettrait alors d'avoir un aperçu de l'état des communautés faunistiques des pièces d'eau, afin notamment d'évaluer l'impact du Crabe Bleu sur la biodiversité.

Les résultats du Vaccarès pour l'indicateur 11 – Contaminants chimiques sont assez surprenants. En effet, ce système est connu pour sa pollution chimique assez importante. Il s'agit d'un biais méthodologique, car seulement 45 polluants sont recherchés au titre de la DCE. On ne retrouve pas parmi eux les pesticides et autres polluants organiques utilisés sur le territoire de Camargue, le bon état obtenu pour cet indicateur n'est donc pas représentatif de la réalité. Pour ces raisons, l'évaluation de cet indicateur financé par la DREAL PACA pour les autres lagunes sera adaptée au contexte local en s'inspirant du projet PEPS LAG⁴⁵, en cherchant la présence de 141 polluants chimiques et métalliques. Toutefois, il sera difficile de changer la méthode d'évaluation pour le Vaccarès, les suivis DCE se faisant selon un protocole standardisé à l'échelle de l'Europe.

Comme évoqué précédemment, l'indicateur 8 – Connectivité à la mer n'est pas adapté au fonctionnement des lagunes fluviales. En effet, ces lagunes sont ouvertes sur le fleuve, et reçoivent de l'eau salée de la mer qui remonte dans l'embouchure. Il s'agit d'un fonctionnement naturel qui ne devrait pas déclasser les lagunes, toutefois le classeur technique considère que la connectivité à la mer est indirecte artificialisée (note de -10 pour l'état) et insignifiante (note de -15 pour le fonctionnement). Dans l'ensemble, les critères de définition de cet indicateur sont assez ambigus, où de nombreux cas ne sont pas clairement définis.

La définition de la typologie de la lagune impacte fortement la manière d'évaluer les indicateurs. C'est le cas notamment des lagunes temporaires dont l'évaluation de l'EC est moins robuste, puisqu'elles ont été évaluées selon moins d'indicateurs, car plusieurs d'entre eux ne sont adaptés qu'aux lagunes permanentes (3 - Surface des herbiers, 10 – Colonne d'eau, 12 – Sédiments...). De plus, le protocole peut varier selon la typologie, comme c'est le cas pour les Macrophytes. Il y a donc un grand enjeu autour de la définition de la typologie de la lagune, dont les limites peuvent être assez floues selon les années et les conditions météorologiques. Une même pièce d'eau pourrait avoir 2 notes très différentes selon la typologie qui lui est accordée, et donc selon la méthode employée.

Concernant les conditions météorologiques, plusieurs mesures (Macrophytes, Surface des herbiers, Colonne d'eau, Sédiments) ont été réalisées sur l'année 2023, qui a été une année de sécheresse importante. L'habitat lagunaire étant très dynamique selon les conditions annuelles,

les résultats obtenus peuvent ne pas être représentatifs de l'EC des lagunes. Il serait donc intéressant de pouvoir normaliser les données sur plusieurs années.

Enfin, le grand nombre d'acteurs et d'études différentes menées pour évaluer l'EC de ces lagunes a pu complexifier le travail de synthèse des informations. En effet, des libertés sur les protocoles ont pu être prises sur certaines lagunes, et donc rendre difficile la mutualisation des résultats.

2. Echantillonnage du site Natura 2000 "Camargue"

Les pièces d'eau étudiées représentent presque 50% de la surface de l'habitat 1150* à l'échelle du site, ce qui est assez représentatif. Toutefois, cette importante surface n'est répartie qu'entre 15 lagunes, ce qui donne peu de forces statistiques aux comparaisons réalisées dans les Figures 8 et 9. De plus, le fonctionnement et les enjeux de chaque lagune sont très différents, la note seule ne permet pas de les comparer. Ainsi, cette étude se place davantage dans un but d'améliorer la connaissance des pièces d'eau pour les gestionnaires, afin d'établir les mesures adaptées pour améliorer leur EC ; sa représentativité à l'échelle du site est plus modérée.

De plus, les lagunes temporaires sont sous représentées en rapport à leur surface sur le site. En effet, elles représentent 27% de la surface totale de l'habitat 1150* sur le site "Camargue", et seulement 1,15% de la surface totale étudiée, répartie sur 2 pièces d'eau. Il est alors impossible de faire des comparaisons entre lagunes selon leur typologie comme cela avait été fait sur les étangs de Salses-Leucate. Il serait intéressant d'augmenter le nombre de pièces d'eau temporaires étudiées, car il existe plusieurs menaces non partagées avec les lagunes permanentes. Certaines lagunes temporaires sont par exemple en gestion cynégétique, ce qui provoque une importante perturbation du fonctionnement hydrologique naturel⁵, mais ce sujet n'a pas été abordé dans ce rapport. Il aurait pu être intéressant de faire ces comparaisons selon la typologie et le nombre d'indicateurs évalués pour identifier certains biais méthodologiques, et également selon leur superficie. Il serait donc pertinent d'intégrer plus de lagunes temporaires pour la prochaine évaluation de l'EC dans 6 ans, afin d'améliorer les connaissances sur ces habitats peu connus. L'ajout de nouvelles lagunes dans l'étude peut toutefois être freinée par le caractère privé de nombreuses parcelles contenant les lagunes, ce qui rend l'accès à ses dernières plus compliqué.

3. La cartographie

Ce travail a montré des limites lors des comparaisons de plusieurs cartographies, en raison des différences dans les méthodes utilisées pour les produire. La majorité du travail de cartographie réalisée pour ce rapport a été faite à partir de la cartographie de "référence" produite

par Priyashani Oswatte-Liyanage lors d'un stage à la TdV en 2021. En effet, cette cartographie a été réalisée à l'échelle du bassin méditerranéen, et permet donc de comparer les différents sites entre eux.

Toutefois, il s'agit de la première cartographie réalisée avec cette méthode, et il n'existe pas encore de référence à laquelle la comparer. Ceci explique alors les difficultés rencontrées pour les calculs d'évolution de la surface de l'habitat, puisque des cartes établies avec des méthodes différentes ont été comparées. La cartographie des habitats de 2023 sera réalisée en prenant en compte la délimitation des lagunes réalisée en 2021. Ainsi, une nouvelle cartographie de l'habitat lagunaire devra être réalisée selon la même méthode pour la prochaine évaluation de l'EC dans 6 ans, et ainsi pouvoir être comparée à celle de 2021. Les résultats seront plus fiables avec moins de biais méthodologique.

Dans le même raisonnement, l'étude des herbiers devra être réalisé selon la même méthode lors de la prochaine évaluation de l'EC, afin d'observer d'une manière fiable l'évolution de leur surface en 6 ans. Il s'agit toutefois d'une méthode expérimentale, certaines modifications devront avoir lieu, sans pour autant empêcher une comparaison entre les 2 cartographies. Au vu des problématiques énoncées plus haut au sujet des années à la météorologie extrême, il serait pertinent d'employer une méthode d'analyse d'images sur plusieurs années.

D. Perspectives

De nombreux éléments sont encore manquants afin d'avoir une connaissance approfondie des lagunes côtières sur le site "Camargue" et en général. L'évaluation à venir de l'indicateur 11 – Contaminants chimiques sur les lagunes permanentes marinisées du site permettra d'identifier l'ampleur de la menace liée aux pollutions sur le territoire. Des contaminants d'origine agricole pourraient être trouvés dans le système Vaccarès et dans les EMSC, puisque plusieurs canaux de drainage débouchent dans ces lagunes. De plus, une décharge et un lagunage ont été construits illégalement dans les années 1990 au bord de l'étang Impérial, des polluants chimiques pourraient en être originaire. Dans les lagunes d'Icard et de la Grande Palun, les polluants trouvés devraient être ceux présents dans le Rhône. Il serait par ailleurs pertinent de comparer les résultats à ceux des analyses faites dans le fleuve. Enfin, l'Anse de Carteau pourrait être sujette à des pollutions d'origine industrielle, en lien avec sa proximité avec le Grand Port Autonome de Marseille.

Il y a un manque important de connaissances sur les lagunes temporaires. Lors de la prochaine évaluation de l'EC, il faudrait étudier plus de lagunes temporaires, et avec plus d'indicateurs

adaptés à cette typologie, afin d'améliorer les connaissances sur cet habitat peu connu, mais d'une importance majeure puisqu'il a un rôle de sentinelle du changement climatique ⁴⁶.

Comme évoqué précédemment, le fonctionnement hydrologique sur le site "Camargue" et plus précisément sur le système Vaccarès est complexe et représente une problématique majeure. Depuis plusieurs années, des projets de modélisation des circulations de l'eau à l'échelle du delta sont en cours de réflexion ^{47, 48, 13}.

Les études sur les EEE nécessitent d'être approfondies. Il semble nécessaire de continuer la centralisation des données sur le Crabe Bleu actuellement réalisée au PNRC à l'échelle du Delta, et idéalement de créer un observatoire de cette espèce. Une cartographie des EVEC à l'échelle du site Natura 2000 "Camargue" pourrait également être réalisée, la méthode utilisée ici ne les resserre que sur le linéaire de berge des lagunes.

Enfin, l'étude du devenir de l'habitat lagunaire vis-à-vis du changement climatique pourrait être étudié par des projets Life "Natur'adapt", qui permettrait d'adapter les mesures de gestion pour augmenter la résilience de l'habitat face aux modifications du climat.

V. Conclusion

Cette étude a permis de mettre en évidence l'état altéré de l'habitat 1150* - Lagunes côtières du site Natura 2000 "Camargue". Les résultats obtenus seront transmis à la DREAL PACA afin d'effectuer le rapportage à l'échelle de l'Europe via le FSD. Le fonctionnement hydrologique, les macrophytes et la surface des herbiers ont été identifiés comme les principales problématiques rencontrées sur cet habitat et sur le site "Camargue". Avec les changements globaux en cours, ces problématiques risquent de s'accroître, avec notamment une diminution des apports d'eau douce et l'augmentation de la fréquence des surcotes de la mer. La conséquence de ces changements sera une perte d'hydro-diversité de l'habitat, qui entraînera également une perte de biodiversité. Cette sensibilité des lagunes leur confère le rôle de sentinelle climatique ³³. Les zones humides ont également un rôle à jouer face aux changements globaux, en exerçant un rôle de tampon lors de grandes crues.

Les enjeux d'accueil, de reproduction et d'approvisionnement de la biodiversité et la présence des nombreuses activités socio-économiques font de la Camargue un territoire complexe et sensible. L'évolution du Delta du Rhône se fait dans un lien étroit entre les activités humaines et la nature, l'objectif est de pérenniser ces activités traditionnelles en évitant une intensification des

pratiques qui nuirait aux habitats naturels^{5,4}. L'amélioration de l'état de conservation de l'habitat 1150* apparaît donc comme nécessaire pour préserver les écosystèmes et paysages du Delta, et afin de tenter de répondre à l'objectif de la DCE qui est d'atteindre avant 2027 le bon état des masses d'eau. De plus, chaque lagune est soumise à des enjeux et des menaces différentes. Bien qu'il soit possible d'identifier de grandes problématiques sur le site, il paraît nécessaire d'adapter les mesures de gestion à chaque pièce d'eau.

L'évaluation devra être réalisée de nouveau dans 6 ans selon la même méthode, pour permettre une comparaison. Un travail est prévu par le PRLM en lien avec le MNHN afin de faire évoluer la méthodologie selon les retours d'expérience des personnes qui l'appliquent. Les dynamiques saisonnières et interannuelles de l'habitat 1150*, ainsi que sa sensibilité face aux changements globaux actuels devront donc être prises en compte lors de cette mise à jour.

Bibliographie

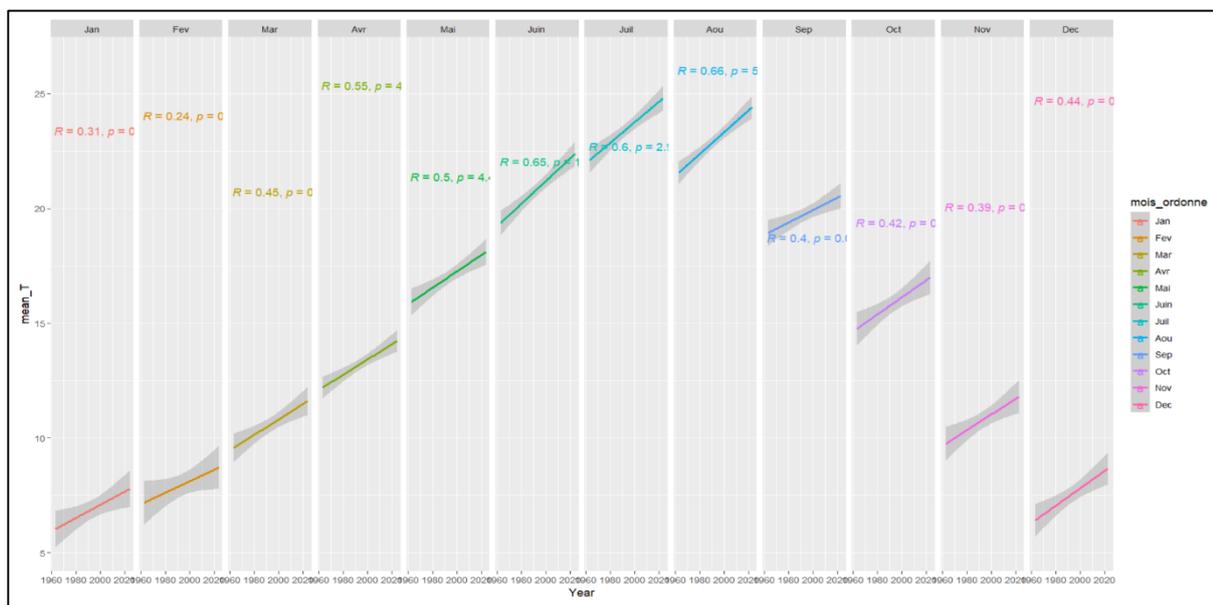
1. IPBES. Communiqué de presse : Le dangereux déclin de la nature : Un taux d'extinction des espèces « sans précédent » et qui s'accélère | IPBES secretariat. (2019).
2. Accueil | Natura 2000. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.natura2000.fr/> (consulté le 02/04/2024)
3. Parlement Européen et Conseil de l'Union Européenne. Directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages (1992). Disponible à l'adresse suivante : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000339498> (consulté le 14/04/2024).
4. Parc naturel régional de Camargue. Document d'Objectifs - site Natura 2000 "Camargue" - Tome 1 : Diagnostic, Enjeux et objectifs de conservation hiérarchisés (2009).
5. Parc naturel régional de Camargue. Document d'Objectifs - Site Natura 2000 "Camargue"
6. Article L414-3 - Code de l'environnement - Légifrance. Disponible à l'adresse suivante : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000025560353/ (consulté le 15/06/2024).
7. Agence de l'eau Rhône, Méditerranée, Corse. Etat des eaux lagunaires du Rhône, de Méditerranée et de Corse (2021).
8. Article R414-11 - Code de l'environnement - Légifrance. Disponible à l'adresse suivante : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000030974131/. (consulté le 15/06/2024).
9. Bensettiti F. *et* Gazay C. Biodiversité d'intérêt communautaire en France : un bilan qui reste préoccupant - Résultats de la troisième évaluation des habitats et espèces de la DHFF (2013 - 2018). UMS Patrinat (2019).
10. Muséum National d'Histoire Naturelle. Cahier d'habitat Natura 2000 - Tome 2 : Habitats côtiers. (2004).
11. Tallon, G. Transformation de la Camargue par la riziculture Evolution du Vaccarès. *Revue d'Écologie (La Terre et La Vie)* **8**, 65–79 (1954).
12. SNPN Réserve Naturelle Nationale de Camargue. Evaluation qualitative du plan de gestion 2016-2020 de la réserve naturelle nationale de Camargue (2021).

