

Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique

RESERVE NATURELLE NATIONALE DE CAMARGUE



© S. Befeld / RNNC

Projet d'adaptation de la gestion des réserves naturelles de Provence-Alpes-
Côte d'Azur au changement climatique (2024 – 2026)

Auteurs

NOJAROFF Noémie – Tour du Valat

BELENGUIER Luc et RICQUE Fanny – Société Nationale de Protection de la Nature / Réserve naturelle nationale de Camargue

La trame de ce document est commune aux livrables des 13 réserves participantes et a été rédigée avec les 3 autres animatrices du projet Natur'Adapt Sud :

ABIS Ophélie, GATEL Maëlle et KELLER Laureen – CEN PACA

Relecteur

HEMERY Gaël – Société Nationale de Protection de la Nature / Réserve naturelle nationale de Camargue

Citation de l'ouvrage

NOJAROFF N., ABIS O., GATEL M., KELLER L., RICQUE F. et BELENGUIER L., 2026. Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique – Réserve naturelle nationale de Camargue. Projet Natur'Adapt Sud : Adaptation de la gestion des réserves naturelles de Provence-Alpes-Côte d'Azur au changement climatique. 62 pages.

Table des matières

Résumé.....	3
I. Introduction.....	4
1. Le projet LIFE Natur'Adapt	4
2. Le projet Natur'Adapt Sud.....	4
3. Philosophie de la démarche Natur'Adapt	6
II. Présentation du site	7
III. Analyse climatique	9
1. Climat de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur	9
2. Méthodologie d'analyse du climat.....	11
<i>Sélection des paramètres climatiques.....</i>	11
<i>Méthodologie d'analyse du climat récent.....</i>	11
<i>Méthodologie d'analyse du climat futur</i>	12
3. Analyse du climat du site.....	13
<i>Indicateurs de température.....</i>	13
<i>Indicateurs de précipitation</i>	17
<i>Autres paramètres climatiques</i>	20
<i>Paramètres marins</i>	22
<i>Paramètres hydrologiques</i>	24
4. Synthèse des projections climatiques	26
IV. Analyse de vulnérabilité	28
1. Sélection des objets d'analyse	28
<i>Critères de sélection</i>	28
<i>Objets d'analyse sélectionnés</i>	29
2. Méthodologie d'analyse.....	32
<i>Méthodologie d'analyse pour le patrimoine naturel.....</i>	32
<i>Méthodologie d'analyse pour les activités socio-économiques</i>	34
<i>Méthodologie d'analyse pour les outils et moyens de gestion.....</i>	34
3. Facteurs extérieurs.....	35
4. Résultats de l'analyse de vulnérabilité.....	37
<i>Vulnérabilité et opportunité du patrimoine naturel.....</i>	37
<i>Evolution potentielle des activités socio-économiques</i>	50
<i>Evolution potentielle des outils et moyens de gestion</i>	51
5. Nouveaux arrivants	53
V. Récit prospectif.....	55
Liste des acronymes	59
Bibliographie	60

Résumé

Le présent document s'inscrit dans la démarche d'adaptation au changement climatique Natur'Adapt, menée par la Société Nationale de Protection de la Nature, gestionnaire de la Réserve naturelle nationale de Camargue (RNNC) dans le cadre du projet Natur'Adapt Sud. Cette démarche vise à comprendre et anticiper les impacts possibles du changement climatique sur le site afin d'adapter la gestion de la réserve à ces évolutions futures. Le Diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique (DVO) constitue la première étape de cette démarche, complétée par un plan d'adaptation disponible dans un second document.

Située au cœur du delta du Rhône dans le département des Bouches-du-Rhône et gérée par la Société Nationale de Protection de la Nature (SNPN), la Réserve naturelle nationale de Camargue est constituée en grande majorité de lagunes et d'étangs. D'autres habitats remarquables sont également présents, tels que les dunes littorales à genévrier, les montilles (pelouses méditerranéennes) ou les sansouïres.

L'analyse du climat passé et des projections dans le futur aux horizons 2050 et 2100 suggère une évolution vers des automnes plus tardifs, des hivers plus doux et humides, ainsi que des étés précoces, plus secs, plus intenses et plus longs. En parallèle, le niveau marin continuera d'augmenter fortement, le recul du trait de côte se poursuivra, et les submersions marines deviendront de plus en plus fréquentes et importantes en Camargue. Ces phénomènes accentueront le processus de salinisation des sols et des eaux superficielles et souterraines.

Pour comprendre l'impact des évolutions climatiques sur la RNNC, 27 objets ont été sélectionnés puis analysés : 15 relevant du patrimoine naturel, 7 outils et moyens de gestion et 5 activités humaines. Les résultats de l'analyse de vulnérabilité et d'opportunité sont synthétisés dans le récit prospectif de la Réserve naturelle nationale de Camargue, dernier chapitre de ce diagnostic. Globalement, en l'absence d'événements extrêmes (tempêtes marines ou inondations majeures du Rhône), l'ensemble du patrimoine naturel actuel de la réserve se maintiendrait à court terme, avec des variations selon les habitats ou les cortèges d'espèces. Malgré une certaine résilience, l'état de certains habitats et espèces pourrait se dégrader à moyen terme sous l'influence du changement climatique. L'analyse montre par exemple que les mares temporaires méditerranéennes et les dunes (ainsi que les cortèges qu'elles abritent) font partie des habitats les plus vulnérables aux évolutions à venir. Les lagunes pourraient aussi voir certains éléments fonctionnels évoluer défavorablement, en lien avec l'évolution du climat mais aussi des activités présentes dans le delta. L'horizon de long terme est aussi envisagé, avec des évolutions bien plus marquées liées notamment à la hausse du niveau marin et la marinisation du site (processus d'évolution vers des conditions abiotiques et des cortèges plus proches de ce que présente la mer Méditerranée).

Il est à noter que le présent diagnostic de vulnérabilité présente quelques limites liées au manque de connaissances scientifiques concernant les évolutions climatiques ou leurs impacts sur certains objets. Ce travail constitue tout de même un outil intéressant de projection dans le futur, qui permet au gestionnaire de s'approprier la thématique du changement climatique et de questionner sa gestion dans un contexte plus large.

I. Introduction

L'évolution du climat a des effets directs sur la nature. Le changement climatique actuel provoque des modifications environnementales et contribue ainsi à l'érosion de la biodiversité, en perturbant le rythme naturel d'adaptation des écosystèmes et en exacerbant les pressions existantes sur les espèces et leurs habitats. Le changement climatique a aussi des effets indirects sur la nature à travers les modifications des activités humaines (agricoles, touristiques, etc.) qu'il provoque. En complément d'actions de réduction des émissions de gaz à effet de serre, **il est nécessaire d'anticiper ces évolutions pour adapter la gestion des espaces naturels protégés**. L'adaptation vise ainsi à limiter les impacts du changement climatique et les dommages associés sur la nature et les activités humaines qui en dépendent.

1. Le projet LIFE Natur'Adapt

Partant de ce constat, l'association Réserves Naturelles de France (RNF) et ses partenaires ont porté le projet LIFE Natur'Adapt, de 2018 à 2023. Ce projet visait à **intégrer les enjeux climatiques dans la gestion des aires protégées** en général et des réserves naturelles en particulier, notamment en apportant aux gestionnaires des outils méthodologiques expérimentés et testés sur des sites pilotes. Une démarche d'adaptation a ainsi été développée, accompagnée d'un [guide méthodologique](#) (Coudurier *et al.*, 2023) et d'une formation en ligne à destination des gestionnaires. La démarche Natur'Adapt consiste en la réalisation d'un diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique des éléments structurants de l'espace étudié, puis, sur cette base, d'un plan d'adaptation au changement climatique à l'échelle de l'aire protégée. Elle est composée de 4 étapes :



- 1- Immersion et cadrage ;
- 2- Analyse prospective (4 composantes principales : le climat, le patrimoine naturel, les activités humaines qui influencent la gestion, et les pratiques de gestion) ;
- 3- Adaptation de la gestion ;
- 4- Bilan et capitalisation.

Le présent document constitue le Diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique (DVO) de la RNN de Camargue. Le plan d'adaptation fait l'objet d'un second livrable.

2. Le projet Natur'Adapt Sud

Le projet d'adaptation de la gestion des réserves naturelles de Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) au changement climatique, appelé **Natur'Adapt Sud**, est la déclinaison en région PACA de la démarche développée dans le cadre du LIFE sur 13 réserves volontaires (voir Figure 1). Il répond à une volonté des gestionnaires d'espaces naturels d'être accompagné dans la prise en compte du changement climatique dans leur gestion.

Le projet est piloté par la Tour du Valat en partenariat avec le Conservatoire d'espaces naturels de PACA (CEN PACA), avec le soutien financier de la DREAL PACA et de la Région Sud – Provence-Alpes-Côte d'Azur.

RNF et la Communauté de communes Alpes d'Azur accompagnent également le projet pour apporter un appui technique et leur retour d'expérience suite au LIFE.

Le projet régional Natur'Adapt Sud (2024-2026) prévoit de réaliser, pour chacun des sites participants, **un diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité face au changement climatique et un plan d'adaptation de la gestion**. Ce dernier pourra ensuite être intégré au document de gestion. Le projet

permet ainsi de faire monter en compétence les gestionnaires de réserves naturelles de la région sur les thématiques du changement climatique et de ses impacts sur la nature. Le travail en réseau est au cœur de ce projet d'ampleur régionale, au terme duquel une majorité des réserves naturelles de Provence-Alpes-Côte d'Azur seront dotées d'une stratégie d'adaptation au changement climatique.