13. 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).
14. 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).
15. Reid, W. V. Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and Human Well-Being. (2005).
16. Newton, A. *et al.* Assessing, quantifying and valuing the ecosystem services of coastal lagoons. *Journal for Nature Conservation* **44**, 50–65 (2018).
17. Muséum National d'Histoire Naturelle. Natura 2000 - Formulaire standard de données - Camargue - FR9301592. (2024).
18. Pôle relais lagunes méditerranéennes. Qu'est-ce qu'une lagune ? Disponible à l'adresse : <https://pole-lagunes.org/les-lagunes/definition-genese/> (consulté le 03/04/2024).
19. Oswatte Liyanage P. Suivi Spatiotemporel des eaux de surface dans les lagunes côtières méditerranéennes (France). Rapport de stage de M2, AgroParisTech, 74p. (2021).
20. Météo France. Données Publiques de Météo-France - Accueil. Disponible à l'adresse : <https://donneespubliques.meteofrance.fr/>. (consulté le 10/06/2024).
21. 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).
22. Boutron, O. *et al.* Campagne de surveillance 2021 de l'état DCE des lagunes méditerranéennes oligo- et mésohalines françaises pour la physico-chimie, le phytoplancton et les macrophytes. Tour du Valat/Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, 73p (2022).
23. IGN - Remonter le temps. Disponible à l'adresse : <https://remonterletemps.ign.fr/> (consulté le 17/06/2024).
24. Cimiterra, N. *et al.* Diagnostic du compartiment macrophyte dans 17 masses d'eau de transition lagunaire sur la période du plan de gestion 2016 - 2021 - Directive Cadre sur l'Eau - Bassins Rhône Méditerranée et Corse. (2022).

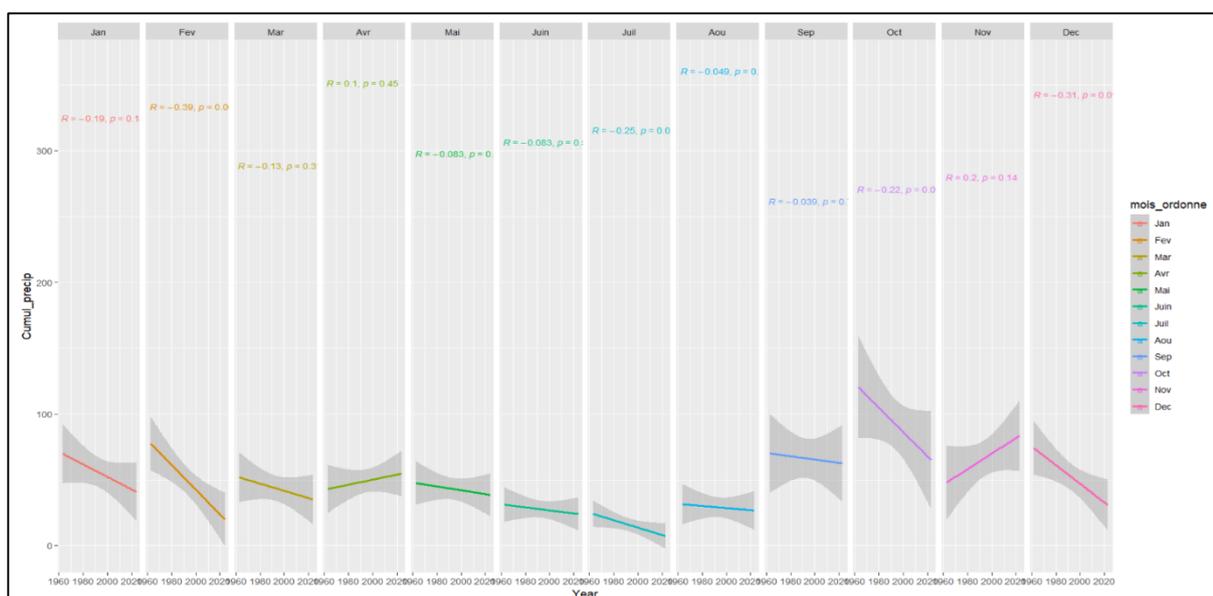
25. Borel N. *et* Fontes H. Évaluation de l'état de conservation de l'HIC (UE 1150*) « Lagunes côtières » du site N2000 Camargue : indicateur I02 macrophytes. Rapport d'étude, Tour du Valat, Nicolas Borel Consultant (2023).
26. i-Sea. Méthode d'évaluation de l'état de conservation des « Lagunes côtières » d'intérêt communautaire (UE 1150*) - Etude cartographique mutualisée « Surface des herbiers » (indicateur n°3), Rapport d'étude, Office Français de la Biodiversité, Pôle-relais lagunes méditerranéennes, 72p. (2023).
27. Thomas-Sleiman, L. Évaluation de l'état de conservation de l'habitat naturel d'intérêt communautaire 1150* Lagunes Côtières sur le site Natura 2000 « Complexe lagunaire de Salses-Leucate ». Mémoire de stage de M2, Sorbonne Université (2022).
28. 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).
29. Veret, L. Evaluation de l'état de conservation de l'habitat 1150* 'Lagunes côtières' à l'échelle du système Vaccarès. (2024).
30. SNPN Réserve Naturelle Nationale de Camargue. Plan de gestion - Section B1 : Stratégie de Gestion de la Réserve - 2023 - 2027. (2022).
31. Herlory O. *et al.* Directive Cadre sur l'Eau, Rhône Méditerranée Corse - Année 2021. Agence de l'eau RMC, IFREMER. RST.ODE/UL/LERPAC/22-11, 89p. (2022).
32. Grouhel A. *et al.* Contamination chimique des sédiments des lagunes méditerranéennes françaises - Bilan de la Campagne ROCCHSED 2017. IFREMER RST-RBE-BE-2018-01. (2018).
33. Ferrarin, C. *et al.* Toward homogenization of Mediterranean lagoons and their loss of hydrodiversity. *Geophysical Research Letters* **41**, 5935–5941 (2014).
34. Arnaud, M. *et* Hossard, L. Les changements de contexte et leurs conséquences pour les exploitations agricoles, entre objectifs environnementaux et productifs - Le cas du bassin de Fumemorte en Camargue. (2015).
35. Dalloyau S. *et* Robin F. Distribution des Bernaches cravants à ventre sombre (*Branta bernicla bernicla*) et disponibilité alimentaire des herbiers à Zostère naine (*Zostera noltei*): vers une caractérisation de la qualité des habitats intertidaux des Pertuis Charentais. 79 SEP-LPO (2013).
36. 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).

37. Heurteaux, P. Essai de quantification des termes du bilan hydrique des étangs du système Vaccarès (Camargue, France). *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* **30**, 131–144 (1994).
38. 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).
39. Serranito B. Prédiction de la distribution d'Espèces Non Indigènes dont le Crabe bleu au sein de zones littorales métropolitaines (projet CANELONI). Muséum National d'Histoire Naturelle (2024).
40. 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).
41. Conservatoire du littoral. Plan de Gestion des Etangs et Marais des Salins de Camargue 2023-2032 - Volet 1 : Etat des lieux et diagnostic (2022).
42. Conseil départemental de Camargue. Plan de gestion des propriétés départementales de Camargue. (2012).
43. Poquet T. Dossier de déclaration au titre des articles L214-1 à 6 du code de l'environnement - RD37 - Mise en place d'une protection de berge sur l'étang du Vaccarès. Egis. (2021)
44. Pôle relais lagunes méditerranéennes. L'invasion du Crabe bleu en lagunes : la parole aux acteurs des milieux lagunaires. (2020). Disponible à l'adresse : <https://pole-lagunes.org/linvasion-du-crabe-bleu-en-lagunes-la-parole-aux-acteurs-des-milieux-lagunaires/>. (consulté le 13/06/2024).
45. Munaron, D. *et al.* PEPS LAG : Projet Echantillonneurs Passifs pour la Surveillance de la contamination chimique des LAGunes méditerranéennes. IFREMER (2013).
46. Pôle relais lagunes méditerranéennes. Vers une meilleure prise en compte des lagunes temporaires méditerranéennes dans la mise en œuvre de la Directive européenne Habitats-Faune-Flore. (2021). Disponible à l'adresse : <https://pole-lagunes.org/vers-une-meilleure-prise-en-compte-des-lagunes-temporaires-mediterraneennes-dans-la-mise-en-oeuvre-de-la-directive-europeenne-habitats-faune-flore/> (consulté le 24/07/2024).
47. Sandoz, A. *et Chauvelon, P.* La géomatique, comme outil de suivi et de calcul des conditions hydrologiques d'une zone humide aménagée, la Camargue. *Méditerranée* **93**, 73–73 (1999).
48. Chauvelon, P. *et al.* Integrated hydrological modelling of a managed coastal Mediterranean wetland (Rhône delta, France) : initial calibration. *Hydrology and Earth System Sciences* **7**, 123–132 (2003).

Annexes



Annexe 1 : Evolution des températures moyennes mensuelles entre 1963 et 2023



Annexe 2 : Evolution des précipitations mensuelles cumulées entre 1963 et 2023

Soit x la somme des notes les plus négatives des tous les indicateurs considérés lors de l'évaluation.

Par exemple, si les 12 indicateurs sont mesurés pour une lagune permanente de salinité supérieure à 18 ppt sur la façade Méditerranéenne, $x = -360$

Alors le coefficient d'ajustement : $A = \frac{-x}{100}$

Si n est la note obtenue sur la pièce d'eau avant ajustement, la note ajustée équivaut alors à :

$$\frac{n - x - 100}{A}$$

Annexe 3 : Calcul du coefficient d'ajustement

Modalité	Note
Indice EQRMAC $\geq 0,8$	0
Indice EQRMAC $< 0,8$ et $\geq 0,6$	-10
Indice EQRMAC $< 0,6$ et $\geq 0,4$	-20
Indice EQRMAC $< 0,4$ et $\geq 0,2$	-30
Indice EQRMAC $< 0,2$	-40

Annexe 4 : Grille d'évaluation de l'indicateur 2.a - Macrophytes en lagune permanente marinisée

Métrique RV (G1+2+3)	MES minérales	Métrique RV <i>S. pectinata</i>	Métrique RV (G4+5)	Classe	Note
[100%-80%]	-	[0-65%]	[0-30%]	Très bon	0
			]30%-100%]	Bon	-10
		]65%-100%]	[0-30%]	Moyen	-20
			]30%-100%]	Médiocre	-30
]80%-50%]	-	[0-65%]	[0-30%]	Bon	-10
			]30%-100%]	Moyen	-20
		]65%-100%]	[0-30%]	Moyen	-20
			]30%-100%]	Médiocre	-30
]50%-20%]	-	-	[0-30%]	Bon	-10
			]30%-100%]	Moyen	-20
]20%-5%]	≥ 10 mg/l	-	[0-30%]	Bon	-10
			]30%-100%]	Moyen	-20
	< 10 mg/l	-	[0-30%]	Médiocre	-30
			]30%-100%]	Mauvais	-40
]5%-0]	-	-	-	NA	NA

Annexe 5 : Grille d'évaluation de l'indicateur 2.b - Macrophytes en lagune permanente peu salée

Modalités		Note
Flore indicatrice d'une dégradation (RD)	Flore de référence (RR)	
RD ≤ 1 %	-	0
1 % < RD ≤ 10%	RR ≥ 30 %	-10
	RR < 30%	-20
RD > 10%	RR ≥ 30 %	-30
	RR < 30%	-40

Annexe 6 : Grille d'évaluation pour l'indicateur 2.c - Macrophytes en lagune temporaire

Modalités		Note
Rapport ≥ 0,7	[l'herbier est développé à plus de 70% de son potentiel]	0
0,7 < Rapport < 0,4	[l'herbier est développé à plus de 40% de son potentiel]	-20
Rapport ≤ 0,4	[l'herbier est développé à moins de 40% de son potentiel]	-40

Annexe 7 : Grille de notation pour l'indicateur 3 - Surface des herbiers

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

Annexe 8 : Grille d'évaluation pour l'indicateur 4 - EVEC

État		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

Fonctionnement			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 9 : Grille de notation pour l'indicateur 7 - Connectivité à la mer

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

Annexe 10 : Grille de notation pour l'indicateur 8 - Nature des berges

Le calcul du P90 est effectué comme suit :

$$P_{90} = (1 - g) \cdot x_j + g \cdot x_{j+1}$$

avec

P_{90} valeur de la métrique

x_1, x_2, \dots, x_n valeurs ordonnées du paramètre

n nombre de valeurs pour le paramètre

j partie entière et g partie fractionnaire de np telles que $np = j + g$

où $p = 0.9$

Annexe 11 : Calcul du Percentile 90 pour l'indicateur 10 - Colonne d'eau

	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
PO_4^{3-} ($\mu M/l$)	0.3	1	1.5	4	
NID ($\mu M/l$)	2	6	10	20	
NT ($\mu M/l$)	50	75	100	120	
PT ($\mu M/l$)	2	3	4	5	

PO_4^{3-} : concentration en phosphates ; NID : concentration en azote inorganique dissous ; NT : concentration en azote total ; PT : concentration en phosphore total

Annexe 12 : Grille d'évaluation de l'indicateur 10 - Colonne d'eau

Matière organique	%	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Azote total	g/kg de PS	1.0	2.0	3.0	4.0	
Phosphore total	mg/kg de PS	400	500	600	700	
Note		0	-5	-15	-20	-30

*PS = poids sec

Annexe 13 : Grille d'évaluation de l'indicateur 12 - Sédiments

Lagune	% de surface colonisée par les herbiers	Note
Beauduc	44,59187175	-20
Icard	73,44529132	0
Carteau	80,98942248	0
Vieux-Rhône sud	42,9986117	-20
Monro	0,001540249	-40
Malagroy	0	-40
Impérial	0,002603593	-40
Vaccarès	16,76188309	-40
Lion	0	-40
Dame	0	-40

Annexe 14 : Détail de l'attribution de la note pour l'indicateur 3 - Surface des herbiers