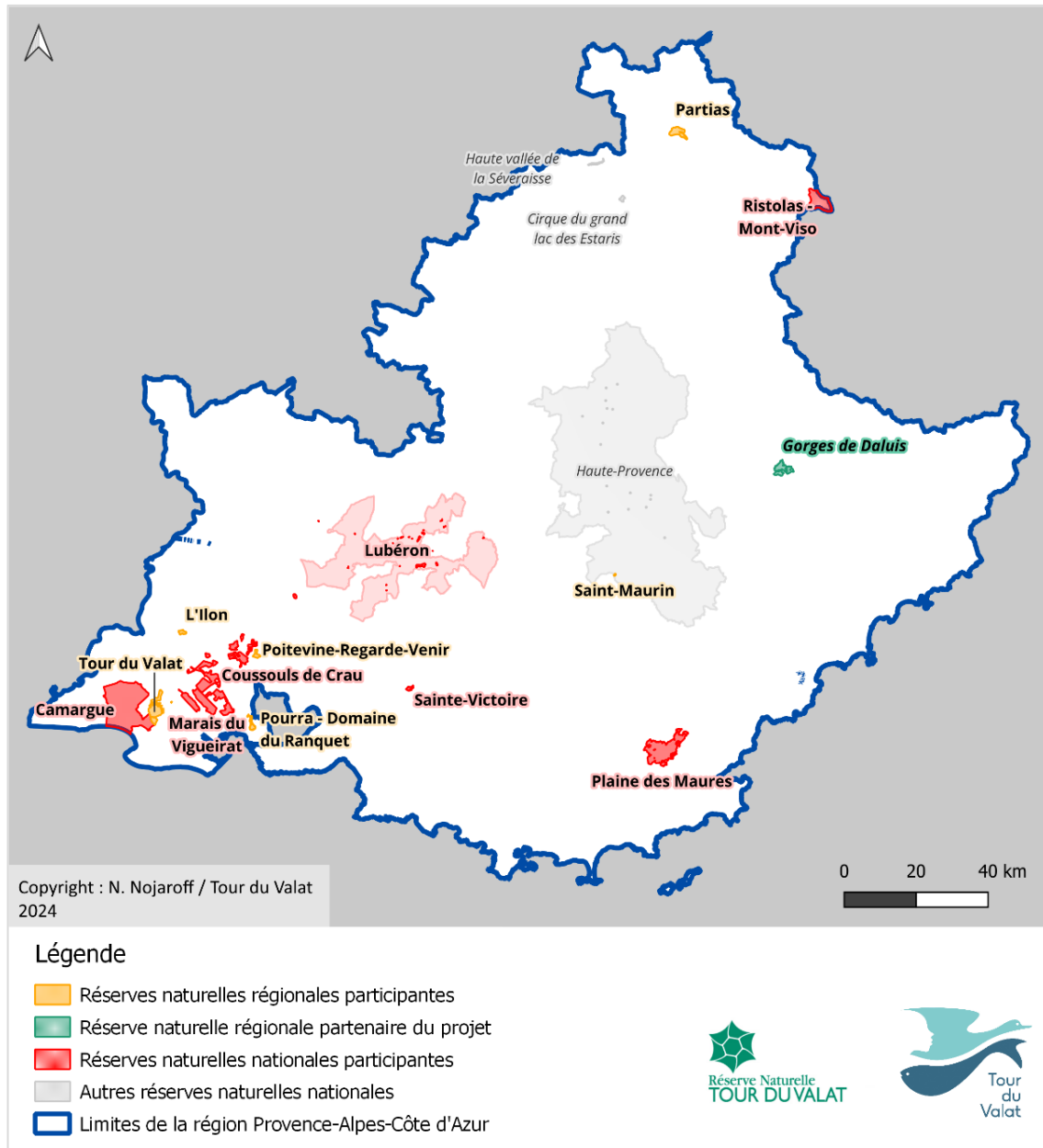


Figure 1 – Carte des réserves naturelles participant au projet Natur'Adapt Sud

3. Philosophie de la démarche Natur'Adapt

Avant de mettre en œuvre la méthodologie Natur'Adapt sur les réserves naturelles participantes, il est nécessaire de rappeler la philosophie de cette démarche.

La démarche Natur'Adapt est **une opportunité pour** :

- Monter en compétence sur le climat ;
- Mieux connaître son aire protégée et le territoire environnant, et porter un autre regard dessus ;
- S'interroger sur les vulnérabilités et les opportunités provoquées par le changement climatique ;
- Développer une vision prospective, à partager, de l'évolution de l'aire protégée sous l'effet du changement climatique ;
- Anticiper les évolutions et réfléchir à ses pratiques de gestion face au changement climatique ;
- Lancer une dynamique interne et locale autour du changement climatique et poser les premiers jalons d'un diagnostic de vulnérabilité et d'un plan d'adaptation ;
- Faire évoluer ses relations avec les acteurs locaux, adopter un nouveau positionnement et réfléchir ensemble aux usages, présents et à venir ;
- Communiquer différemment sur son aire protégée et (ré)affirmer son rôle au sein du territoire.

A l'inverse, la démarche Natur'Adapt **n'est pas** :

- Une étude scientifique ni une modélisation précise de l'évolution du climat et de la nature : il s'agit d'identifier des tendances et d'appréhender les incertitudes ;
- Un travail exhaustif et figé : la démarche d'adaptation est un processus continu !
- Un catalogue d'actions nouvelles et innovantes : 90% des mesures d'adaptation sont des actions déjà en cours ou envisagées dans d'autres objectifs ; l'innovation réside dans le changement d'approche de la gestion ;
- Un livre de recette : chaque territoire doit construire sa démarche en fonction de son contexte.

II. Présentation du site

Au cœur du delta du Rhône, la **Réserve naturelle nationale de Camargue** (RNNC) s'étend sur 13 232 ha. A cheval sur les communes des Saintes-Maries-de-la-Mer et d'Arles, dans les Bouches du-Rhône (13), elle s'étend du nord de l'étang du Vaccarès à la mer (voir Figure 2). Le site est constitué en grande majorité de **lagunes et étangs**, répartis entre le système Vaccarès, les étangs inférieurs (Lion et Dame) et le système littoral (Batayolles et Tampan). On y trouve aussi d'autres habitats remarquables comme les **dunes littorales à genévrier**, les **montilles** (pelouses méditerranéennes) et les **sansouïres** (Cheiron *et al.*, 2016).

La Réserve de Camargue est l'une des plus anciennes de France, puisque la Réserve zoologique et botanique de Camargue a été créée en 1927, puis instituée en tant que réserve naturelle nationale en 1975. Les parcelles classées en réserve appartiennent au Conservatoire du Littoral (CdL), le reste concernant le Domaine Public Maritime, la Digue à la Mer et le phare de la Gachole. La RNNC est gérée par la **Société Nationale de Protection de la Nature (SNPN)**, association reconnue d'utilité publique. La Réserve de Camargue est entourée d'un ensemble d'espaces naturels protégés, dont les Etangs et Marais des Salins de Camargue (EMSC), le Domaine et la RNR de la Tour du Valat, le Domaine départemental des Impériaux, de nombreux sites du Conservatoire du Littoral, etc.

Echelle de la démarche

Le diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité est réalisé **à l'échelle de la Réserve naturelle nationale de Camargue**. Cependant, une réserve naturelle est en interdépendance avec un territoire plus large ; la réflexion concernant les activités humaines et l'implication des acteurs est ainsi menée au-delà de la RNNC, en Camargue. Cette approche permet ainsi d'intégrer l'ensemble des éléments situés à l'intérieur ou en périphérie de la réserve naturelle, qui influencent directement ou indirectement l'aire protégée.

D'autre part, deux autres réserves naturelles du territoire mettent également en œuvre une démarche d'adaptation dans le cadre de **Natur'Adapt Sud**. Les réflexions du présent diagnostic, mais aussi par la suite celles concernant l'adaptation de la gestion, sont donc menées en lien étroit avec les réserves naturelles de la Tour du Valat et des Marais du Vigueirat.

Réserve naturelle nationale de Camargue

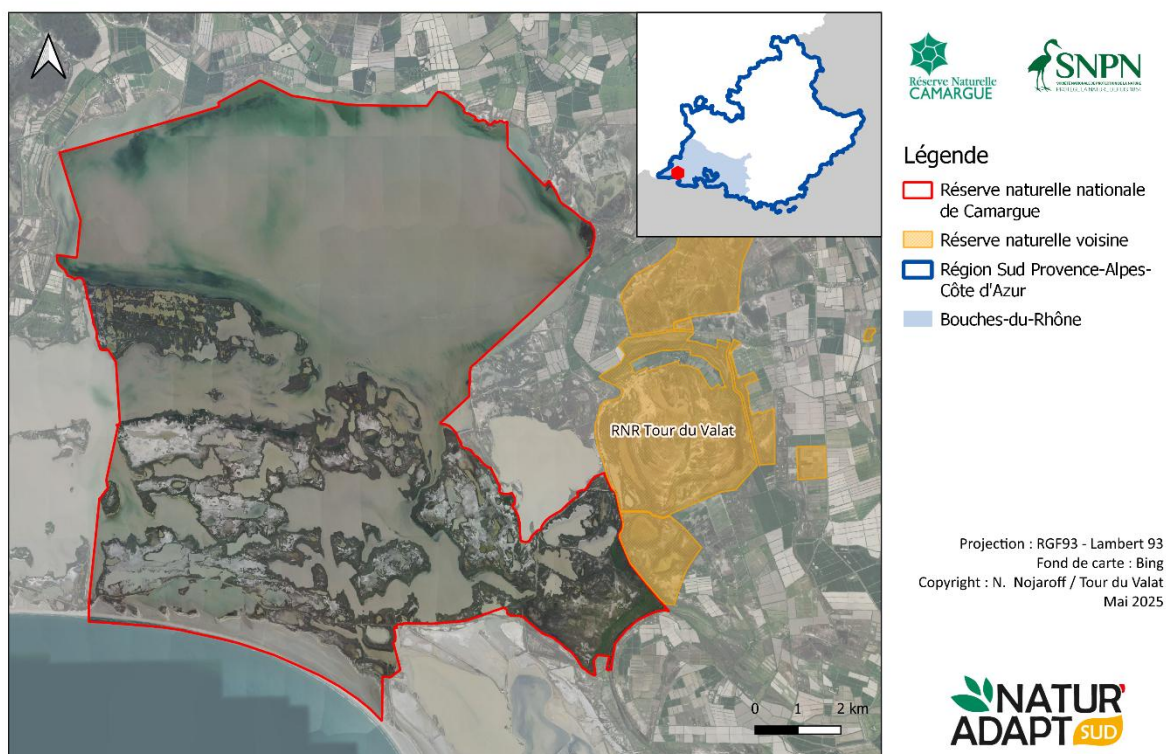


Figure 2 – Localisation de la Réserve naturelle nationale de Camargue

III. Analyse climatique

L'analyse climatique est l'étape qui permet d'étudier les chroniques passées et récentes du climat, ainsi que les projections climatiques futures au niveau du site. Cette analyse permet d'identifier de grandes tendances d'évolution pour un ensemble d'indicateurs du climat déterminants pour la réserve naturelle.

2 questions pour comprendre le changement climatique

- **Quelle différence entre météo et climat ?**

La météo concerne les prévisions à court terme des conditions atmosphériques. Le climat est la moyenne des conditions météorologiques, les extrêmes et les tendances sur le long terme. Les normales climatiques, calculées sur 30 ans, servent de référence pour analyser l'évolution du climat.

- **Qu'est-ce que le changement climatique actuel ?**

Bien que le climat ait toujours varié, le réchauffement observé depuis 1900 est essentiellement d'origine anthropique, en lien avec les modifications d'usage des sols (déforestation, bétonisation...) et les importantes émissions de gaz à effet de serre (GES) produites par les activités humaines. Le CO2 est particulièrement préoccupant en raison de sa longévité dans l'atmosphère, jusqu'à des centaines d'années. Par conséquent, même si nous réduisons ces émissions aujourd'hui, les effets du réchauffement se poursuivront pendant des décennies, voire des siècles. En revanche, les actions mises en place maintenant peuvent limiter l'ampleur du réchauffement futur (atténuation). Il est également nécessaire de se préparer aux effets inévitables du réchauffement déjà en cours : c'est l'adaptation.

Le changement climatique contemporain se distingue par son intensité, sa rapidité et son origine humaine.

1. Climat de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Le Groupe Régional d'Experts sur le Climat en Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-Sud), organisme de référence en PACA en matière d'analyse climatique, a produit plusieurs cahiers thématiques en lien avec les effets du changement climatique, ainsi qu'une infographie récapitulative des enjeux climatiques régionaux (GREC-Sud, 2023) (voir Figure 3).

Les synthèses du GREC-SUD en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

ENJEUX CLIMATIQUES EN RÉGION PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

Le GIEC rappelle qu'il est impératif de limiter le réchauffement climatique global à +1,5°C. Et si le problème est bel et bien global, les solutions d'adaptation et d'atténuation, elles, sont avant tout **LOCALES** !
Alors, quelles sont nos pistes d'action pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur ?

SPÉCIFICITÉS DE LA RÉGION



ÉTÉ

Le fort rayonnement solaire et la circulation atmosphérique **anticyclonique** dominante de la région expliquent les fortes chaleurs et les sécheresses en période estivale.



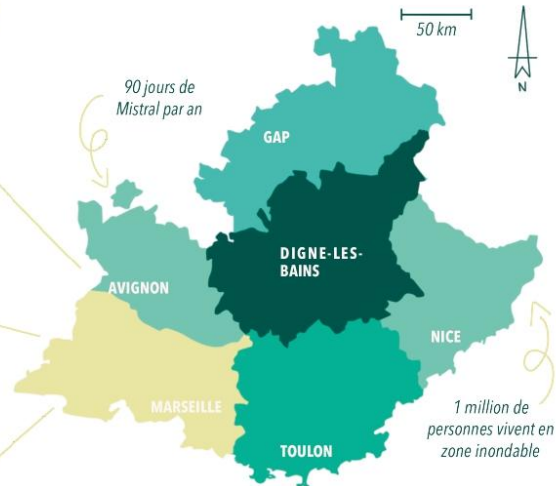
HIVER

La présence de reliefs, comme les Préalpes, provoque un « effet de föhn » d'ouest, engendrant un fort vent, mais aussi plus de **chaleur et de sécheresse**.

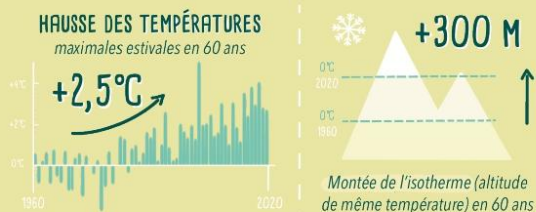


AUTOMNE
&
PRINTEMPS

De l'automne au printemps, la région subit les « épisodes méditerranéens » : des averses orageuses parfois excessives pouvant apporter plus de 200 mm de pluie en 1 jour !



ÉVOLUTIONS PASSÉES (1960 à 2020)



ÉVOLUTIONS FUTURES (2050 à 2100)

L'incertitude de ces prévisions dépend de nos futurs choix socio-économiques. Nous pouvons anticiper la réaction du climat avec précision, mais nous ne pouvons prédire la direction que prendront les actions humaines qui l'influencent...



Il est donc certain que, même dans le scénario socio-économique d'évolution climatique le plus optimiste, de nombreux bouleversements sont à prévoir dans notre région... Comment nous en prémunir ?

Figure 3 – Infographie des enjeux climatiques en région PACA (GREC-Sud, 2023 ©MACHA)

2. Méthodologie d'analyse du climat

SÉLECTION DES PARAMÈTRES CLIMATIQUES

De très nombreux paramètres climatiques existent et peuvent être étudiés pour comprendre le climat d'un lieu donné. Dans le cadre de la démarche Natur'Adapt, l'analyse climatique a pour objectif de comprendre l'exposition et la vulnérabilité du site au changement climatique. Ce sont donc les **paramètres climatiques déterminant l'existence et le fonctionnement de la Réserve naturelle nationale de Camargue** qui sont sélectionnés ici.

Un autre critère important concerne **la disponibilité et la nature des données**. En effet, l'analyse climatique nécessite l'accès à des informations suffisamment nombreuses, fiables, et anciennes pour l'étude du climat passé, ainsi que des données existantes dans les modélisations du climat futur. C'est pour cette raison que le fonctionnement hydrologique souterrain, par exemple, n'apparaît pas dans les indicateurs retenus.

La Camargue étant une **zone humide**, son fonctionnement hydrologique détermine une grande partie de ses caractéristiques écologiques. Les paramètres climatiques et hydrologiques ayant un impact sur le **bilan hydrique** du site sont donc particulièrement pertinents ici, même si ce ne sont pas les seuls. Par ailleurs le site est localisé sur le littoral et les **paramètres marins et côtiers**, notamment liés au risque de submersion marine, sont donc aussi à prendre en compte.

Les paramètres et variables retenus pour l'analyse climatique de la Réserve de Camargue sont les suivants :

- **Température atmosphérique** : moyenne, minimale, maximale, nombre de jours de forte chaleur, nombre de nuits tropicales, nombre de jours de gel ;
- **Précipitations** : cumul moyen, nombre de jours de pluie, précipitations extrêmes, sécheresse ;
- **Autres paramètres climatiques** : évapotranspiration, vent ;
- **Paramètres marins** : niveau marin, submersion marine, érosion côtière ;
- **Paramètres hydrologiques** : débit et salinité du Rhône.

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DU CLIMAT RÉCENT

Une **station météorologique** est installée depuis 1944 à **La Capelière**, siège de l'équipe gestionnaire de la RNNC, à l'Est de l'étang du Vaccarès. Cette station locale relève la température et la pluviométrie, mais les données fournies ici sont seulement **mensuelles**. Elles ne sont donc utilisées que pour les indicateurs ne nécessitant pas de valeurs journalières.

Une **station météorologique** est installée et fonctionne depuis 1962 à **la Tour du Valat**. Elle a été déplacée d'environ 1,9 km en 2001 et est désormais localisée à environ 4,9 km à l'Est de la RNN de Camargue. Cette station Météo-France (13004003 Arles Tour-du-Valat) relève plusieurs paramètres, dont la température et la pluviométrie, dont les données sont accessibles. La **fiche climatologique** disponible pour cette station donne des statistiques et records sur la période 1991-2020 (Météo-France, 2023).

Les autres données utilisées pour étudier le climat passé proviennent principalement du service climatique **Climat HD** (Météo-France, 2025a), qui propose des informations synthétiques à partir des données Météo-France des stations Marseille-Marignane et Istres, ou à l'échelle régionale Provence-Alpes-Côte d'Azur. Des études et rapports sont utilisés en compléments et listés dans la bibliographie en fin de document.

Les **normales climatiques** correspondent aux moyennes des paramètres climatiques sur une période de 30 ans. Pour l'étude du climat du passé, on compare donc autant que possible des périodes de 30 ans entre elles. Les périodes choisies varient cependant en fonction des données disponibles (à partir de 1900, 1950, 1960 ou plus récent selon les paramètres et stations).

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DU CLIMAT FUTUR

Les données du climat futur sont principalement issues du **service climatique DRIAS** de Météo-France (Météo-France, 2024). Lorsqu'une autre source est utilisée, elle est indiquée à la suite de l'information concernée. Les projections du climat futur sont disponibles dans DRIAS à l'échelle des mailles SAFRAN, soit 64 km². La **maille DRIAS n°3951** (=maille SAFRAN n°9039), qui couvre la moitié Sud de la Réserve naturelle nationale de Camargue, est utilisée ici. Les valeurs sont par ailleurs très similaires dans les mailles adjacentes, notamment celles situées sur les réserves de la Tour du Valat et des Marais du Vigueirat.

► Scénarios de projection

Pour avancer de manière coordonnée sur le sujet de l'adaptation au changement climatique, les autorités françaises ont défini en 2023 une Trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC) à l'échelle nationale (Soubeyroux *et al.*, 2024). Elle permet notamment de se préparer à un réchauffement de +4°C sur la France hexagonale en fin de siècle. La TRACC s'appuie sur les engagements actuels des Etats en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Cependant, les tendances actuelles induisent un risque de dépassement de ces engagements, qui ne peut être ignoré. De plus, l'ensemble des paramètres climatiques analysés ici n'est pas modélisé avec la TRACC. Ainsi, malgré l'intérêt de cet outil en termes de planification de l'adaptation, le choix a été fait dans le cadre de la présente démarche, d'utiliser plutôt les scénarios d'émission RCP (Representative Concentration Pathway).