Lagune	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
Vaccarès	7	Berge naturelle	Cat 1	50037,73	83,5	-20
		Berge en renaturation/Faiblement artificialisée	Cat 2	560,024	0,93	
		Berge artificialisée	Cat 3	9328,794	15,57	
Impérial	7	Berge naturelle	Cat 1	49518,096	97,62	0
		Berge en renaturation/Faiblement artificialisée	Cat 2	268,752	0,53	
		Berge artificialisée	Cat 3	939,722	1,85	
Malagroy	7	Berge naturelle	Cat 1	15857,569	100	0
Monro	7	Berge naturelle	Cat 1	27159,059	100	0
Lion	7	Berge naturelle	Cat 1	20478,57	100	0
Dame	7	Berge naturelle	Cat 1	13525,026	100	0
Carteau	7	Berge naturelle	Cat 1	30028,092	90,22	0
		Berge artificialisée	Cat 3	3255,778	9,78	
		Berge naturelle	Cat 1	10921,507	100	
Vieux Rhône Sud	7	Berge naturelle	Cat 1	4961,507	41,22	-40
		Berge artificialisée	Cat 3	7074,135	58,78	
		Berge naturelle	Cat 1	29149,175	100	
Galabert	7	Berge naturelle	Cat 1	5535,64	32,03	-40
		Berge artificialisée	Cat 3	11747,745	67,97	
		Berge naturelle	Cat 1	3240,601	22,13	
Grand Rascaillan	7	Berge naturelle	Cat 1	11402,125	77,87	-40
		Berge artificialisée	Cat 3	11402,125	77,87	
		Berge naturelle	Cat 1	9322,319	100	
Icard	7	Berge naturelle	Cat 1	15255,634	90,57	0
		Berge naturelle	Cat 1	15255,634	90,57	
		Berge artificialisée	Cat 3	1588,689	9,43	
Evêque - Grande Rhée Longue	6	Berge naturelle	Cat 1	15255,634	90,57	0
Brasinvert	4/5	Berge naturelle	Cat 1	5101,5	100	0
		Berge naturelle	Cat 1	5101,5	100	

Annexe 15 : Détail de l'attribution de la note pour l'indicateur 8 - Nature des Berges

Paramètre	Valeur moyenne sur les 3 mois				Etat par paramètre				Etat écologique de la lagune	Note pour l'indicateur 10 - Colonne d'eau
	NID µM	N-tot µM	PO3-4 µM	P-tot µM	NID µM	N-tot µM	PO3-4 µM	P-tot µM		
Lagune										
Dame	3,92	109,62	0,34	3,68	Bon	Médiocre	Bon	Moyen	Médiocre	-20
Lion	5,13	100,67	0,34	3,3	Bon	Médiocre	Bon	Moyen	Médiocre	-20
Monro	1,93	40,49	0,18	0,99	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	0
Impériaux	1,99	42,6	0,25	2,03	Très bon	Très bon	Très bon	Bon	Bon	-5
Malagroy	2,58	104,52	0,19	3,23	Bon	Médiocre	Très bon	Moyen	Médiocre	-20
Carteau	2,33	12,41	0,12	0,39	Bon	Très bon	Très bon	Très bon	Bon	-5
Icard	1,92	16,44	0,05	0,55	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	0
Vaccarès	19,1	105,5	0,2	1,3	Médiocre	Médiocre	Très bon	Très bon	Médiocre	-20
Beauduc	2,95298234	0,04558333	29,50875	1,17675	Bon	Très bon	Très bon	Très bon	Bon	-5
Galabert	9,08651605	0,09066667	93,393	2,20753125	Moyen	Moyen	Très bon	Bon	Moyen	-15
Grd Rascaillan	1,03301823	0,09841667	136,052719	2,77959375	Très bon	Mauvais	Très bon	Bon	Mauvais	-30
Vieux Rhône sud	7,45562415	0,06958333	72,4632188	1,79775	Moyen	Bon	Très bon	Très bon	Moyen	-15

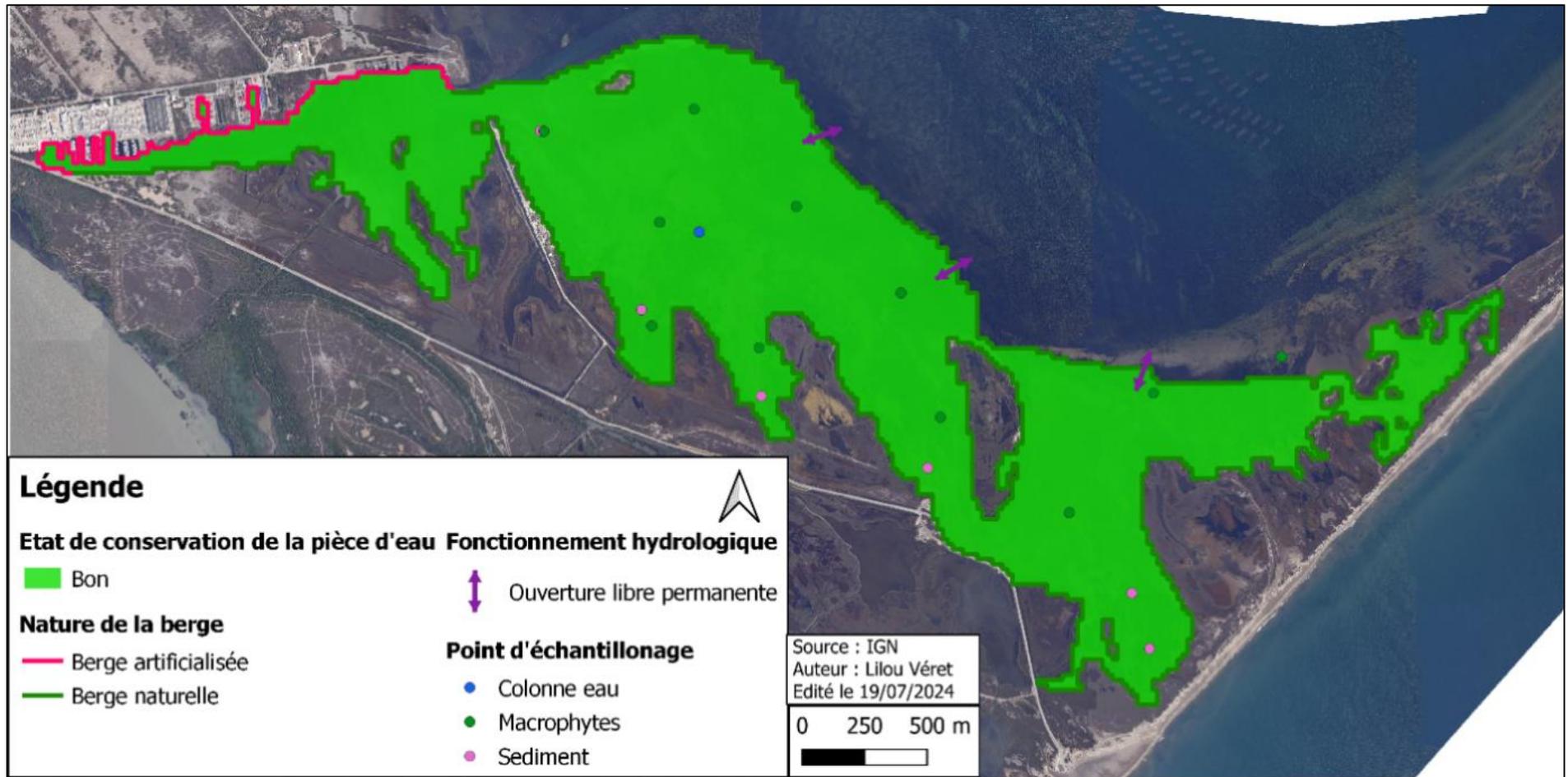
Annexe 16 : Détail de l'attribution de la note pour l'indicateur 10 - Colonne d'eau

	% MO	Phosphore	Azote	Etat MO	Etat Phosphore	Etat Azote	Etat final	Note finale
Dame	5,0	491,3	1,2	Moyen	Bon	Bon	Moyen	-15
Lion	2,6	335,0	0,4	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	0
Monro	3,7	450,0	0,6	Bon	Bon	Très bon	Bon	-5
Impérial	11,3	512,8	1,2	Mauvais	Moyen	Bon	Mauvais	-30
Malagroy	2,5	386,2	0,5	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	0
Carteau	2,0	508,7	0,6	Très bon	Moyen	Très bon	Moyen	-15
Vieux Rhône Sud	3,1	534,6	1,0	Très bon	Moyen	Bon	Moyen	-15
Icard	2,3	476,5	1,1	Très bon	Bon	Bon	Bon	-5
Vaccarès	9,60666667	538,666667	1,46666667	Médiocre	Moyen	Bon	Médiocre	-20

Annexe 17 : Détail de l'attribution de la note pour l'indicateur 12 – Sédiments

Indicateurs	Notes	Financements
i01 - Surface de l'habitat	/	Stage 2021 - Life MarHa
i02 - Macrophytes	-10	DREAL 2022
i03 - Surface des herbiers	0	OFB i-sea
i04 - EVEC	0	Stage N2000 2023
i05 - Invertébrés benthiques	/	/
i06 - EAEE	0	Stage N2000 2023
i07 - Connectivité à la mer	0	
i08 - Nature des berges	0	
i09 - Fonctionnement hydrologique	0	
i10 - Colonne d'eau	-5	DREAL 2023
i11 - Contaminants chimiques	/	DREAL 2024 - 2025
i12 - Sédiments	-15	DREAL 2023

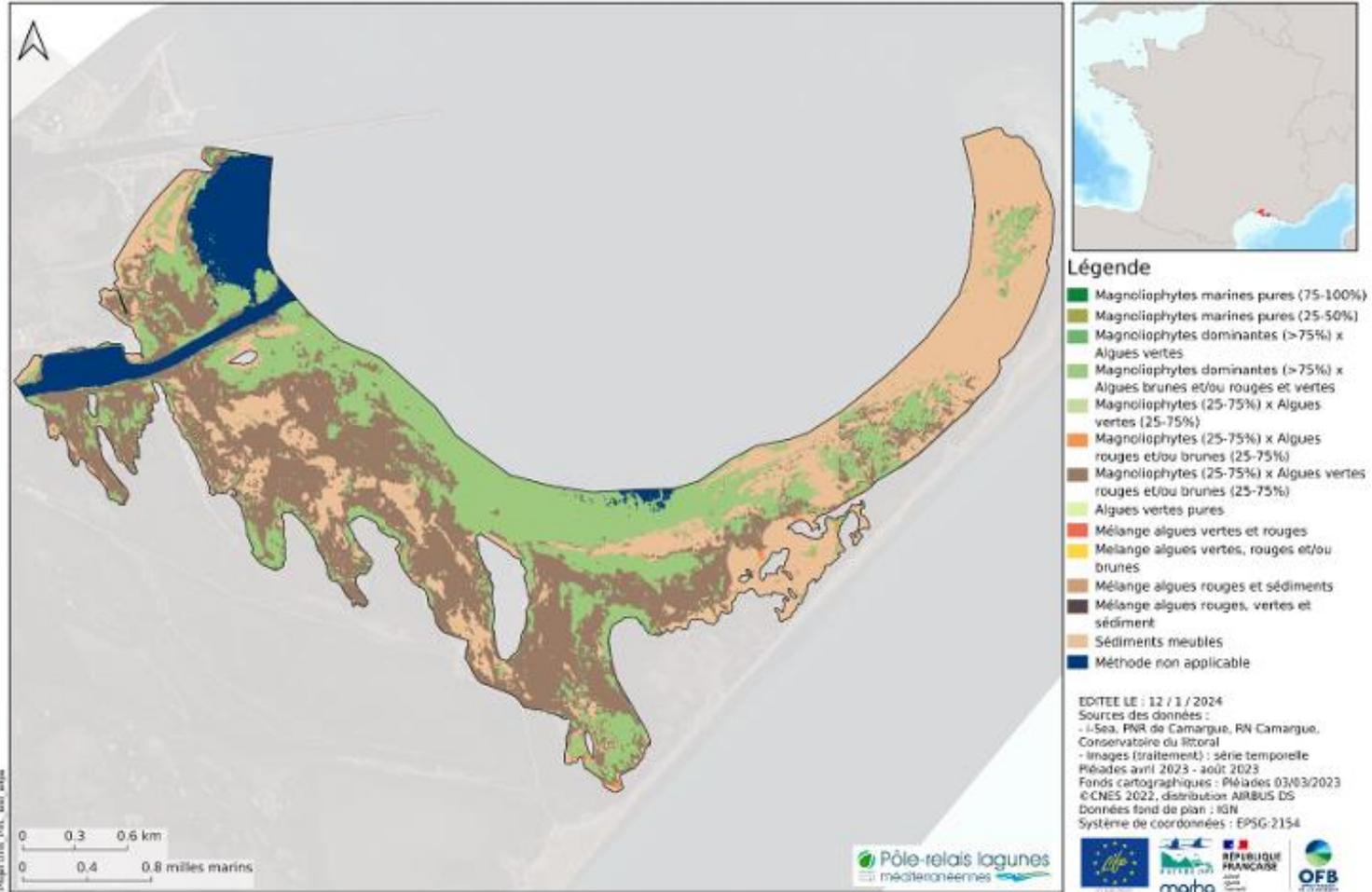
Annexe 18 : Notes de l'Anse de Carteau pour chaque indicateur



Annexe 19 : Cartographie de l'état de conservation de l'Anse de Carteau

COMPLEXE LAGUNAIRE DE CAMARGUE - CARTEAU

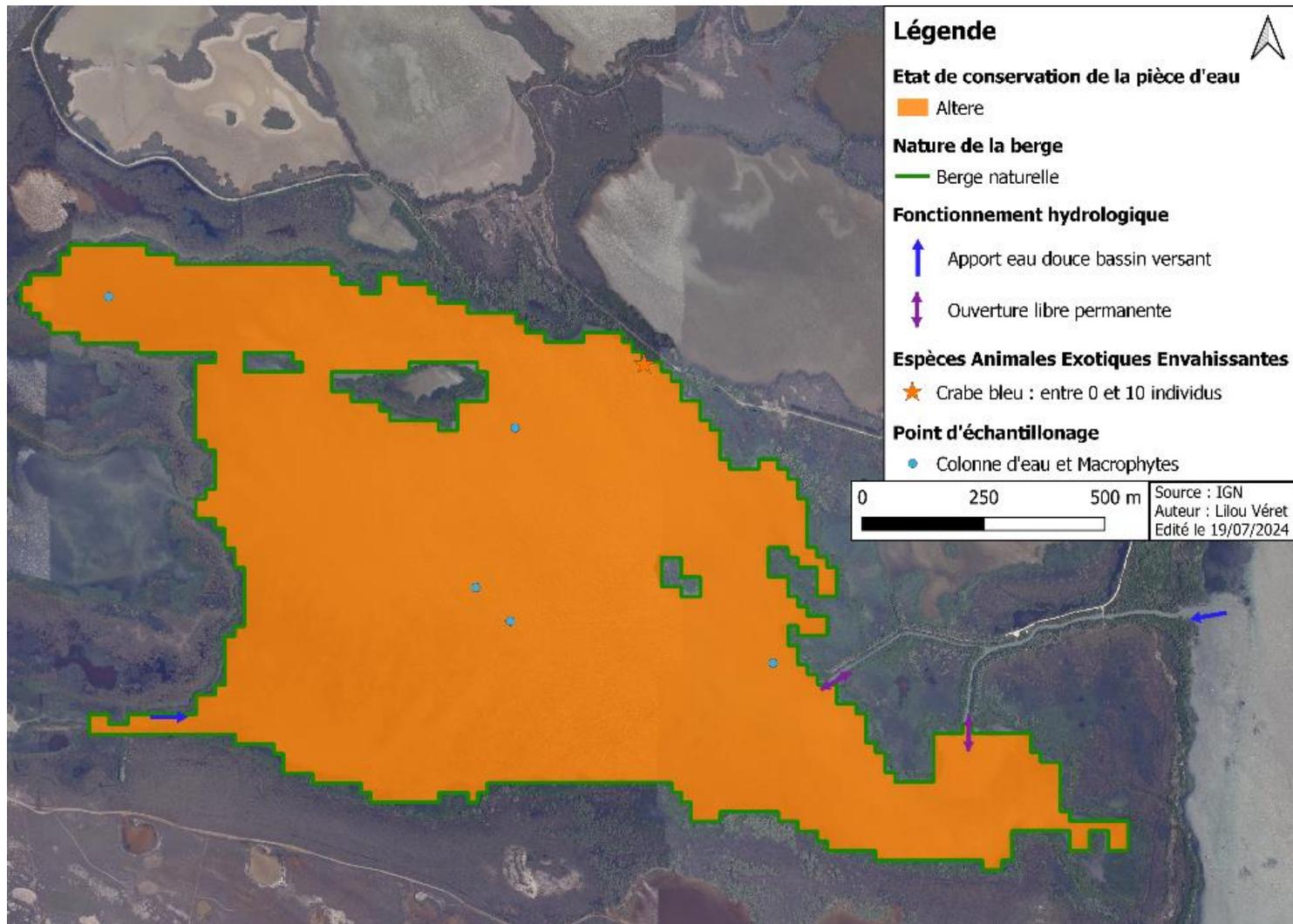
Cartographie des herbiers des lagunes méditerranéennes par télédétection