Les **scénarios d'émissions RCP** correspondent à différents schémas d'évolution des émissions de gaz à effet de serre proposés par le GIEC (groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). Un RCP est utilisé comme paramètre d'entrée des modèles d'évolution du climat. Sa valeur peut être associée à des hypothèses d'évolution socio-économique, mais également à des politiques d'adaptation et d'atténuation. Trois scénarios sont disponibles dans DRIAS : RCP 2.6 (émissions maîtrisées), RCP 4.5 (émissions modérées), et RCP 8.5 (émissions non réduites). Deux scénarios sont comparés dans cette analyse : le **RCP 4.5** (« plutôt optimiste ») et le **RCP 8.5** (« pessimiste »). Le choix de 2 scénarios permet de montrer une fourchette des évolutions possibles, et de tenir compte des incertitudes liées au climat futur.

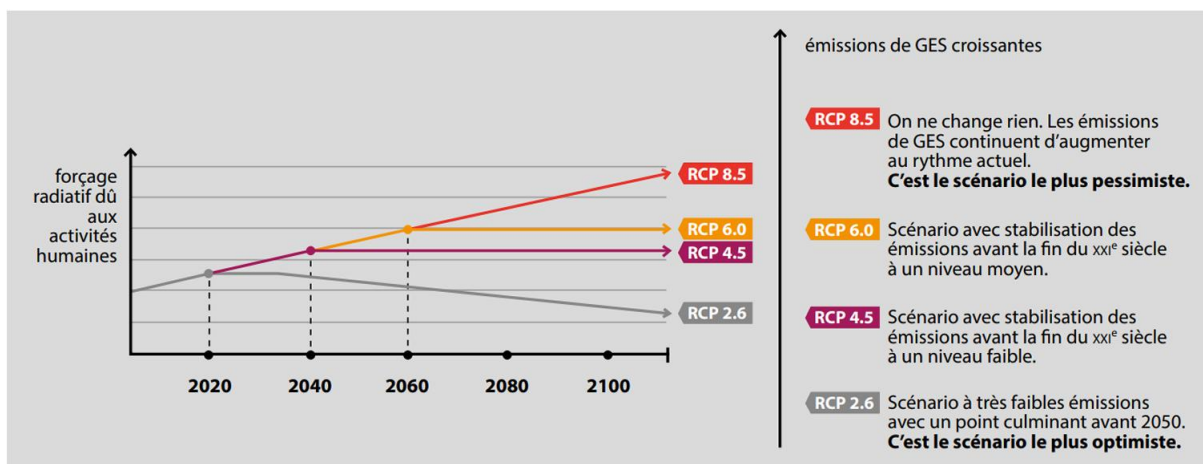


Figure 4 – Schéma des différents scénarios RCP (ONERC, 2015)

► Pas de temps

De nombreux services climatiques, dont DRIAS, proposent des modélisations sur des périodes de 30 ans. L'horizon temporel de moyen terme se base sur la période 2041-2070, traduit dans cette analyse sous le terme d'**horizon 2050**. L'horizon temporel de long terme concerne, quant à lui, la période 2071-2100, repris ici comme l'**horizon 2100**. Ces horizons, 2050 et 2100, ont été choisis car ils constituent des repères tant en matière de gestion que pour l'appropriation du sujet par un large public.

Afin de caractériser les tendances d'évolution du climat, les projections aux horizons 2050 et 2100 sont comparées à la **période de référence** proposée par DRIAS : **1976-2005**.

Il est à noter que **les saisons utilisées** pour présenter les projections climatiques futures ne sont pas les saisons calendaires mais les saisons météorologiques suivantes : hiver = décembre à février, printemps = mars à mai, été = juin à août, automne = septembre à novembre.

► **Modèles climatiques**

Plusieurs modèles climatiques existent et diffèrent selon la méthode utilisée et le pays. Afin de tenir compte des incertitudes liées à la modélisation du climat futur, le choix a été fait, dans cette analyse, de retenir **la médiane de l'ensemble des modèles** disponibles (**DRIAS 2020**) sur le service climatique DRIAS (Météo-France, 2024).

3. Analyse du climat du site

INDICATEURS DE TEMPÉRATURE

La température est l'un des paramètres les plus importants pour le suivi des évolutions climatiques. Il permet de suivre l'ampleur du changement climatique ainsi que son rythme. Ces évolutions peuvent impacter particulièrement la fonctionnalité des milieux, la répartition et la phénologie des espèces ainsi que les activités humaines.

► **Température moyenne**

La température moyenne journalière correspond à la température moyenne enregistrée sur une période de 24 heures. Cet indicateur correspond à la moyenne des températures journalières sur une période donnée.

Evolution récente

Les données de la station de la Capelière sur la période **1995-2024** donnent une température moyenne annuelle de 15,2 °C. Le mois le plus froid est janvier avec 7,1 °C en moyenne, et juillet est le plus chaud avec 23,9 °C en moyenne.

Sur la période climatique précédente **1965-1994**, la température moyenne annuelle à la Capelière était de 14,2 °C ; de 6,5 °C en janvier à 22,8 °C en juillet. La température moyenne a donc augmenté d'environ d'1 °C en 30 ans. Cela correspond aux données régionales qui donnent une **augmentation des températures** d'environ 0,3 °C par décennie en Provence-Alpes-Côte d'Azur depuis 1960. A l'échelle saisonnière, le réchauffement est plus intense en été, avec +0,4 à +0,6 °C par décennie (GREC-PACA, 2017). Depuis les années 1980, cette tendance s'est accélérée, avec des écarts de plus en plus marqués par rapport à la moyenne de référence. Ainsi, en 60 ans, la température moyenne annuelle a augmenté de +1.5 °C (Météo-France, 2025a).

Projections futures

Quel que soit le scénario ou le modèle étudié, l'augmentation des températures se poursuivra dans le futur. Selon les projections, une hausse de **+1,6 °C** (dans le cas d'émissions modérées) à **+2,3 °C** (émissions non réduites) **est attendue d'ici 2050**. Cette augmentation sera encore plus forte **d'ici 2100**, avec une élévation de l'ordre de **+2 à +4 °C** en fonction des scénarios d'émissions, soit jusqu'à 19 °C en moyenne sur l'année. Il est intéressant de noter qu'à l'horizon 2100, les températures moyennes pourraient atteindre les températures maximales actuelles, ce qui témoigne de l'intensification du phénomène de réchauffement. Cette hausse devrait être **plus marquée en été et en automne**, avec des températures moyennes estivales pouvant atteindre 28 °C d'ici la fin du siècle selon certains modèles, contre 23 °C actuellement.

Tableau 1 – Projections de l'évolution des températures moyennes sur la RNN de Camargue
(source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles)

Température moyenne (°C)						
Période	Scénario	Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
		Valeur de référence	Ecart à la référence	Valeur projetée	Ecart à la référence	Valeur projetée
Année	RCP 4.5	15,1	+ 1,6	16,7	+ 2,0	17,1
	RCP 8.5		+ 2,3	17,4	+ 3,9	19,0
Eté	RCP 4.5	23,2	+ 1,9	25,1	+ 2,3	25,5
	RCP 8.5		+ 2,5	25,8	+ 4,4	27,7

► Température minimale

La température minimale journalière correspond à la température la plus basse enregistrée sur 24 heures. Cet indicateur correspond à la moyenne des températures minimales journalières sur une période donnée.

Cet indicateur fournit une vision complémentaire à celle des températures moyennes et maximales, en permettant notamment de visualiser les extrêmes climatiques et l'amplitude thermique quotidienne.

Evolution récente

Globalement, les températures minimales ont suivi une tendance de réchauffement similaire à celle des températures moyennes, avec une augmentation particulièrement marquée depuis les années 1980.

Projections futures

Cette tendance devrait se poursuivre jusqu'à la fin du siècle. Selon les projections futures, une hausse de **+1,6 à +2,3 °C** est attendue **d'ici 2050** et **+2 à +4 °C d'ici 2100**. Il est également intéressant de noter qu'à l'horizon 2100, les températures minimales pourraient correspondre aux températures moyennes actuelles, ce qui témoigne de l'intensification du phénomène de réchauffement. Cette évolution affectera toutes les saisons mais sera **particulièrement marquée en été**.

Tableau 2 – Projections de l'évolution des températures minimales sur la RNN de Camargue
(source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles)

Température minimale (°C)						
Période	Scénario	Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
		Valeur de référence	Ecart à la référence	Valeur projetée	Ecart à la référence	Valeur projetée
Année	RCP 4.5	11,0	+ 1,6	12,6	+ 2,0	13,0
	RCP 8.5		+ 2,3	13,3	+ 3,8	14,8

► Température maximale

La température maximale journalière correspond à la température la plus haute enregistrée sur 24 heures. Cet indicateur correspond à la moyenne des températures maximales journalières sur une période donnée.

Cet indicateur fournit une vision complémentaire à celle des températures moyennes et minimales, en permettant notamment de visualiser les extrêmes climatiques et l'amplitude thermique quotidienne.

Evolution récente

Globalement, les températures maximales ont suivi une tendance de réchauffement similaire à celle des températures moyennes, avec une augmentation particulièrement marquée depuis les années 1980.

Projections futures

Cette tendance devrait également se poursuivre jusqu'à la fin du siècle. Selon les projections futures, une hausse de **+1,7 à +2,3 °C** est attendue **d'ici 2050** et **+2 à +4 °C d'ici 2100**. Ce réchauffement affectera toutes les saisons mais sera **particulièrement marqué en été**.

Tableau 3 – Projections de l'évolution des températures maximales sur la RNN de Camargue
(source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles)

Température maximale (°C)						
Période	Scénario	Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
		Valeur de référence	Ecart à la référence	Valeur projetée	Ecart à la référence	Valeur projetée
Année	RCP 4.5	19,1	+ 1,7	20,8	+ 2,0	21,2
	RCP 8.5		+ 2,3	21,4	+ 4,0	23,1

► Jours de forte chaleur

Le nombre de jours de forte chaleur correspond au nombre de jours où la température maximale quotidienne dépasse 35 °C.