Annexe 20 : Cartographie des herbiers de l'Anse de Carreau par télédétection (source : I-sea)

Indicateurs	Notes	Financements
i01 - Surface de l'habitat	/	Stage 2021 Life MarHa
i02 - Macrophytes	-10	Suivi DCE
i03 - Surface des herbiers	/	
i04 - EVEE	-10	Stage N2000 2023
i05 - Invertébrés benthiques	/	
i06 - EAEE	0	Stage N2000 2023
i07 - Connectivité à la mer	-25	
i08 - Nature des berges	0	
i09 - Fonctionnement hydrologique	0	
i10 - Colonne d'eau	-30	Suivi DCE
i11 - Contaminants chimiques	/	
i12 - Sédiments	/	

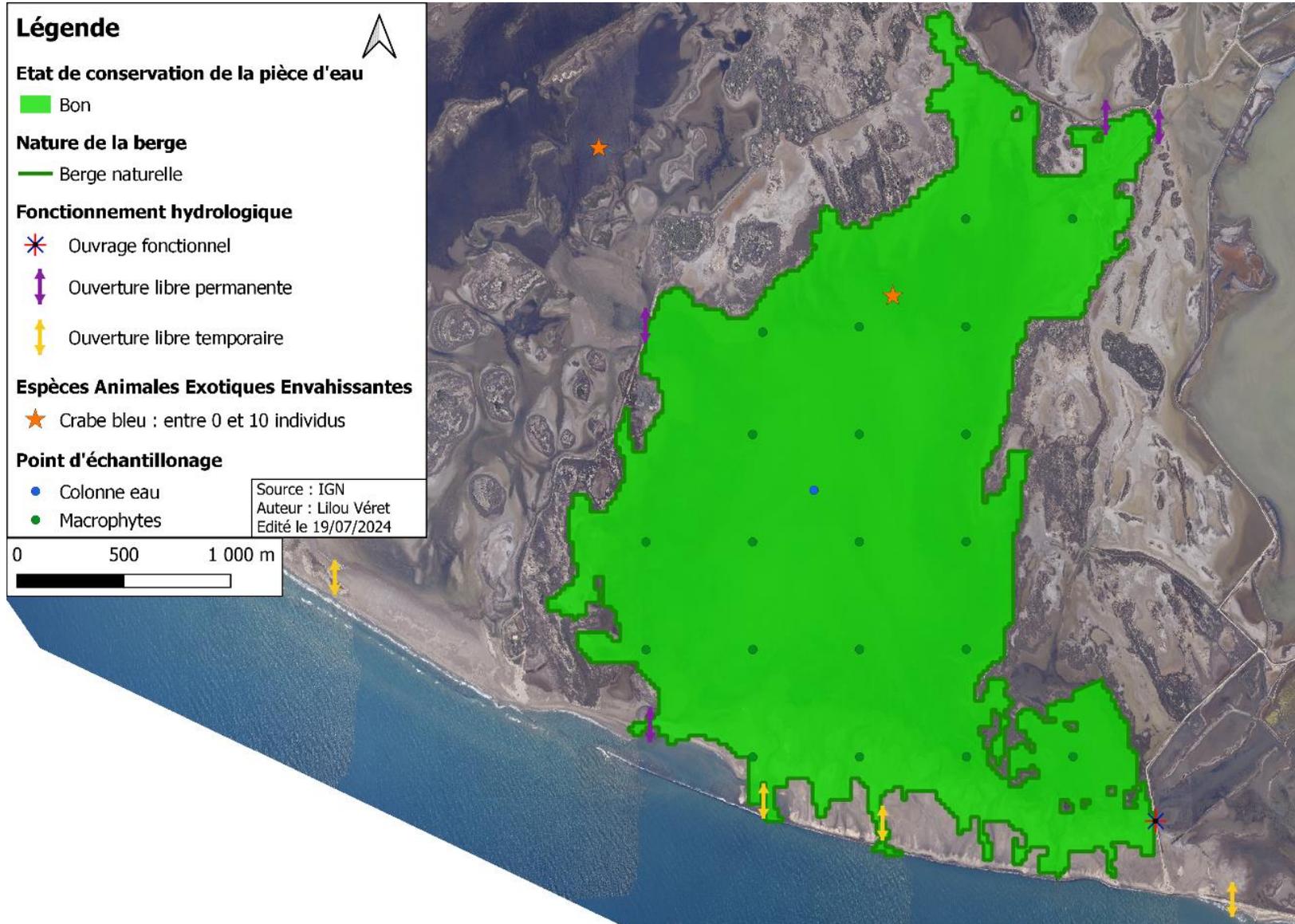
Annexe 21 : Notes de l'étang de la Grande Palun pour chaque indicateur



Annexe 22 : Cartographie de l'état de conservation de la Grande Palun

Indicateurs	Notes	Financements
i01 - Surface de l'habitat	/	Stage 2021 - Life MarHa
i02 - Macrophytes	-30	PG EMSC 2022
i03 - Surface des herbiers	-20	OFB - i-sea
i04 - EVEC	0	Stage N2000 2023
i05 - Invertébrés benthiques	/	
i06 - EAEE	0	Stage N2000 2023
i07 - Connectivité à la mer	0	
i08 - Nature des berges	0	
i09 - Fonctionnement hydrologique	0	
i10 - Colonne d'eau	-5	REST - COAST 2022
i11 - Contaminants chimiques	/	DREAL 2024 - 2025
i12 - Sédiments	/	

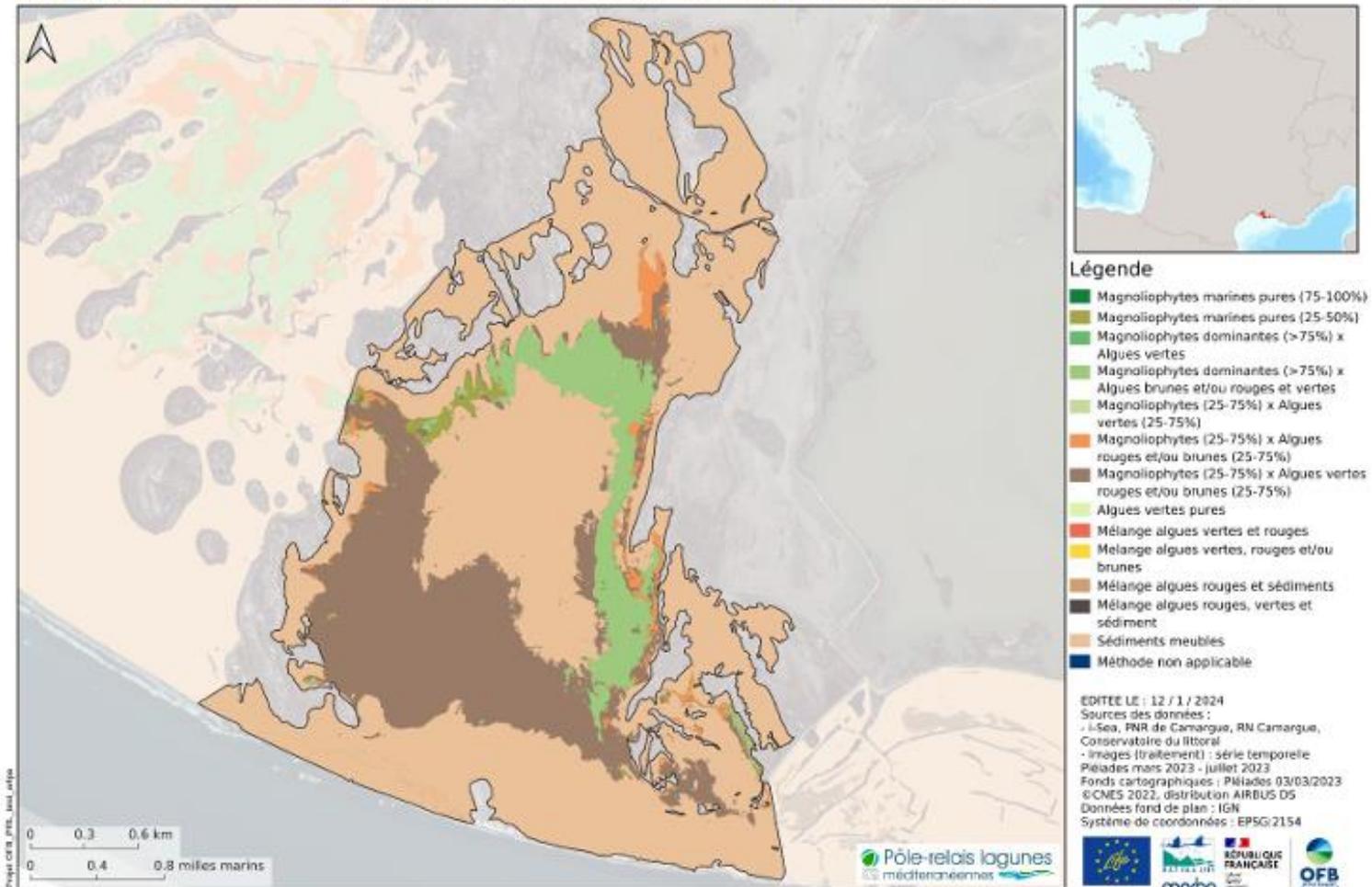
Annexe 23 : Note de l'étang Beauduc pour chaque indicateur



Annexe 24 : Cartographie de l'état de conservation de la lagune de Beauduc

COMPLEXE LAGUNAIRE DE CAMARGUE - BEAUDUC

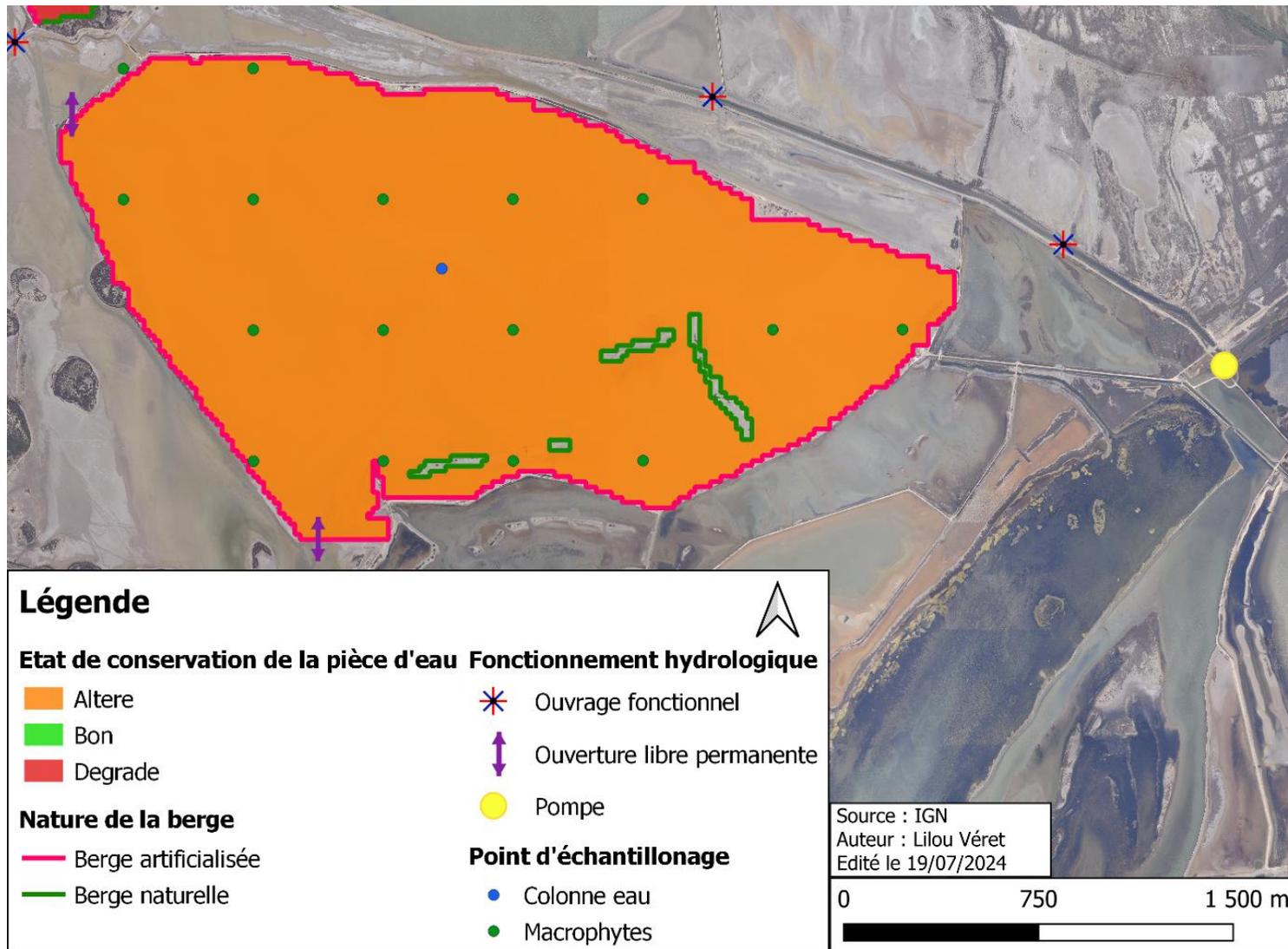
Cartographie des herbiers des lagunes méditerranéennes par télédétection



Annexe 25 : Cartographie des herbiers de la lagune de Beauduc par télédétection (source : i-sea)

Indicateurs	Notes	Financements
i01 - Surface de l'habitat	/	Stage 2021 - Life MarHa
i02 - Macrophytes	NE	PG EMSC 2022
i03 - Surface des herbiers	/	/
i04 - EVEE	0	Stage N2000 2023
i05 - Invertébrés benthiques	/	/
i06 - EAEE	0	Stage N2000 2023
i07 - Connectivité à la mer	0	
i08 - Nature des berges	-40	
i09 - Fonctionnement hydrologique	0	
i10 - Colonne d'eau	-30	REST - COAST 2022
i11 - Contaminants chimiques	/	DREAL 2024 - 2025
i12 - Sédiments	/	/

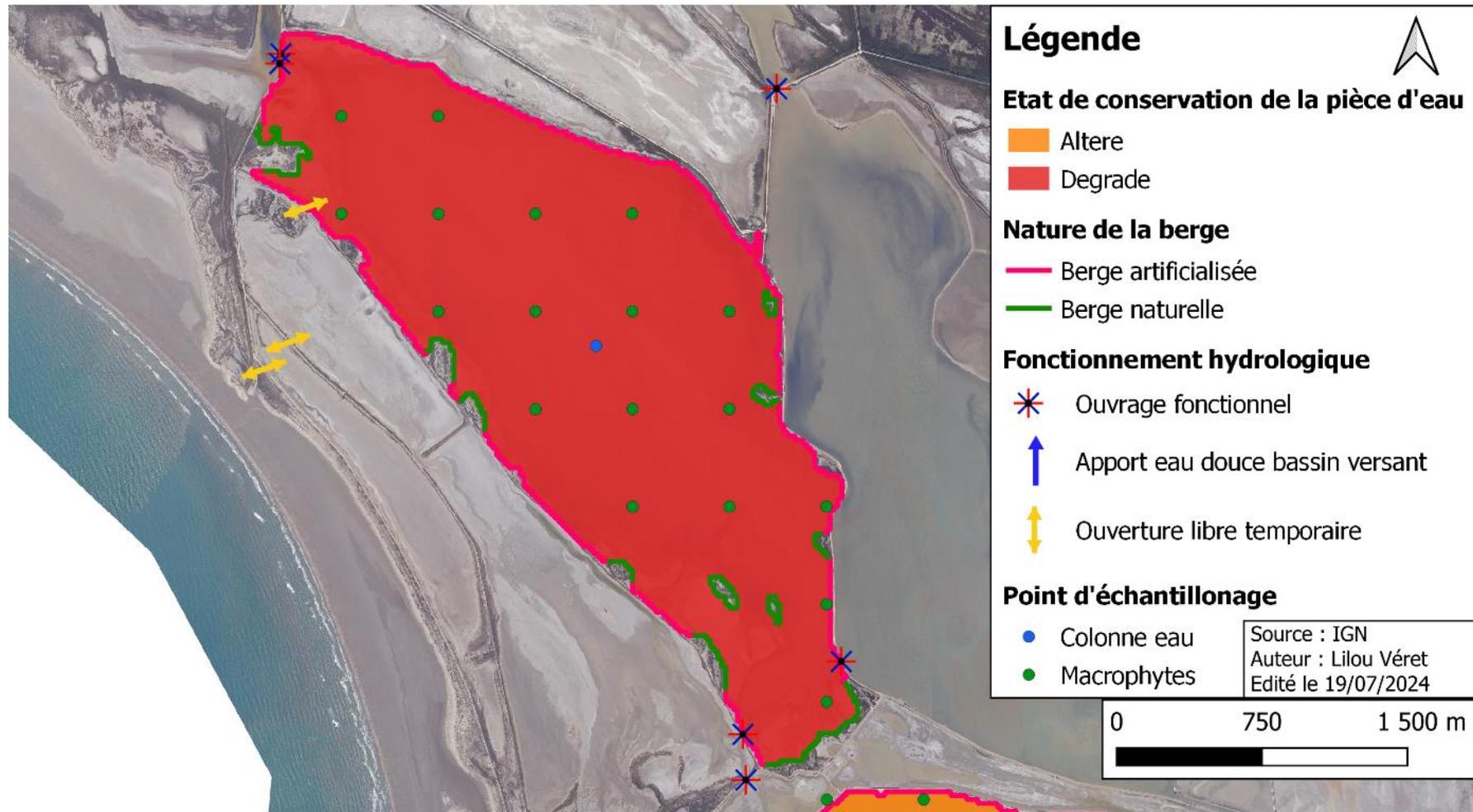
Annexe 26 : Notes de l'étang du Grand Rascaillan pour chaque indicateur



Annexe 27 : Cartographie de l'état de conservation du Grand Rascaillan

Indicateurs	Notes	Financements
i01 - Surface de l'habitat	/	Stage 2021 Life MarHa
i02 - Macrophytes	NE	PG EMSC 2022
i03 - Surface des herbiers	/	/
i04 - EVEC	0	Stage N2000 2023
i05 - Invertébrés benthiques	/	/
i06 - EAEE	0	Stage N2000 2023
i07 - Connectivité à la mer	-17	
i08 - Nature des berges	-40	
i09 - Fonctionnement hydrologique	-60	
i10 - Colonne d'eau	-15	REST - COAST 2022
i11 - Contaminants chimiques	/	DREAL 2024 - 2025
i12 - Sédiments	/	/

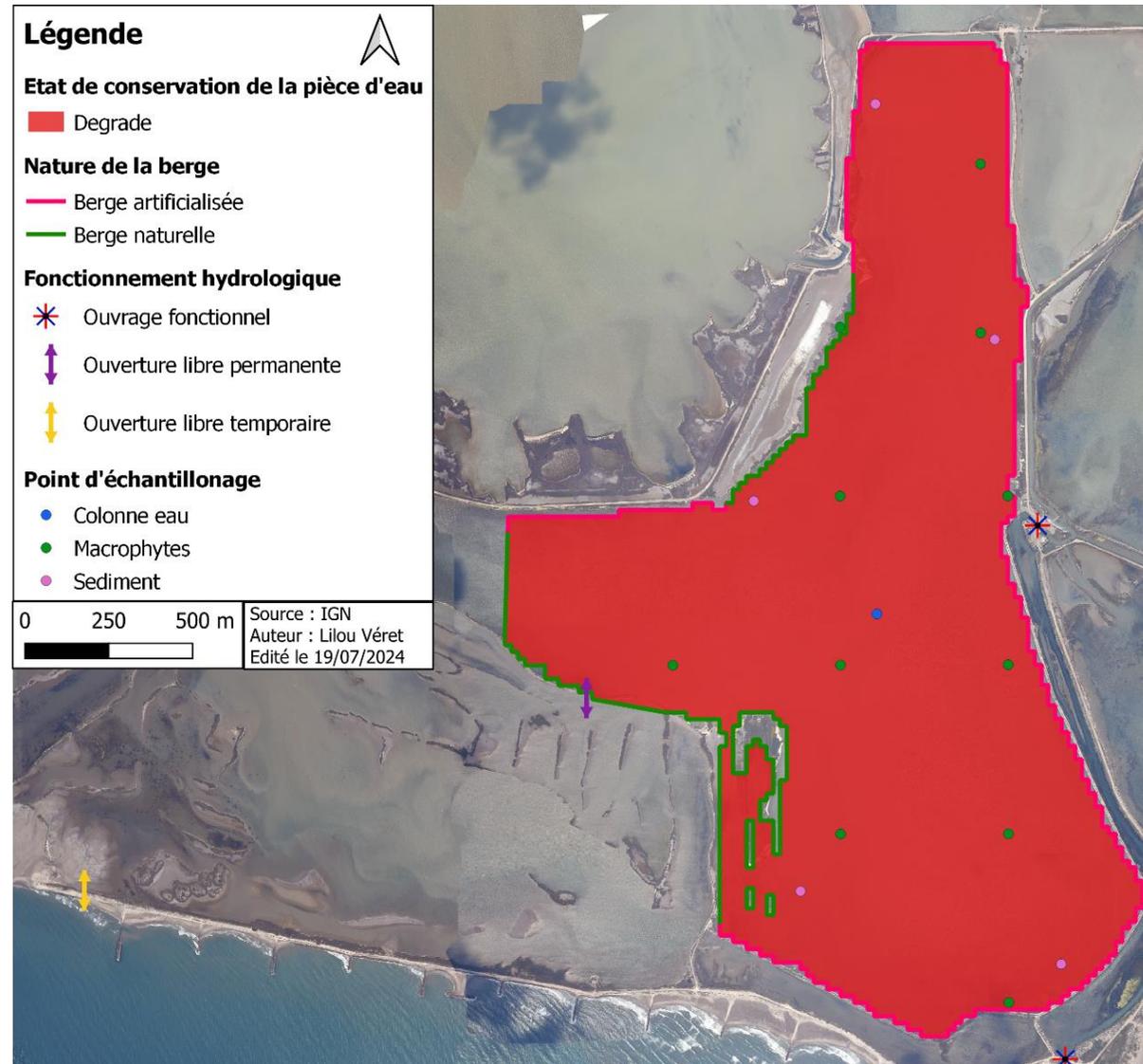
Annexe 28 : Notes de l'étang du Galabert pour chaque indicateur



Annexe 29 : Cartographie de l'état de conservation du Galabert

Indicateurs	Notes	Financements
i01 - Surface de l'habitat	/	Stage 2021 - Life MarHa
i02 - Macrophytes	-40	PG EMSC 2022
i03 - Surface des herbiers	-20	OFB I-sea
i04 - EVEC	0	Stage N2000 2023
i05 - Invertébrés benthiques	/	
i06 - EAEE	0	Stage N2000 2023
i07 - Connectivité à la mer	-14	
i08 - Nature des berges	-40	
i09 - Fonctionnement hydrologique	-60	
i10 - Colonne d'eau	-15	REST - COST 2022
i11 - Contaminants chimiques	/	
i12 - Sédiments	-15	DREAL 2023

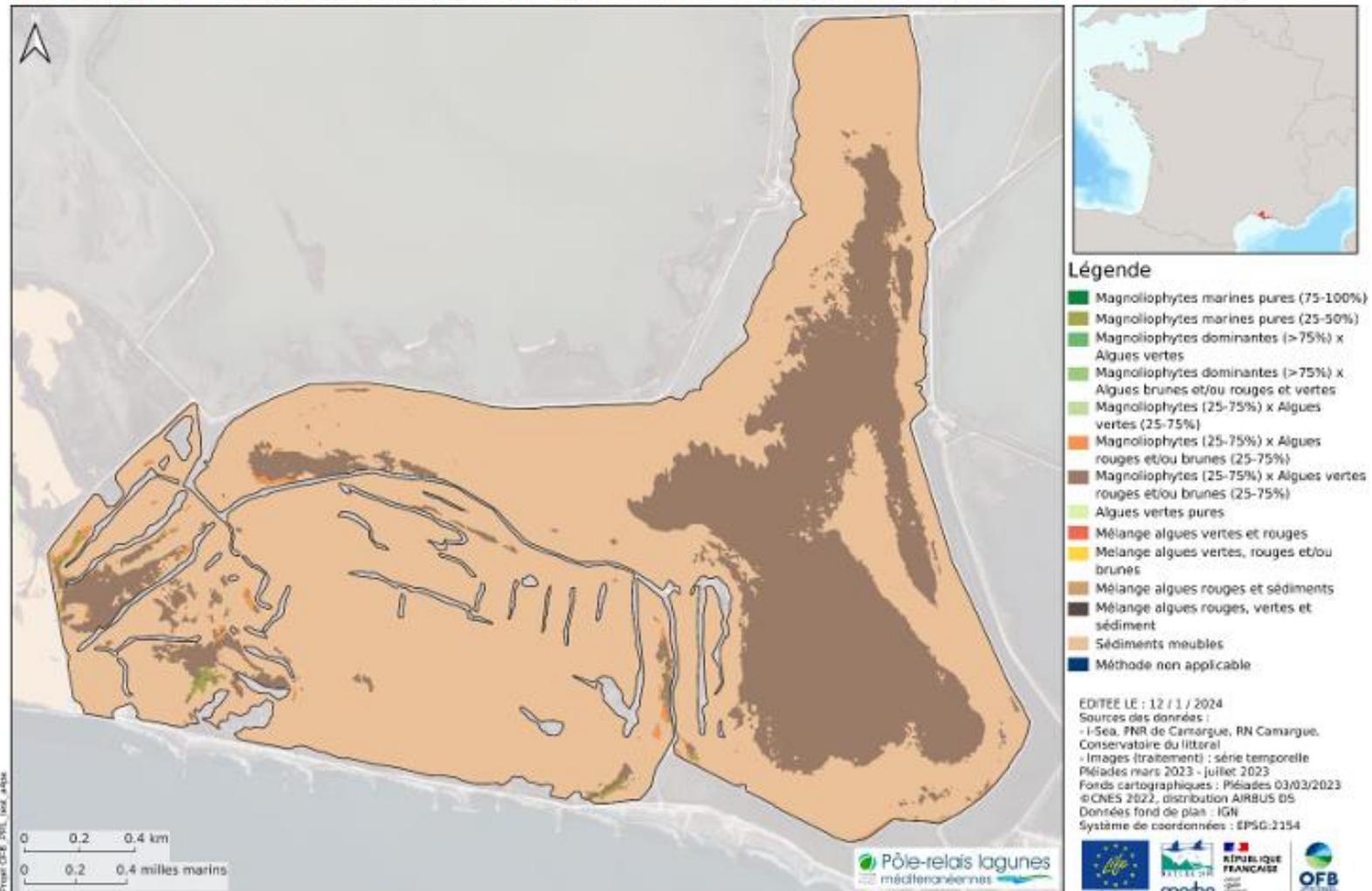
Annexe 30 : Note de l'étang du Vieux Rhône Sud pour chaque indicateur



Annexe 31 : Cartographie de l'état de conservation du Vieux Rhône Sud

COMPLEXE LAGUNAIRE DE CAMARGUE - SAINTE ANNE

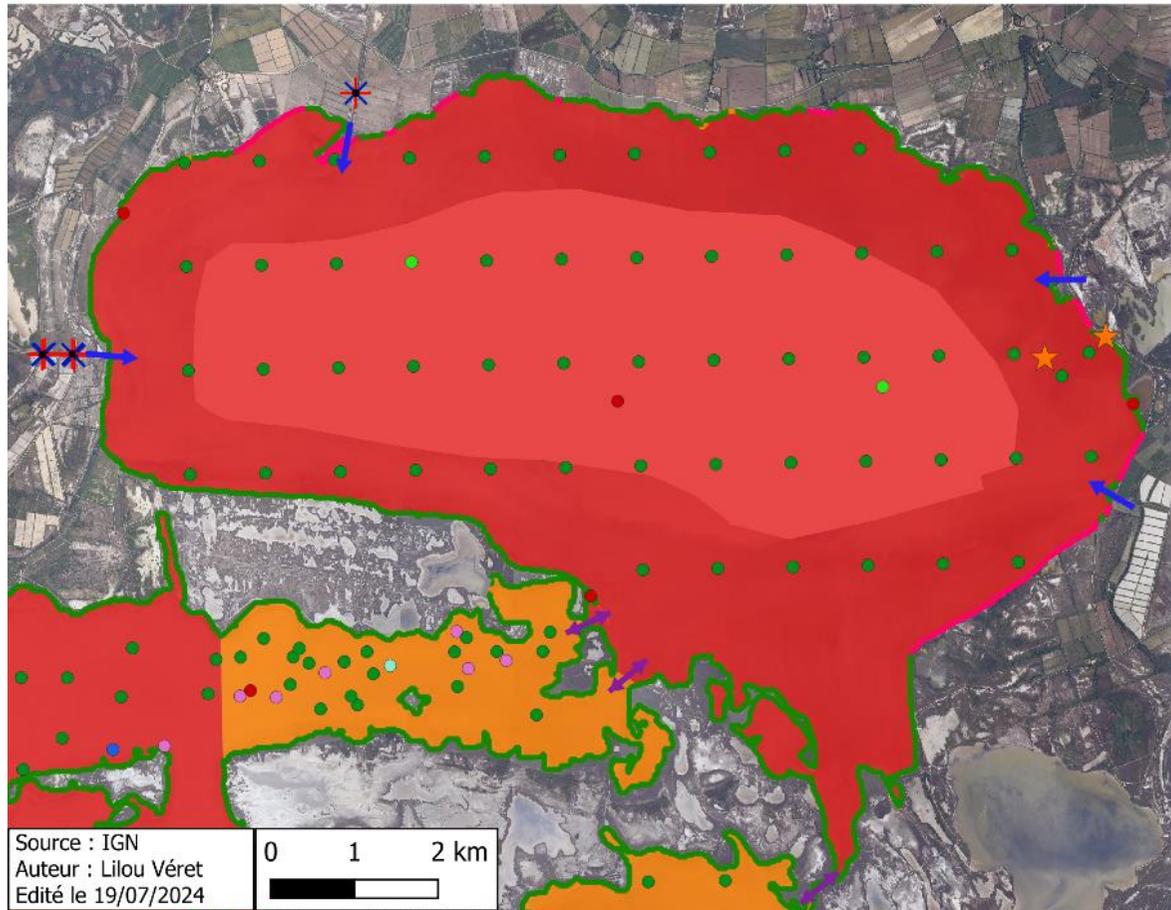
Cartographie des herbiers des lagunes méditerranéennes par télédétection