Evolution récente

Les données disponibles ne nous renseignent pas sur le nombre de jours de forte chaleur à la Capelière ou à la Tour du Valat, ou leur évolution passée ou récente. On sait toutefois , grâce aux modélisations disponibles sur DRIAS, que sur la période 1976-2005 (période de référence), **les journées de forte chaleur** (pour lesquelles la température maximale dépasse 35 °C) **étaient rares** (en moyenne 0,6 jour par an) (Météo-France, 2024).

En complément, la fiche climatologique de la station de la Tour du Valat nous renseigne sur le **nombre de jours chauds**, c'est-à-dire où la température maximale quotidienne dépasse 30 °C. Cela représentait en moyenne 38 jours par an entre 1991 et 2020, dont 30 jours en moyenne sur juillet-août (Météo-France, 2023).

Projections futures

Selon les projections futures, **les jours où la température dépasse 35 °C devraient devenir fréquents en été**. Le printemps et le début de l'automne pourraient également connaître quelques journées de forte chaleur. Ainsi, **d'ici 2050**, le nombre de journées de forte chaleur pourrait atteindre **4 à 8 jours en moyenne**. **D'ici 2100**, ce nombre pourrait augmenter **pour atteindre 6 à 20 jours en moyenne**, et donc encore plus certaines années.

Les modélisations proposées par l'ensemble de modèles DRIAS-2020 ne proposent pas de projections futures pour l'indicateur du nombre de **jours chauds** (dépassant 30 °C). Toutefois, l'augmentation des températures impliquera *de facto* une hausse du nombre de jours concernés, particulièrement pendant et autour de la période estivale, où ils devraient devenir la norme.

Tableau 4 – Projections de l'évolution du nombre de jours de forte chaleur sur la RNN de Camargue
(source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles)

Nombre de jours de forte chaleur (jours)						
Période	Scénario	Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
		Valeur de référence	Ecart à la référence	Valeur projetée	Ecart à la référence	Valeur projetée
Année	RCP 4.5	0,6	+ 4,1	4,7	+ 5,6	6,2
	RCP 8.5		+ 7,2	7,8	+ 19,3	19,9

► Nuits tropicales

Les nuits tropicales correspondent aux jours (24 heures) pour lesquels la température minimale ne descend pas en dessous de 20 °C.

Evolution récente

Depuis 1920, la station météorologique de Marseille-Marignane, enregistre une **augmentation du nombre de nuits tropicales par an**. Ces dernières concernent principalement les mois de juin à septembre, exceptionnellement mai et octobre (Infoclimat, 2025). D'après les modélisations de l'ensemble DRIAS-2020, il y aurait en moyenne 30 nuits tropicales par an à la Réserve de Camargue sur la période de référence (1976-2005), uniquement l'été, très majoritairement en juillet et août (Météo-France, 2024).

Projections futures

Selon les projections futures, **quel que soit le scénario étudié, cette tendance devrait s'accroître** dans le futur. Dans le scénario d'émissions **RCP 4.5**, le nombre de nuits tropicales devrait **doubler d'ici 2050** pour atteindre 63 jours en moyenne, **puis rester stable** avec 67 nuits tropicales par an à l'horizon 2100. Dans ce scénario, l'essentiel des nuits tropicales a lieu en juillet et août, accompagné de quelques jours en juin et en septembre. Dans le scénario **RCP 8.5**, le nombre de nuits tropicales est **multiplié par 2,5 à moyen terme** (73 jours à l'horizon 2050), et **par 3,5 à long terme** (99 jours à l'horizon 2100). La température minimale en juillet et août ne descendrait alors presque plus sous les 20 °C la nuit, et une bonne partie des mois de juin et septembre serait aussi concernée, avec même quelques nuits tropicales dès le mois de mai.

Tableau 5 – Projections de l'évolution du nombre de nuits tropicales sur la RNN de Camargue
(source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles)

Nombre de nuits tropicales (jours)						
Période	Scénario	Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
		Valeur de référence	Ecart à la référence	Valeur projetée	Ecart à la référence	Valeur projetée
Année	RCP 4.5	30	+ 33	63	+ 37	67
	RCP 8.5		+ 43	73	+ 69	99

► Jours de gel

Le nombre de jours de gel correspond au nombre de jours durant lesquels la température minimale quotidienne est descendue à 0 °C ou en-dessous.

Evolution récente

La fiche climatologique de la station de la Tour du Valat indique une moyenne de **19,3 jours de gel** sur la période **1991-2020**. Ils concernent les mois de novembre à mars, mais sont concentrés à plus de 80 % sur

l'hiver (décembre-janvier-février). Cet indicateur est très variable d'une année sur l'autre. Sur les 60 dernières années, en cohérence avec l'augmentation des températures, **le nombre annuel de jours de gel a diminué** (Météo-France, 2025a).

Projections futures

Selon les projections futures, **cette tendance devrait se poursuivre** dans le futur. **D'ici 2050**, le nombre de jours de gel devrait descendre à environ **5 par an** en moyenne, quel que soit le scénario étudié. Dans le scénario RCP 4.5, cet indicateur reste ensuite stable dans la seconde moitié du siècle. Dans le scénario RCP 8.5, le nombre de jour de gel pourrait continuer à diminuer jusqu'à atteindre une moyenne de **1 jour de gel par an à la fin du siècle**.

Tableau 6 – Projections de l'évolution du nombre de jours de gel sur la RNN de Camargue
(source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles)

Nombre de jours de gel (jours)						
Période	Scénario	Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
		Valeur de référence	Ecart à la référence	Valeur projetée	Ecart à la référence	Valeur projetée
Année	RCP 4.5	14	- 8	6	- 9	5
	RCP 8.5		- 9	5	- 13	1

INDICATEURS DE PRÉCIPITATION

Les précipitations sont l'un des paramètres les plus importants pour le suivi des évolutions climatiques. Elles impactent, directement et indirectement, la fonctionnalité des milieux, la répartition et la phénologie des espèces ainsi que les activités humaines.

Contrairement aux températures, l'évolution future des précipitations présente des incertitudes importantes. Cela s'explique par leur forte variabilité, aussi bien dans le temps que dans l'espace, et par leur dépendance à des phénomènes atmosphériques non linéaires, susceptibles de générer des événements extrêmes, violents et très localisés. Ces caractéristiques rendent leur modélisation climatique particulièrement complexe.

► Cumul des précipitations

Le cumul des précipitations correspond à la somme des précipitations liquides et solides pour une période donnée. Il se mesure en hauteur d'eau (en mm).

Evolution récente

La hauteur de précipitations annuelles à la Réserve de Camargue est plutôt faible : **558 mm en moyenne pour la période 1995-2024** (données de la station météorologique de la Capelière). Cependant, le régime pluviométrique est caractérisé par une **grande variabilité interannuelle**, avec des cumuls annuels compris entre 214 mm (2023) et 955 mm (1969). Il pleut généralement le plus en automne (86 mm en moyenne en novembre) et le moins en été (14 mm en moyenne en juillet).

Depuis 1960, **le cumul annuel de précipitations ne présente pas de tendance marquée**. Les relevés de la station météorologique de la Capelière suggèrent une légère baisse des précipitations annuelles, avec un cumul moyen de **604 mm** sur la période de 30 ans précédente **1965-1994**. Mais cette évolution reste très faible (-7,6 %), marquée par une forte variabilité interannuelle, y compris d'une décennie à l'autre. A l'échelle saisonnière on note que **les précipitations hivernales**, et dans une moindre mesure **estivales et printanières**, **ont baissé** entre les périodes 1965-1994 et 1995-2024 (de 10 à 25 %). A l'inverse, **les cumuls**

automnaux ont augmenté de 9 % dans le même temps. On notera aussi qu'une partie des précipitations d'octobre semble s'être **décalée à novembre** en quelques décennies (103 mm en octobre et 54 mm en novembre en moyenne sur la période 1965-1994 contre 76 mm en octobre et 86 mm en novembre sur la période 1995-2024).

Projections futures

La forte variabilité des précipitations rendant leur modélisation complexe, **les projections climatiques futures sont très incertaines**, avec des modèles climatiques aux résultats souvent contradictoires. Pour rappel, les chiffres présentés dans le tableau ci-dessous sont des projections moyennes (annuelles ou saisonnières) issues de la médiane des modèles climatiques proposée directement dans DRIAS. Il est donc possible que les précipitations réelles futures présentent des évolutions plus marquées, dans un sens ou l'autre, sans qu'on puisse les prédire plus précisément. Il est en revanche assez certain que **les précipitations resteront très variables** d'une année à l'autre.

Sur l'ensemble de l'année, aucune tendance marquée ne se dégage. A moyen terme comme à long terme, quel que soit le scénario, les précipitations devraient augmenter légèrement en janvier-février et octobre-novembre, et diminuer faiblement de mai à septembre et en décembre. Les projections sont encore plus incertaines en mars et avril. Ces évolutions mensuelles ne sont pas forcément homogènes par saison, ce qui explique les résultats saisonniers mitigés présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7 – Projections de l'évolution des cumuls de précipitations sur la RNN de Camargue
(source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles)

Cumul de précipitations (mm)						
Période	Scénario	Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
		Valeur de référence	Ecart à la référence	Valeur projetée	Ecart à la référence	Valeur projetée
Année	RCP 4.5	548	- 17	531	+ 43	591
	RCP 8.5		+ 18	566	+ 8	556
Hiver	RCP 4.5	134	+ 10	144	+ 24	158
	RCP 8.5		+ 15	149	+ 13	147
Printemps	RCP 4.5	129	- 12	118	- 5	124
	RCP 8.5		+ 2	131	- 14	115
Eté	RCP 4.5	61	- 8	53	- 6	55
	RCP 8.5		- 10	51	- 18	43
Automne	RCP 4.5	222	- 6	216	+ 12	234
	RCP 8.5		+ 14	236	+ 11	233

► Jours de pluie

Le nombre de jours de pluie est le nombre de jours d'une période donnée où les précipitations quotidiennes sont supérieures ou égales à 1 mm.