Annexe 32 : Cartographie des herbiers du Vieux Rhône Sud et Sainte Anne par télédétection (source : I-sea)

Indicateurs	Notes	Financements
i01 - Surface de l'habitat	/	Stage 2021 - Life MarHa
i02 - Macrophytes	-40	Suivi DCE
i03 - Surface des herbiers	-40	OFB - i-sea
i04 - EVEC	-5	Stage N2000 2024
i05 - Invertébrés benthiques	/	
i06 - EAEE	0	Stage N2000 2024
i07 - Connectivité à la mer	-22	
i08 - Nature des berges	-20	
i09 - Fonctionnement hydrologique	-60	
i10 - Colonne d'eau	-20	Suivi DCE
i11 - Contaminants chimiques	0	
i12 - Sédiments	-20	

Annexe 33 : Notes de l'étang du Vaccarès pour chaque indicateur



Légende

Etat de conservation de la pièce d'eau

- Altere
- Degrade

Nature de la berge

- Berge artificialisée
- Berge en renaturation
- Berge naturelle
- Délimitation Fictive

Fonctionnement hydrologique

- Ouvrage fonctionnel
- Apport eau douce bassin versant
- Ouverture libre permanente

Espèces Animales Exotiques Envahissantes

- Crabe bleu : entre 0 et 10 individus

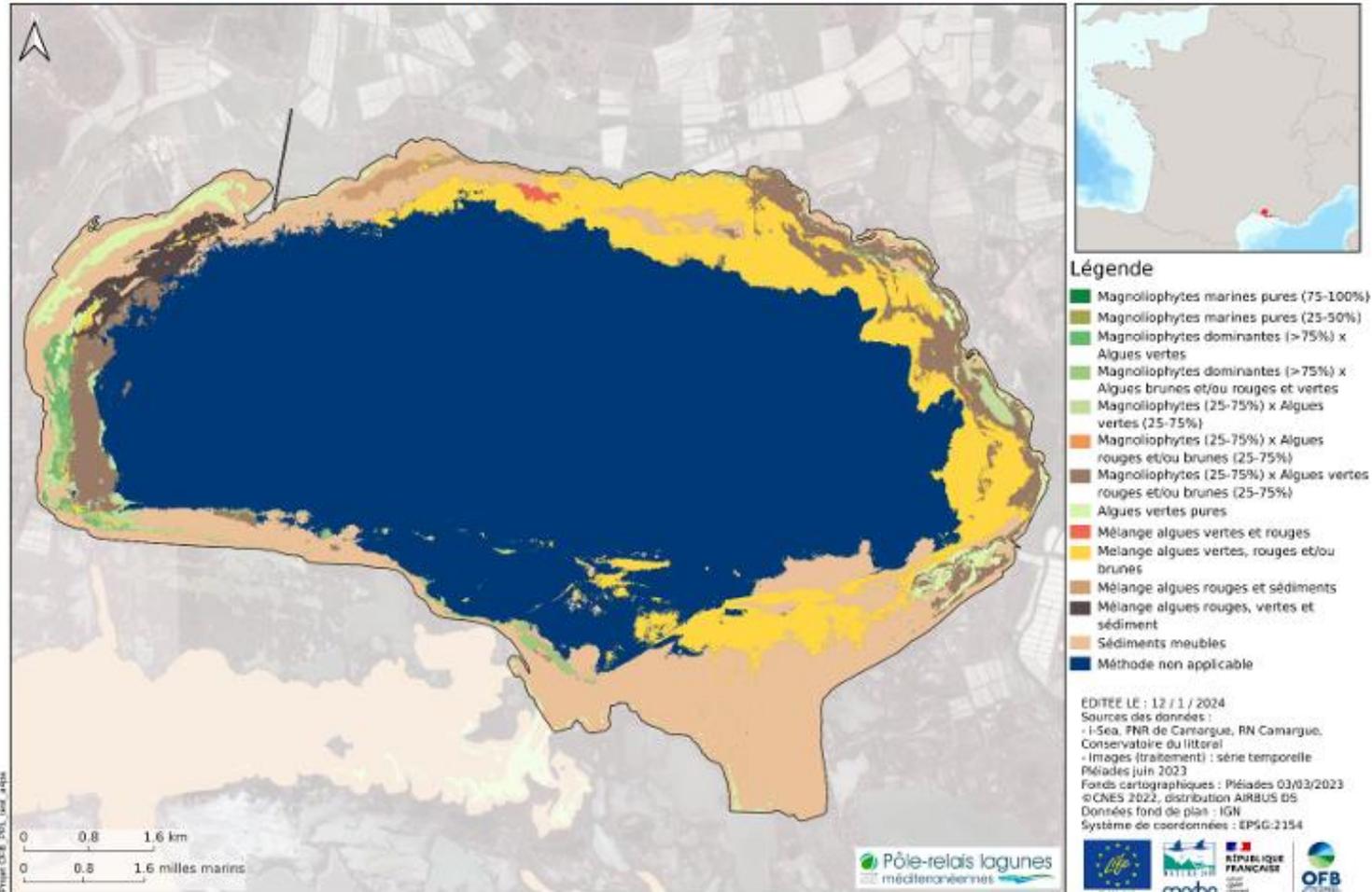
Point d'échantillonnage

- Colonne eau
- Colonne eau et sediment
- Contaminants chimiques
- Macrophytes
- Macrophytes et contaminants chimiques
- Sediment

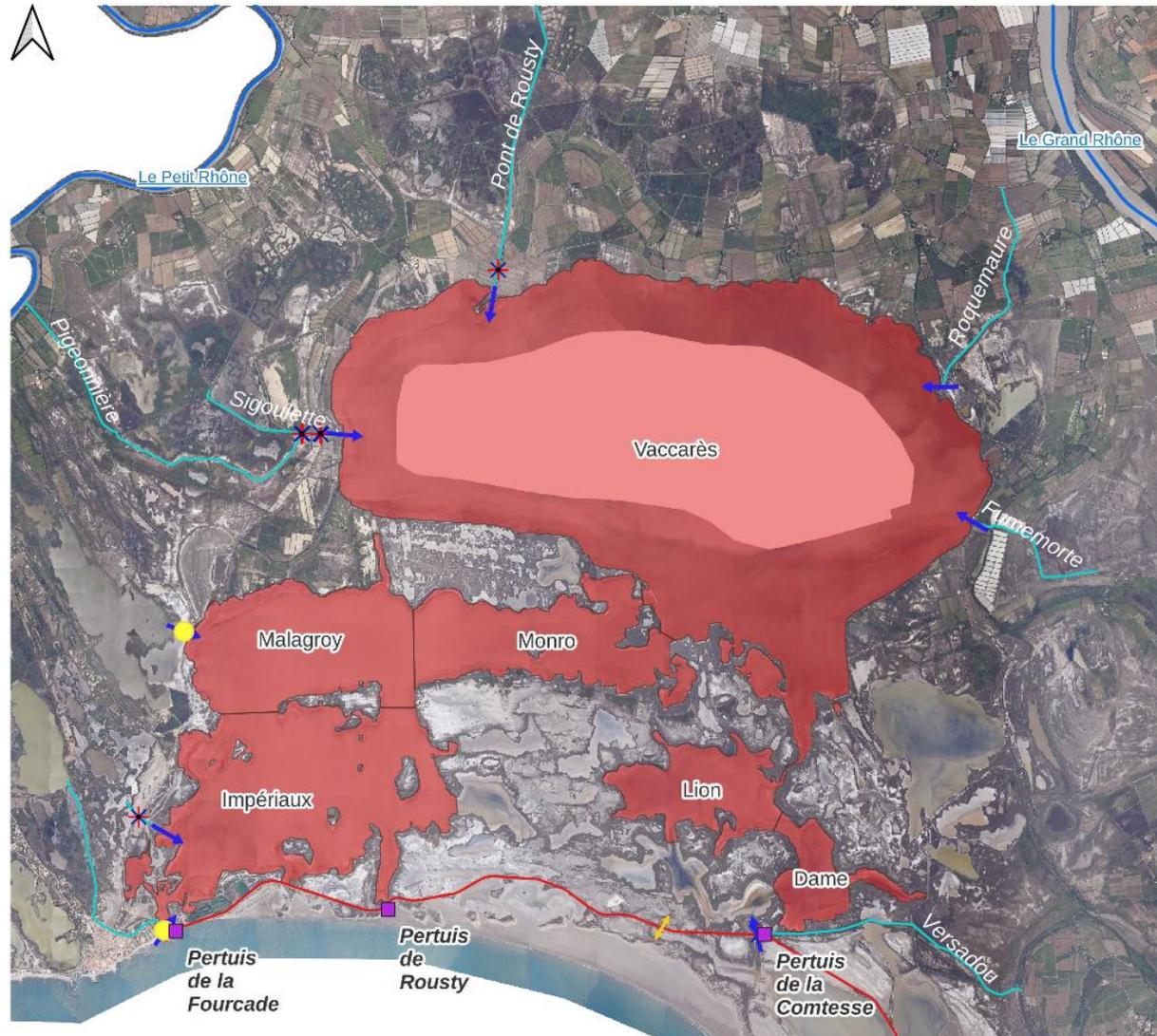
Annexe 34 : Cartographie de l'état de conservation du Vaccarès

COMPLEXE LAGUNAIRE DE CAMARGUE - VACCARES

Cartographie des herbiers des lagunes méditerranéennes par télédétection



Annexe 35 : Cartographie des herbiers du Vaccarès par télédétection (source : I-sea)



Légende

Hydrologie

- * Ouvrage fonctionnel
- ↑ Apport d'eau douce
- ↓ Ouverture libre temporaire
- Pompe
- Pertuis

Tronçons hydrologiques

- Canal
- Digue à la mer
- Rhône

Note pour l'indicateur 8

- -60

Source : @IGN et
<https://geo.pnrsud.fr>
 Edité par : Lilou VERET
 Le : 21/05/2024

0 1 2 km



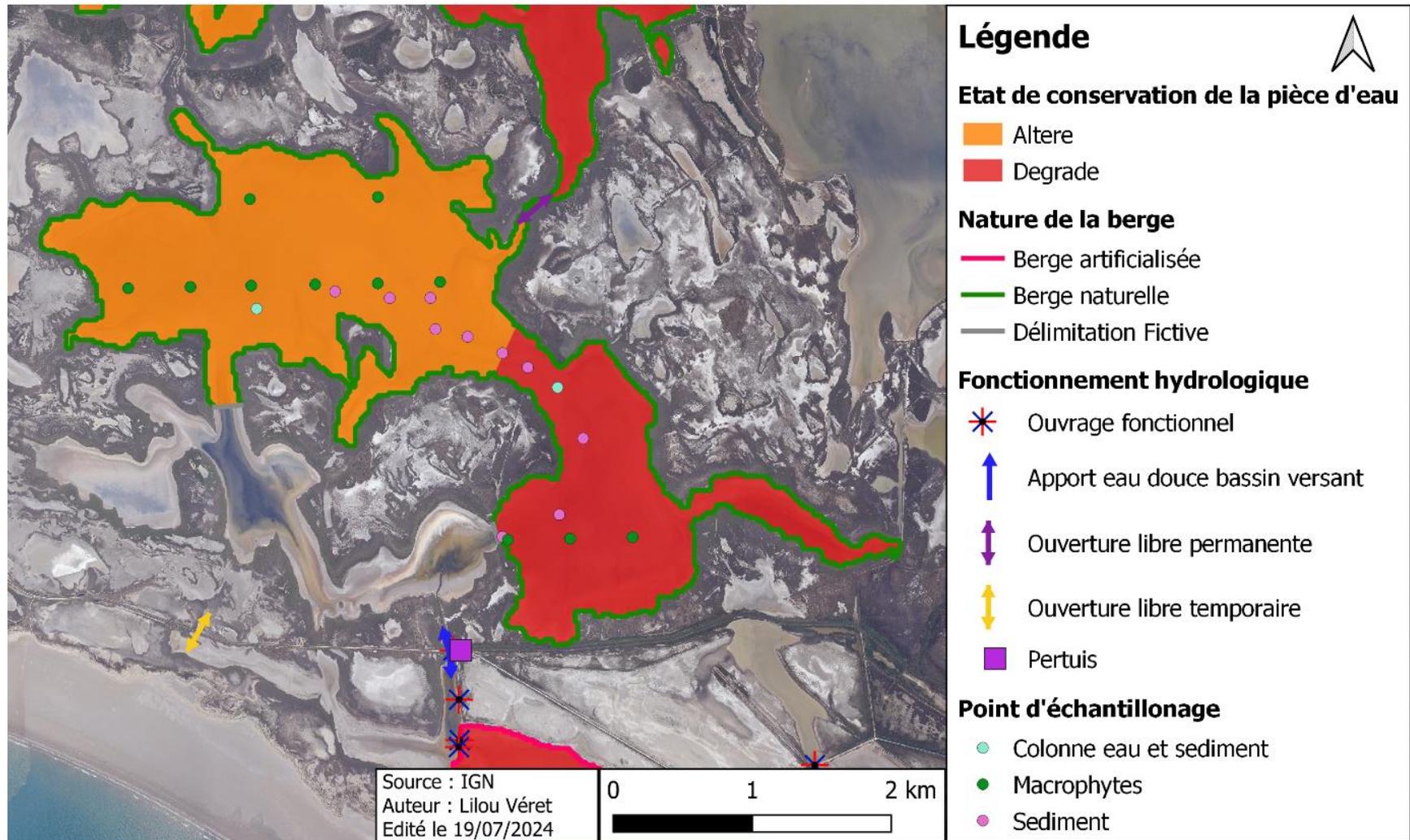
Annexe 36 : Cartographie du fonctionnement hydrologique du système Vaccarès