Evolution récente

La fiche climatologique de la station de la Tour du Valat indique une moyenne de **54,3 jours de pluie par an** sur la période **1991-2020**, allant de 2 jours de pluie en moyenne en juillet à 7 jours en moyenne en novembre (Météo-France, 2023). Les précipitations étant caractérisées par une **grande variabilité interannuelle** en Camargue, ces moyennes peuvent être assez éloignées des valeurs observées certaines années.

Projections futures

Les projections climatiques nous montrent que le nombre de jours de pluie devrait **rester globalement stable dans le futur ou baisser légèrement**. A moyen terme, quel que soit le scénario, on devrait perdre en moyenne 2,6 jours de pluie (soit -4,4 %). A long terme, l'évolution est un peu plus incertaine : dans le cas du scénario RCP 4.5, le nombre de jours de pluie resterait stable dans la seconde moitié du siècle ; dans le cas du scénario RCP 8.5, il diminuerait de 8 % sur la fin du siècle, du printemps à l'automne.

Tableau 8 – Projections de l'évolution du nombre de jours de pluie sur la RNN de Camargue
(source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles)

Nombre de jours de pluie (jours)						
Période	Scénario	Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
		Valeur de référence	Ecart à la référence	Valeur projetée	Ecart à la référence	Valeur projetée
Année	RCP 4.5	59	- 2,4	56,5	- 1,2	57,6
	RCP 8.5		- 2,8	56,0	- 7,4	51,5

► Précipitations extrêmes

Plusieurs indicateurs donnent des informations sur les précipitations intenses : le nombre de jours de fortes précipitations (≥ 20 mm), les précipitations quotidiennes intenses et extrêmes (90^e et 99^e centiles des précipitations quotidiennes annuelles), le nombre de jours de précipitations extrêmes, etc. On se concentre ici sur deux indicateurs complémentaires :

Le seuil de précipitations extrêmes, ou 99^e centile des précipitations quotidiennes. Il signifie que 99 % des jours de l'année, le cumul quotidien des précipitations est inférieur à ce seuil. Autrement dit, il pleut plus que ce seuil seulement 3 à 4 jours par an en moyenne (1 % des jours de l'année).

Le nombre de jours de fortes précipitations, ou nombre de jours où le cumul quotidien de précipitations atteint ou dépasse 20 mm.

Evolution récente

Météo-France indique que **les épisodes méditerranéens sont plus intenses et deux fois plus nombreux aujourd'hui que dans les années 1960**, malgré une forte variabilité interannuelle (Météo-France, 2025b). Concernant les indicateurs sélectionnés, les données disponibles pour les précipitations passées ne permettent pas de connaître facilement leur évolution récente. Toutefois, les modélisations disponibles dans DRIAS utilisent comme valeur de référence 26,5 mm comme seuil des précipitations extrêmes et 7 jours de fortes précipitations par an (période 1976-2005) (Météo-France, 2024). Autrement dit, à la période de référence, les modèles estiment qu'il pleuvait 20 mm ou plus 7 jours/an en moyenne, dont 3,7 jours avec plus de 26,5 mm de précipitations.

Projections futures

Selon les projections futures, **le seuil de précipitations extrêmes** (99^e centile des précipitations quotidiennes annuelles) **devrait augmenter très légèrement** dans le futur pour atteindre 30 mm en moyenne en fin de siècle (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Cette légère hausse sera continue dans le cas du scénario RCP 8.5 ou plutôt tardive après une stabilité à moyen terme dans le scénario RCP 4.5. Le **nombre de jours de fortes précipitations devrait lui rester stable**, quel que soit le scénario d'émission et l'horizon temporel.

Concrètement, cela signifie que **les jours les plus pluvieux de l'année seront encore un peu plus pluvieux à long terme** (et possiblement aussi à moyen terme, selon le scénario d'émissions de GES). Ces conclusions

concordent avec le fait que l'on peut s'attendre à une **augmentation de l'intensité des événements méditerranéens dans le futur**, en lien avec l'augmentation des températures atmosphériques et de la mer Méditerranée (Météo-France, 2025b).

Tableau 9 – Projections de l'évolution du seuil de précipitations extrêmes sur la RNN de Camargue
(source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles)

Seuil de précipitations extrêmes (mm)						
Période	Scénario	Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
		Valeur de référence	Ecart à la référence	Valeur projetée	Ecart à la référence	Valeur projetée
Année	RCP 4.5	26,5	+ 0,1	26,6	+ 3,1	29,6
	RCP 8.5		+ 2,0	28,5	+ 3,0	29,5

► Périodes de sécheresse

L'indicateur période de sécheresse recense le nombre maximum de jours consécutifs sans pluie sur une période donnée (mois, saison, année), c'est-à-dire pour lesquels les précipitations quotidiennes sont inférieures à 1 mm. Il informe donc sur la sécheresse météorologique (et pas la sécheresse du sol directement, bien que ces phénomènes soient liés).

Evolution récente

D'après les modélisations de DRIAS sur la période de référence (1976-2005), la plus longue période de sécheresse de l'année durait en moyenne 42 jours (Météo-France, 2024). Les modélisations mensuelles nous montrent que les périodes de sécheresse sont en moyenne plus longues d'environ une semaine l'été que le reste de l'année.

Projections futures

Selon les projections futures, **dans le scénario RCP 4.5, la durée de la plus longue sécheresse de l'année ne devrait pas évoluer d'ici 2050**. Dans le scénario RCP 8.5 en revanche, on attend un allongement continu de quelques jours pour les plus longues sécheresses, particulièrement sur la période d'avril à octobre.

Tableau 10 – Projections de l'évolution de la durée des plus longues périodes de sécheresse sur la RNN de Camargue
(source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles)

Durée de la plus longue période de sécheresse (jours)						
Période	Scénario	Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
		Valeur de référence	Ecart à la référence	Valeur projetée	Ecart à la référence	Valeur projetée
Année	RCP 4.5	42	+ 1	43	+ 1	43
	RCP 8.5		+ 4	46	+ 9	51

AUTRES PARAMÈTRES CLIMATIQUES

D'autres indicateurs que les températures et les précipitations peuvent être pertinents pour comprendre le climat local et ses impacts sur les différentes composantes de la réserve naturelle.

► Evapotranspiration potentielle

L'évapotranspiration potentielle (ETP) est la somme de la transpiration du couvert végétal et de l'évaporation théorique du sol. Cependant, l'évapotranspiration potentielle est calculée pour une végétation basse et homogène

(type gazon), elle ne prend pas en compte la variabilité liée au type de sol et de la végétation (Allen et al., 1998). De plus, du fait qu'elle soit calculée en conditions non-limitantes, elle a souvent une valeur supérieure à l'évapotranspiration réelle. L'indicateur ETP représente un cumul de l'évapotranspiration potentielle quotidienne sur une période donnée.

Evolution récente

D'après les modélisations de DRIAS sur la période de référence (1976-2005), l'évapotranspiration potentielle était en moyenne de 1104 mm par an (Météo-France, 2024). L'ETP dépend de nombreux paramètres du climat, dont la température, et **fluctue donc fortement selon les saisons**. Les modélisations mensuelles donnent des cumuls allant de 35 mm en décembre à 171 mm en juillet. Dépendant directement des températures, qui ont augmenté durant les dernières décennies, **l'évapotranspiration potentielle augmente globalement**.

Projections futures

Les projections climatiques futures indiquent que **le cumul d'évapotranspiration potentielle augmentera tout au long de l'année**, et particulièrement de mai à septembre. A moyen terme, le cumul annuel d'ETP devrait avoir augmenté d'environ 7 à 9 %. A long terme, il pourrait se stabiliser dans le scénario RCP 4.5 ou continuer d'augmenter dans le scénario RCP 8.5. Cette évolution **aggraverait donc le déficit hydrique** global, accentuant notamment les **processus de salinisation** des sols et des eaux superficielles.

Tableau 11 – Projections de l'évolution du cumul d'évapotranspiration potentielle sur la RNN de Camargue
(source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles)

Evapotranspiration potentielle (mm)						
Période	Scénario	Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
		Valeur de référence	Ecart à la référence	Valeur projetée	Ecart à la référence	Valeur projetée
Année	RCP 4.5	1104	+ 81	1185	+ 83	1187
	RCP 8.5		+ 102	1206	+ 176	1280

► Vent

Plusieurs indicateurs se rapportent à l'analyse du vent : vitesse journalière, nombre de jours sans vent, nombre de jours de vents forts... Il est cependant établi que les tendances sur le vent sont difficiles à apprécier (GREC-PACA, 2016). On présente donc ici quelques éléments dont on dispose, issus de plusieurs indicateurs différents.

Evolution récente

Le vent est une caractéristique importante du climat camarguais, puisqu'il est présent près de 200 jours par an en Camargue. Les vents sont souvent violents en raison de la position de la Camargue au débouché du couloir rhodanien. Les vents dominants (mistral et tramontane) sont de secteur Nord (40 %) et Nord-Ouest (20 %). Ce sont des vents froids et secs qui entraînent une diminution de la température de l'air, de l'hygrométrie et de la nébulosité. Les vents de Sud-Est (marin, environ 14 %) ont un effet inverse sur l'hygrométrie et la nébulosité (Coez et al., 2016). Les pourcentages ci-dessus correspondent à la répartition du vent par direction selon les données Météo-France de la station météorologique de la Tour du Valat de 2002 à 2010.

D'après la fiche climatologique de la station Tour du Valat, la vitesse du vent était de 17 km/h en moyenne sur la période 1991-2020. Des rafales allant à plus de 100 km/h sont mesurées en moyenne 4,7 jours par an à la même période. Les vents forts soufflent **plutôt en hiver et au début du printemps, de novembre à**

avril. Le nombre de jours avec des rafales à plus de 58 km/h va en moyenne de 5,3 jours au mois d'août à 11,8 jours au mois de mars, pour une moyenne annuelle de 105 jours.

Les tendances passées sur le vent sont difficiles à apprécier, notamment du fait d'un changement global de la méthode de mesure du vent par Météo-France dans les années 1990. Le GREC-Sud indique néanmoins que **l'évolution de la fréquence des vents forts n'est pas significative sur la période 1974-2014** (GREC-PACA, 2016).