Indicateurs	Notes	Financements
i01 - Surface de l'habitat	/	Stage 2021 - Life MarHa
i02 - Macrophytes	NE	DREAL 2023
i03 - Surface des herbiers	-40	OFB - i-sea
i04 - EVEE	0	Stage N2000 2024
i05 - Invertébrés benthiques	/	/
i06 - EAEE	0	Stage N2000 2024
i07 - Connectivité à la mer	-25	
i08 - Nature des berges	0	
i09 - Fonctionnement hydrologique	-60	
i10 - Colonne d'eau	-20	DREAL 2023
i11 - Contaminants chimiques	/	DREAL 2024-2025
i12 - Sédiments	-15	DREAL 2023

Annexe 37 : Notes de l'étang de la Dame pour chaque indicateur

Indicateurs	Notes	Financements
i01 - Surface de l'habitat	/	Stage 2021 - Life MarHa
i02 - Macrophytes	NE	DREAL 2023
i03 - Surface des herbiers	-40	OFB - i-sea
i04 - EVEC	0	Stage N2000 2024
i05 - Invertébrés benthiques	/	/
i06 - EAEE	0	Stage N2000 2024
i07 - Connectivité à la mer	-25	
i08 - Nature des berges	0	
i09 - Fonctionnement hydrologique	-60	
i10 - Colonne d'eau	-20	DREAL 2023
i11 - Contaminants chimiques	/	DREAL 2024-2025
i12 - Sédiments	0	DREAL 2023

Annexe 38 : Notes de l'étang du Lion pour chaque indicateur



Annexe 39 : Cartographie de l'état de conservation des étangs Inférieurs

Indicateurs	Notes	Financements
i01 - Surface de l'habitat	/	Stage 2021 - Life MarHa
i02 - Macrophytes	-40	DREAL 2023
i03 - Surface des herbiers	-40	OFB - I-sea
i04 - EVEC	0	Stage N2000 2024
i05 - Invertébrés benthiques	/	
i06 - EAEE	0	Stage N2000 2024
i07 - Connectivité à la mer	-22	
i08 - Nature des berges	0	
i09 - Fonctionnement hydrologique	-60	
i10 - Colonne d'eau	-20	DREAL 2023
i11 - Contaminants chimiques	/	DREAL 2024-2025
i12 - Sédiments	0	DREAL 2023

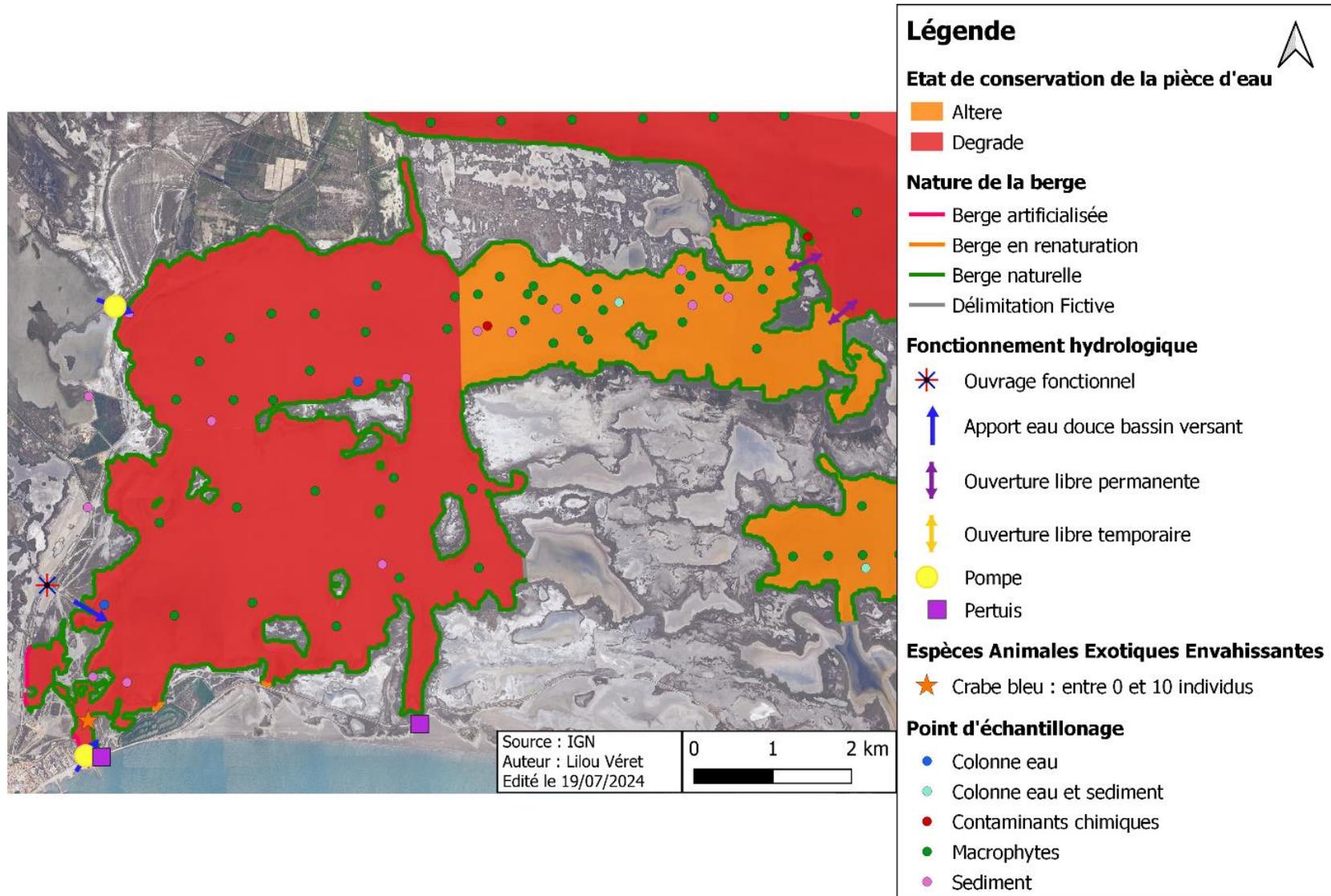
Annexe 40 : Note de l'étang de Malagroy pour chaque indicateur

Indicateurs	Notes	Financements
i01 - Surface de l'habitat	/	Stage 2021 - Life MarHa
i02 - Macrophytes	-40	DREAL 2023
i03 - Surface des herbiers	-40	OFB - i-sea
i04 - EVEC	0	Stage N2000 2024
i05 - Invertébrés benthiques	/	
i06 - EAEE	0	Stage N2000 2024
i07 - Connectivité à la mer	-22	
i08 - Nature des berges	0	
i09 - Fonctionnement hydrologique	-60	
i10 - Colonne d'eau	-5	DREAL 2023
i11 - Contaminants chimiques	/	DREAL 2024-2025
i12 - Sédiments	-30	DREAL 2023

Annexe 41 : Note de l'étang Impérial pour chaque indicateur

Indicateurs	Notes	Financements
i01 - Surface de l'habitat	/	Stage 2021 - Life MarHa
i02 - Macrophytes	-40	DREAL 2023
i03 - Surface des herbiers	-40	OFB - I-sea
i04 - EVEC	0	Stage N2000 2024
i05 - Invertébrés benthiques	/	
i06 - EAEE	0	Stage N2000 2024
i07 - Connectivité à la mer	-22	
i08 - Nature des berges	0	
i09 - Fonctionnement hydrologique	-60	
i10 - Colonne d'eau	-5	DREAL 2023
i11 - Contaminants chimiques	/	DREAL 2024-2025
i12 - Sédiments	-5	DREAL 2023

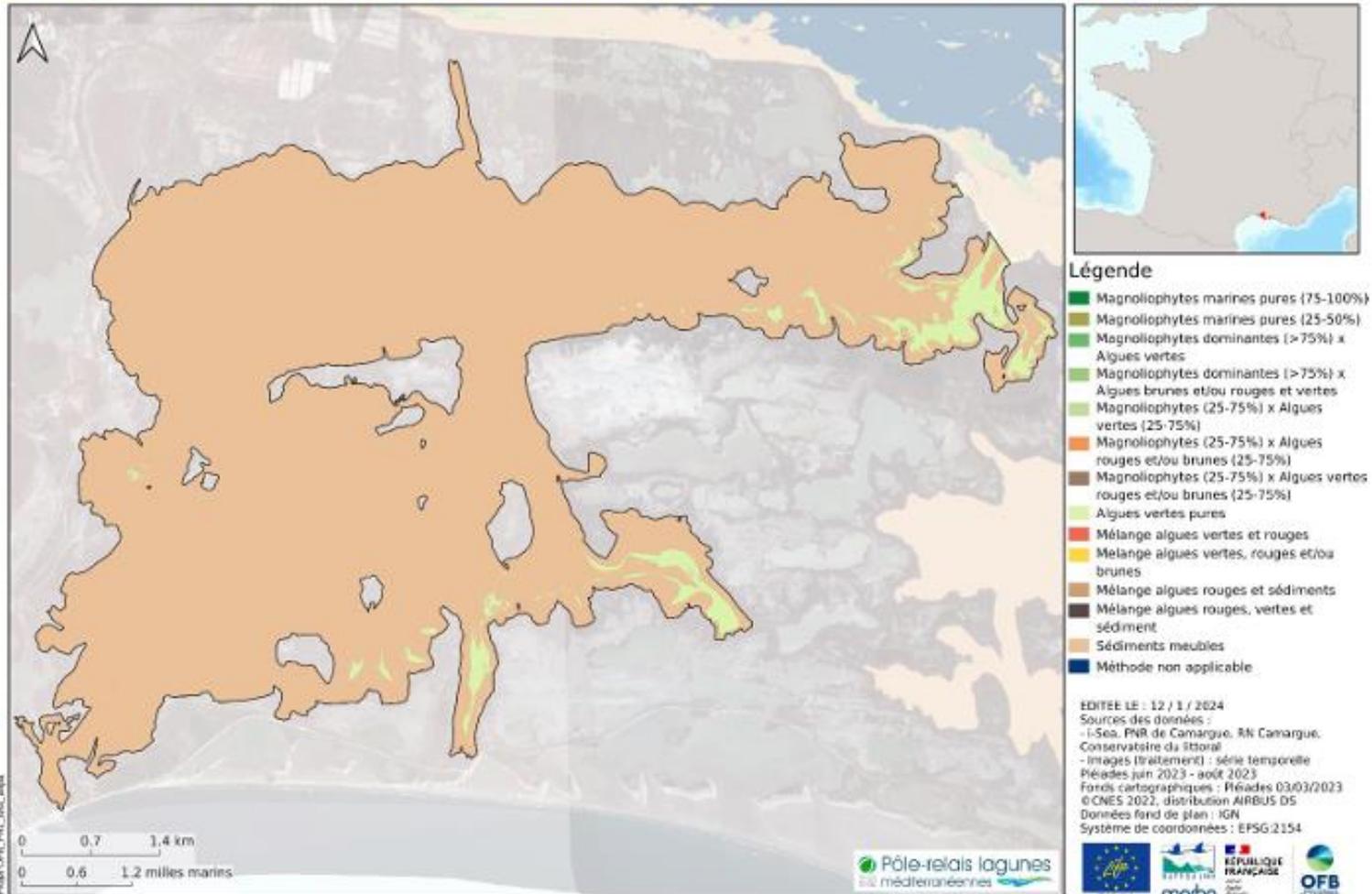
Annexe 42 : Note de l'étang de Monro pour chaque indicateur



Annexe 43 : Cartographie de l'état de conservation des étangs Impériaux

COMPLEXE LAGUNAIRE DE CAMARGUE - IMPERIAL MALAGROY MONRO

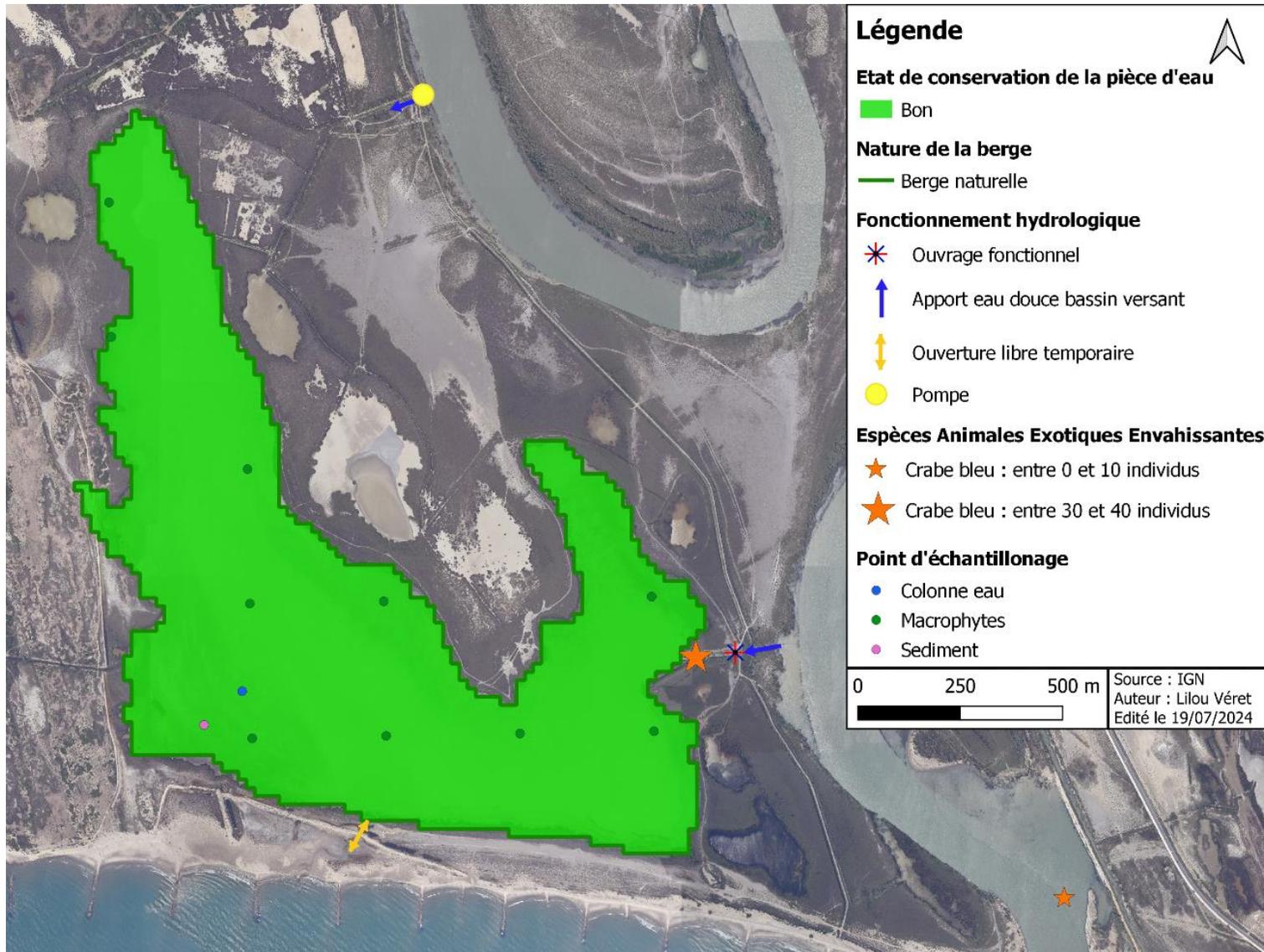
Cartographie des herbiers des lagunes méditerranéennes par télédétection