Projections futures

Comme précisé précédemment, il est établi (GREC-PACA, 2016), que les tendances sur le vent sont difficiles à apprécier. Aussi, les modélisations de ce paramètre climatique sont très complexes et encore peu significatives actuellement. Le choix est donc fait dans le présent rapport de ne pas utiliser de projections futures d'indicateurs du vent mais de traiter cet élément en posant une **hypothèse de travail selon laquelle ce paramètre ne va pas évoluer de manière significative dans le futur, au-delà de sa variabilité intrinsèque**. Il est possible que cette hypothèse soit par la suite réfutée par de nouvelles modélisations ou par les mesures réelles du vent dans le futur ; il faudra alors envisager les modifications que cela provoquerait sur le reste de l'analyse.

PARAMÈTRES MARINS

► Niveau marin

Evolution récente

La hausse du niveau de la mer s'est **accélérée fortement depuis les années 1960**, pour atteindre une élévation de 3,7 mm/an en moyenne à l'échelle mondiale sur la période 2006-2018, alors qu'elle était de 1,3 mm/an entre 1901 et 1971 (GIEC, 2021). « *Une augmentation de 7 cm du niveau de la mer est déjà observée au droit du puits de la Fourcade (Saintes-Maries-de-la-Mer) en 20 ans environ, ce qui est conforme aux observations du GIEC.* » (SYMADREM, 2023a, données SNPN RNNC).

Projections futures

La hausse du niveau moyen de la mer **va continuer à s'accroître** au cours du 21ème siècle et au-delà. D'après les travaux du GIEC, en Méditerranée, l'élévation du niveau marin par rapport au niveau moyen de 1995-2014 sera **d'environ 20 cm d'ici à 2050**. A l'horizon 2100, les résultats des projections dépendent fortement du scénario d'émissions de GES et des modèles. **La hausse mondiale probable atteindrait ainsi 44 à 76 cm dans le cas du scénario intermédiaire, et de 63 cm à 1 mètre dans le cas du scénario d'émissions très élevées** (toujours par rapport à 1995-2014). Une élévation du niveau de la mer encore plus importante (approchant 2 m d'ici à 2100 à l'échelle mondiale) ne peut être exclue en raison de l'incertitude profonde liée aux processus des calottes glaciaires (Masson-Delmotte *et al.*, 2021).

La hausse du niveau marin, via le biseau salé, aggraverait probablement le phénomène de **salinisation des sols**, et modifierait l'hydrogéologie du delta en impactant les nappes souterraines.

► Submersions marines

Les phénomènes de submersion marine dépendent de nombreux facteurs, dont les conditions de pression atmosphérique, qui influencent la surcote, la houle (directement liée au vent), le niveau moyen de la mer (qui joue également sur la vulnérabilité des ouvrages littoraux), etc.

Les tempêtes regroupent ainsi un ensemble de conditions favorables à la survenue des submersions marines. Or le réchauffement climatique pourrait entraîner une modification de la circulation atmosphérique, de l'intensité et de la direction des vents, et des trajectoires des tempêtes. Mais les études actuelles ne permettent pas de mettre en évidence une tendance future notable (ONERC, 2018). Le SYMADREM estime tout de même qu'une tempête qualifiée de centennale en 2022 sera 3 fois plus

fréquente en 2050, et aura une occurrence entre 5 à 10 ans à l'horizon 2100 sur le littoral du Delta du Rhône (SYMADREM, 2024).

On estime alors à 99 % le risque d'avoir des entrées d'eau massives par submersion marine dans le grand delta du Rhône avant 2050 et à 65 % avant 2030 (SYMADREM, 2024). De plus, l'élévation du niveau de la mer (décrite ci-dessus) va aggraver la récurrence des phénomènes de submersion marine à l'avenir. Le BRGM a modélisé ce risque pour la Camargue dans une étude de 2017, complétée en 2019 (Paris *et al.*, 2017 ; Elineau *et al.*, 2019). Bien que cette étude ne soit pas assez fine pour tenir compte des effets très localisés des canaux et ouvrages hydrauliques, elle donne une idée des impacts possibles en fonction des conditions et leur récurrence. Enfin, la Camargue s'enfonce légèrement chaque année (phénomène de subsidence), en lien avec l'arrêt d'apports sédimentaires dans le delta (Boyer *et al.*, 2003). Ce phénomène, dont la vitesse est variable au sein du delta, renforce directement les impacts de la hausse du niveau marin et des submersions marines.

Les éléments non climatiques, comme la stratégie littorale du territoire, sont abordés dans le paragraphe sur les facteurs extérieurs (p. 34). En considérant l'ensemble des éléments à notre disposition au moment de la rédaction du présent diagnostic, l'hypothèse retenue concernant le risque de submersion marine sur la Réserve de Camargue est la suivante : **à court et moyen terme, des submersions marines ponctuelles de plus en plus fréquentes et étendues surviendront**. D'ici à la fin du siècle, ces submersions marines connecteront une partie du site avec la mer, et toucheront de plus en plus souvent des surfaces de plus en plus importantes, **jusqu'à la marinisation et submersion pérenne**.

► Érosion côtière

Evolution récente

La reforestation du bassin versant du Rhône à la fin du XIXe siècle et la mise en place de barrages hydro-électriques le long du fleuve dans les années 1950 ont entraîné une **diminution des apports sédimentaires** par le fleuve. Le déficit sédimentaire est accentué par la déperdition des sédiments vers le large. Ces phénomènes induisent ainsi un recul du trait de côte sur 76 % du littoral entre le Grau-du-Roi et Port-Saint-Louis-du-Rhône, malgré la présence d'ouvrages de protection sur 50 km de côte. (SYMADREM, 2023b)

Le trait de côte du littoral camarguais est suivi à la Réserve de Camargue depuis 1999. Ce suivi local concorde avec l'indicateur national de l'érosion côtière (Cerema, 2015), qui montre que le littoral camarguais est soumis à **l'érosion** à l'Ouest, de l'embouchure du Petit Rhône jusqu'au droit du chemin des Douanes au centre de la réserve, et à de **l'accrétion** à l'Est, jusqu'à la pointe de Beauduc. Les différentes zones du littoral de la réserve ne sont donc pas concernées par les mêmes phénomènes. De plus, l'érosion comme l'accrétion s'aggravent et s'accroissent sur la période récente par rapport à la fin du XIXe siècle.

Projections futures

Plusieurs facteurs influencent le phénomène d'érosion littorale : les tempêtes, les submersions, l'élévation du niveau marin, la morphologie de la côte, etc. L'évolution future de certains de ces paramètres (hausse du niveau marin, du risque de tempête et de submersion marine notamment) laisse à penser que **le recul du trait de côte risque de s'aggraver** là où il est déjà en cours (partie Ouest du littoral de la RNNC). Le recul envisagé pourrait par exemple atteindre 100 à 300 m (selon la méthode de calcul) en 2050 et 300 à 700 m en 2100 pour la plage Est des Saintes-Maries-de-la-Mer (SYMADREM, 2022). Concernant les zones en accrétion, notamment la pointe des Sablons à Beauduc, la baisse globale des apports sédimentaires dans le delta devrait continuer de réduire leur taux d'accrétion. En parallèle, la hausse du niveau marin, toujours plus rapide, aggravera le phénomène de recul du trait de côte. Le littoral de la Réserve de Camargue devrait donc continuer d'être concerné par un recul de plus en plus marqué du trait de côte à l'Ouest, et une accrétion limitée à l'Est.

PARAMÈTRES HYDROLOGIQUES

Le système hydrologique du Vaccarès est directement lié au fonctionnement du delta de Camargue. En effet, en présence de digues au Rhône et à la Mer empêchant le fonctionnement naturel du delta, c'est le réseau complexe d'irrigation par pompage et gravitaire au Rhône et de drainage qui permet l'apport d'eau douce dans l'étang du Vaccarès. Ce fonctionnement est donc directement lié à la ressource en eau douce que représente le Rhône jusqu'à son embouchure.

► Débit et salinité du Rhône

En conséquence des changements du climat déjà observables depuis plusieurs décennies, « *les débits d'étiage moyens du Rhône ont diminué ces 60 dernières années, de 7 % à la sortie du lac Léman et de 13 % à Beaucaire, en Camargue, entre 1960 et 2020. Et les projections climatiques estiment **une baisse de l'ordre de 20 % supplémentaires des débits moyens d'été à Beaucaire dans les 30 prochaines années.*** » (Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 2023). De plus, la part d'eau prélevée dans le fleuve « *a déjà pu dépasser les 30 %* » de son volume d'écoulement, mais « *cette situation rarement observée (2 années sur 30) pourrait devenir fréquente dans les prochaines décennies (6 années sur 30), et certaines années dépasser les 40 %.* » (Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 2023). Toutefois ces données concernent les débits d'étiages et donc la période estivale, voire printanière lors de sécheresses exceptionnelles. En revanche, concernant l'effet du réchauffement climatique sur les crues, « *les incertitudes sont importantes. Les différentes études menées à ce sujet ne font pas consensus.* » (SYMADREM, 2023c).

Le phénomène d'intrusion d'eau marine dans le lit d'un fleuve est appelé **coin salé**. Plusieurs facteurs influencent la remontée du coin salé dans le fleuve : le débit du Rhône (plus il est faible, plus le risque d'intrusion saline est important), la durée des bas débits, la direction et l'intensité du vent, le niveau de la mer, etc. L'évolution projetée des débits (présentée ci-dessus) et l'accélération de la hausse du niveau marin engendrent donc **une nette augmentation du risque d'intrusion saline dans le Rhône avec le temps**, en particulier en période d'étiage. Or, la remontée du coin salé dans l'embouchure du fleuve peut compromettre certains usages, et notamment le prélèvement d'eau pour usage agricole (rizières principalement) (BRLi, 2022).

Et la salinisation ?

Bien que ce ne soit pas un paramètre climatique à proprement parler, la salinisation est un vrai enjeu en Camargue, directement lié aux impacts directs et indirects du climat. Les informations essentielles à retenir, issues du mini-guide sur la salinisation réalisé par France Nature Environnement Occitanie-Méditerranée (FNE OcMed, 2025), sont exposées ici.

- **Qu'est-ce que la salinisation ?**

L'augmentation, temporaire ou permanente, de la teneur en sel d'un sol, d'une eau superficielle ou souterraine.