Annexe 44 : Cartographie des herbiers des étangs Impériaux par télédétection (source : I-Sea)

Indicateurs	Notes	Financements
i01 - Surface de l'habitat	/	Stage 2021 - Life MarHa
i02 - Macrophytes	-10	DREAL 2023
i03 - Surface des herbiers	0	OFB - i-sea
i04 - EVEC	0	Stage N2000 2023
i05 - Invertébrés benthiques	/	
i06 - EAEE	0	Stage N2000 2023
i07 - Connectivité à la mer	-25	
i08 - Nature des berges	0	
i09 - Fonctionnement hydrologique	0	
i10 - Colonne d'eau	0	DREAL 2023
i11 - Contaminants chimiques	/	
i12 - Sédiments	-5	DREAL 2023

Annexe 45 : Notes de l'étang d'Icard pour chaque indicateur



Annexe 46 : Cartographie de l'état de conservation d'Icard

COMPLEXE LAGUNAIRE DE CAMARGUE - ICARD

Cartographie des herbiers des lagunes méditerranéennes par télédétection



Légende

- Magnoliophytes marines pures (75-100%)
- Magnoliophytes marines pures (25-50%)
- Magnoliophytes dominantes (>75%) x Algues vertes
- Magnoliophytes dominantes (>75%) x Algues brunes et/ou rouges et vertes
- Magnoliophytes (25-75%) x Algues vertes (25-75%)
- Magnoliophytes (25-75%) x Algues rouges et/ou brunes (25-75%)
- Magnoliophytes (25-75%) x Algues vertes rouges et/ou brunes (25-75%)
- Algues vertes pures
- Mélange algues vertes et rouges
- Mélange algues vertes, rouges et/ou brunes
- Mélange algues rouges et sédiments
- Mélange algues rouges, vertes et sédiment
- Sédiments meubles
- Méthode non applicable

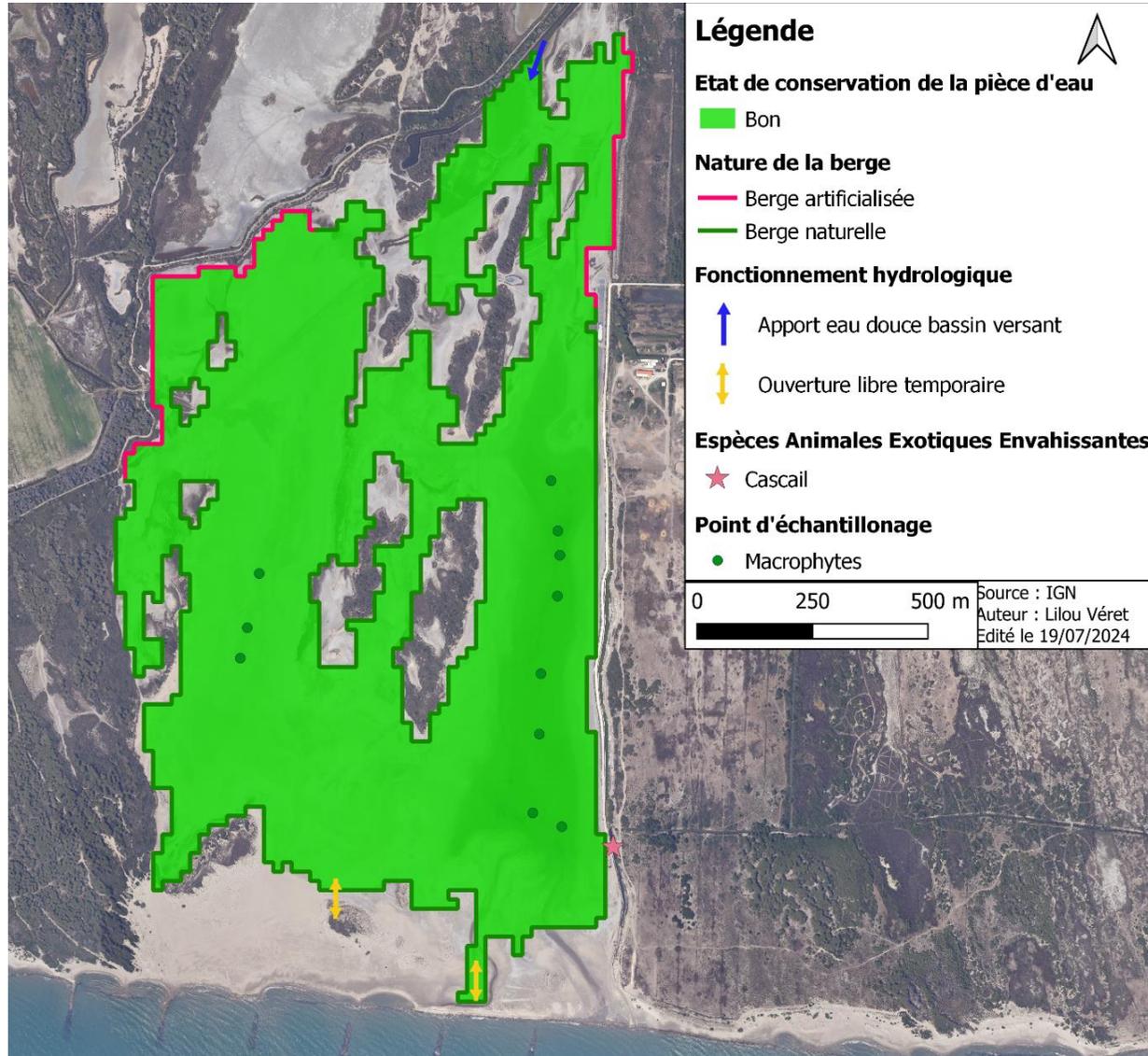
EDITEE LE : 12 / 1 / 2024
 Sources des données :
 - i-Sea, PNR de Camargue, RN Camargue, Conservatoire du Littoral
 - Images (traitement) : série temporelle Pleiades mars 2023 - août 2023
 Fonds cartographiques : Pleiades 03/03/2023
 © CNES 2022, distribution AIRBUS DS
 Données fond de plan : IGN
 Système de coordonnées : EPSG:2154



Annexe 47 : Cartographie des herbiers d'Icard par télédétection (source : I-Sea)

Indicateurs	Notes	Financements
i01 - Surface de l'habitat	/	Stage 2021 - Life MarHa
i02 - Macrophytes	-40	DREAL 2023
i03 - Surface des herbiers	/	
i04 - EVEC	0	Stage N2000 2023
i05 - Invertébrés benthiques	/	
i06 - EAEE	0	Stage N2000 2023
i07 - Connectivité à la mer	0	
i08 - Nature des berges	0	
i09 - Fonctionnement hydrologique	0	
i10 - Colonne d'eau	/	
i11 - Contaminants chimiques		
i12 - Sédiments		

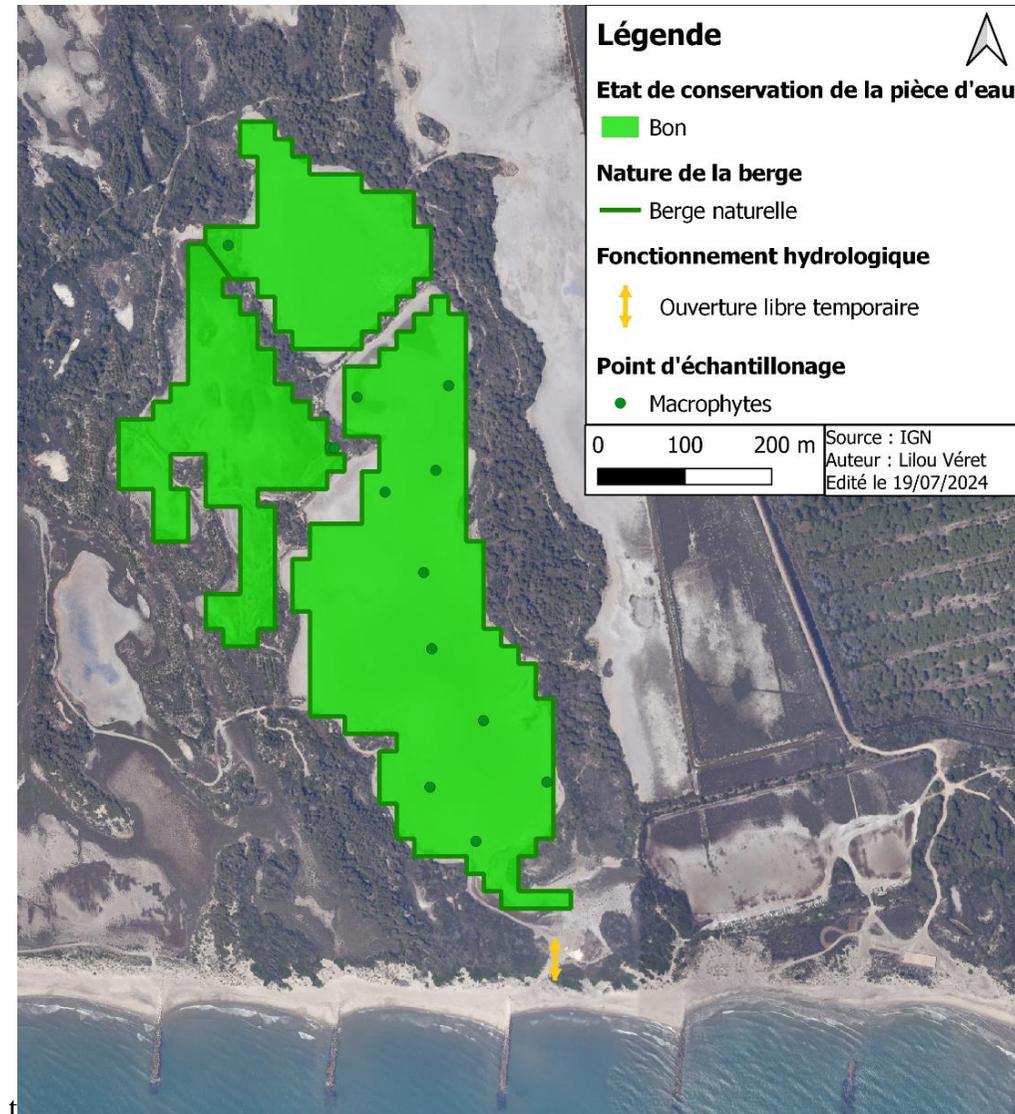
Annexe 48 : Notes de la Baisse de l'évêque - Grande Rhée Longue pour chaque indicateur



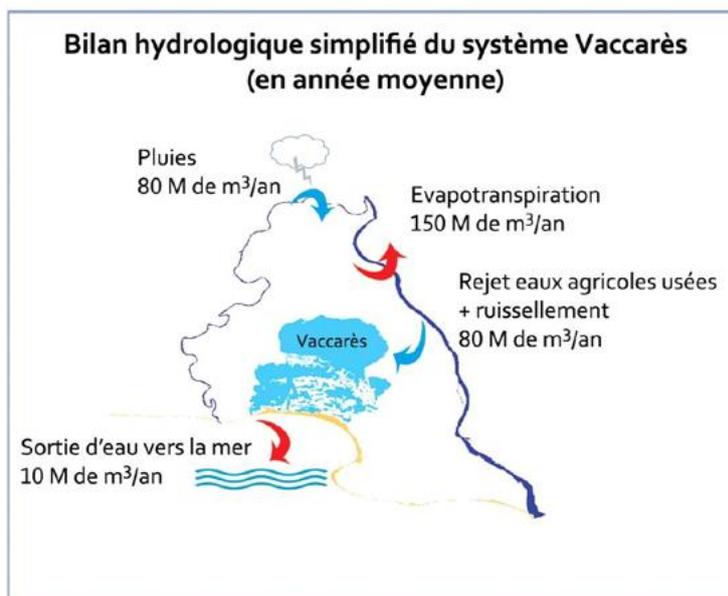
Annexe 49 : Cartographie de l'état de conservation de la Baisse de l'évêque - Grande Rhée longue

Indicateurs	Notes	Financements
i01 - Surface de l'habitat	/	Stage 2021 - Life MarHa
i02 - Macrophytes	0	DREAL 2023
i03 - Surface des herbiers		/
i04 - EVEC	0	Stage N2000 2023
i05 - Invertébrés benthiques		/
i06 - EAEE	0	Stage N2000 2023
i07 - Connectivité à la mer	0	
i08 - Nature des berges	0	
i09 - Fonctionnement hydrologique	0	
i10 - Colonne d'eau		/
i11 - Contaminants chimiques		
i12 - Sédiments		

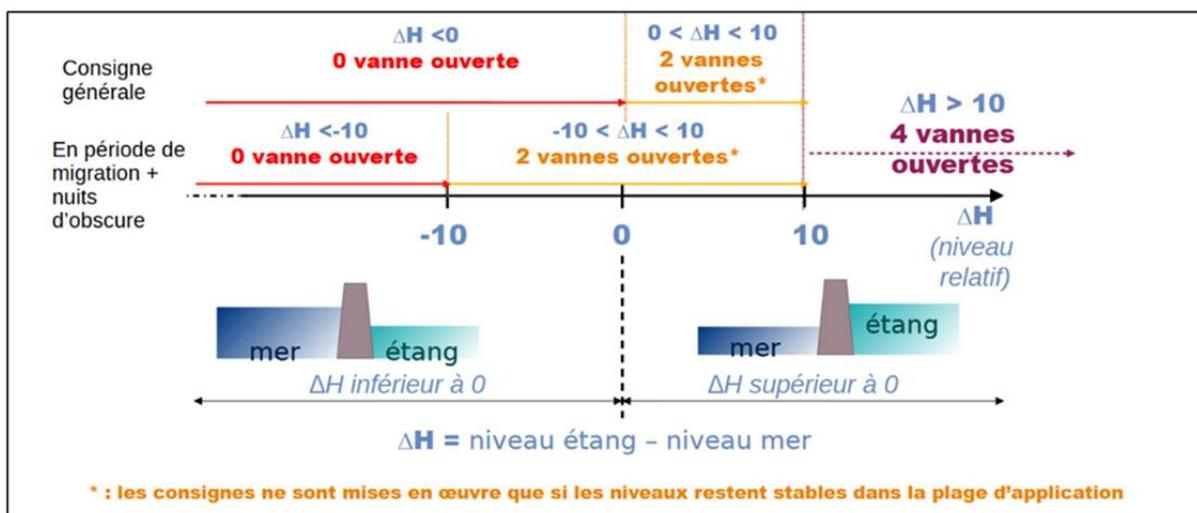
Annexe 50 : Notes de l'étang de Brasinvert pour chaque indicateur



Annexe 51 : Cartographie de l'état de conservation de Brasinvert



Annexe 52 : Bilan hydrologique du système Vaccarès (source: SNPN-RNNC, P. Chauvelon/TdV)



Annexe 53 : Préconisations de gestion du puits de la fourcade votée lors de la CEDE du 11/04/2024