- **Quels mécanismes sont à l'origine de la salinisation ?**

L'avancée du biseau/coin salé : la montée du niveau de la mer ou la survenue d'un déficit en eau douce entraînent un déplacement du biseau salé vers l'intérieur des terres, que ce soit dans les eaux superficielles (dans le Rhône par exemple) ou souterraines, et en conséquence une salinisation des sols et des nappes.

La submersion marine : la submersion par l'eau salée entraîne une salinisation des sols et des eaux douces superficielles. A terme, ces submersions salinisent durablement les sols et les nappes.

L'augmentation de l'évaporation : si les volumes d'eau perdus par évaporation (et évapotranspiration) ne sont pas compensés par des entrées d'eau douce, la concentration en sels (et donc la salinité du plan d'eau) augmente.

Les pollutions anthropiques non agricoles, comme les anciennes salines, ont progressivement et durablement salinisé les sols. C'est par exemple le cas de la Saline et la Baisse des courlis, deux lagunes du domaine de la Tour du Valat.

Les forages et pratiques agricoles : l'irrigation répétée avec de l'eau même faiblement salée ou l'usage excessif de fertilisants minéraux peuvent favoriser l'accumulation de sel dans les sols des parcelles. Les prélèvements trop importants en zone littorale peuvent favoriser l'avancée du biseau salé, et des forages mal réalisés peuvent mettre en contact des masses d'eau naturellement séparées, entraînant la salinisation des plus douces.

- **Quels peuvent être les impacts de la salinisation ?**

Les impacts sur la réserve naturelle sont évoqués dans la suite de ce document, mais voici déjà quelques impacts possibles de la salinisation :

Ecosystèmes côtiers et aquatiques : modification de la biodiversité et perte de certaines fonctions écologiques suite à la salinisation de l'eau douce ou saumâtre.

Plantes terrestres : arrêt de la croissance, voire mort de la plante, à cause du stress osmotique (ne peut plus absorber l'eau du sol salinisé) ou du stress ionique (absorption des sels du sol).

Usages humains : impossibilité de prélever de l'eau douce pour des usages agricoles, industriels, ou de consommation d'eau potable quand l'eau est trop salée.

4. Synthèse des projections climatiques

Quel que soit le scénario ou le modèle étudié, **l'augmentation des températures** se poursuivra dans le futur : entre +1,6 et +2,3 °C d'ici 2050, et entre +2 et +4,4 °C d'ici 2100. Ce réchauffement devrait être plus marquée en été et en automne, avec des températures moyennes estivales pouvant atteindre 28 °C d'ici 2100, contre 23 °C actuellement. Les températures minimales et maximales suivront une tendance similaire. Les jours où la température dépasse 35 °C devraient devenir fréquents en été, et déborder sur le printemps et le début de l'automne, entraînant des vagues de chaleur plus fréquentes et plus longues. Il en va de même pour les nuits tropicales, qui devraient être 2 à 2,5 fois plus fréquentes d'ici 2050, et toucher également les mois de mai et septembre. Les **épisodes de chaleur intense** seront ainsi prolongés et intensifiés, et la période estivale étendue. Dans ce contexte de réchauffement, **l'augmentation de l'évapotranspiration potentielle**, particulièrement marquée à l'horizon 2100, **devrait accentuer le stress hydrique et favoriser la salinisation**.

Concernant les précipitations, les projections demeurent très incertaines en raison des divergences entre les modèles climatiques liées à leur **grande variabilité interannuelle**, ce qui rend difficile l'identification de tendances nettes. Si le cumul annuel ne semble ainsi pas évoluer de manière significative, les modélisations climatiques suggèrent **une légère augmentation en octobre-novembre et janvier-février, et une légère diminution de mai à septembre**. De plus, le nombre de jours de pluie devrait rester globalement stable dans le futur ou diminuer légèrement, et les jours les plus pluvieux de l'année seront encore plus pluvieux à long terme. Ainsi, en lien avec l'augmentation des températures, on peut s'attendre à une **intensification des épisodes méditerranéens** dans le futur, en particulier en fin d'automne et début d'hiver, et à un léger allongement des périodes de sécheresse.

En résumé, ces projections suggèrent une évolution vers **des automnes plus tardifs, des hivers plus doux et humides**, tandis que les **étés seront précoces, plus secs, plus intenses et plus longs**.

En parallèle de ces éléments climatiques, **le niveau marin continuera d'augmenter fortement**, plus ou moins rapidement selon les scénarios, entraînant la remontée du biseau salé dans le delta. L'augmentation de la fréquence des tempêtes devraient conduire à **des phénomènes de submersion marine de plus en plus fréquents et importants en Camargue**, dès le court terme, aggravés par le niveau marin élevé et la subsidence du delta. Le **recul du trait de côte** devrait également se poursuivre sur la partie Ouest du littoral de la réserve. Ces phénomènes **accentueront le processus de salinisation** des sols et eaux superficielles et souterraines.

Enfin, concernant l'eau du Rhône, les incertitudes importantes ne permettent pas de conclure à une évolution des crues du fleuve. En revanche, les projections climatiques estiment **une baisse de l'ordre de 20% supplémentaires des débits moyens d'été à Beaucaire dans les 30 prochaines années**. Cela s'accompagnera d'une **importante remontée du coin salé** dans le Rhône, aggravée par la hausse du niveau marin.

La synthèse des projections du climat futur décrite ci-dessus est également présentée sous-forme de tableau ci-dessous.

Tableau 12 – Synthèse du climat futur sur la RNN de Camargue

	Tendances générales	Indicateur climatique	Période de référence DRIAS (1975-2006)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
				RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
	↗ des températures moyennes, minimales et maximales. Hausse plus importante en été. Allongement de la période estivale.	Température moyenne annuelle et estivale	15,1 °C 23,2 °C	+1,6 °C +1,9 °C	+2,3 °C +2,5 °C	+2,0 °C +2,3 °C	+3,9 °C +4,4 °C
				Mêmes tendances pour les minimales et les maximales			
	↗ du nombre de journées de forte chaleur* principalement en été.	Nombre de jours de forte chaleur*	< 1 jour	+4 jours	+7 jours	+6 jours	+19 jours
	↗ du nombre de nuits tropicales** du printemps à l'automne. Les températures minimales resteraient au dessus de 20°C tout l'été.	Nombre de nuits tropicales**	30 jours	+33 jours	+43 jours	+37 jours	+69 jours
	↘ du nombre de jour de gel. Les jours de gel deviennent encore plus rares, et inexistants certaines années.	Nombre de jours de gel	14 jours	-8 jours	-9 jours	-9 jours	-13 jours
	Forte variabilité interannuelle. Pas d'évolution marquée du cumul annuel. ↗ légère du cumul de précipitations en fin d'automne et hiver. ↘ légère du cumul de précipitations en période estivale étendue.	Cumul annuel Cumul hivernal / estival	548 mm 134 / 61 mm	-17 mm +10 / -8 mm	+18 mm +15 / -10 mm	+43 mm +24 / -6 mm	+8 mm +13 / -18 mm
				Fortes incertitudes concernant les précipitations			
	Relative stabilité à légère baisse du nombre annuel de jours de pluie. Forte variabilité interannuelle.	Nombre de jours de pluie	59 jours	-2 jours	-3 jours	-1 jour	-7 jours
	↗ légère du seuil de précipitations extrêmes***. Le nombre de jours de fortes précipitations**** reste stable. Intensification des épisodes méditerranéens.	Seuil de précipitations extrêmes	26,5 mm	=	+2 mm	+3 mm	+ 3 mm
	↗ légère de la durée des périodes de sécheresse.	Durée de la plus longue sécheresse	42 jours	+1 jour	+4 jours	+1 jour	+9 jours
	↗ du cumul d'évapotranspiration toute l'année.	Evapotranspiration potentielle	1104 mm	+81 mm (+7,3%)	+102 mm (+9,2%)	+83 mm (+7,5%)	+176 mm (+15,9%)
	↗ de plus en plus rapide du niveau marin. ↗ forte du risque de submersion marine. Salinisation des sols et plans d'eau. Recul du trait de côte (érosion côtière) à l'Ouest du littoral.	Niveau marin moyen	Relatif à la moyenne 1995-2014	+20 cm		+44 à +76 cm	+63 à +102 cm
	↘ des débits d'étiage du Rhône. Incertitudes concernant les crues. Risque de salinisation du Rhône en été.	Débits d'étiage du Rhône	Relatif à la moyenne 1960-2020	-20%		-	

*Température maximale > 35°C

**Température minimale > 20°C

***99e centile des précipitations quotidiennes

****Cumul journalier de précipitations > 20mm

IV. Analyse de vulnérabilité

1. Sélection des objets d'analyse

L'ensemble des éléments composant la Réserve naturelle de Camargue ne peut pas être étudié de manière exhaustive dans le cadre de cette démarche. Celle-ci ne constitue pas un projet de recherche complet sur les impacts du changement climatique, mais un cheminement vers une gestion adaptative ; il s'agit d'initier un processus de réflexion continue chez le gestionnaire, fondé sur une vision prospective intégrant les enjeux liés au changement climatique.

Ainsi, la démarche Natur'Adapt propose de sélectionner un nombre restreint d'éléments du site, appelés « objets » et appartenant à 3 composantes : le **patrimoine naturel, les outils et moyens de gestion et les activités socio-économiques**.

Les objets du patrimoine naturel et des moyens de gestion forment une liste d'éléments d'intérêt issue d'une réflexion sur les enjeux et la gestion du site. Les activités socio-économiques dans et autour du site peuvent être en lien avec le patrimoine ou la gestion et/ou représenter des pressions pour l'espace naturel.

Une analyse est ensuite menée sur ces différents objets afin de déterminer leur vulnérabilité (ou opportunité) face au changement climatique. Les composantes peuvent interagir entre elles et sont donc analysées de manière croisée.

CRITÈRES DE SÉLECTION

Les objets d'analyse sélectionnés correspondent aux éléments les plus représentatifs et/ou structurants de l'aire protégée, ou encore à des éléments emblématiques du site et parlants pour les acteurs du territoire.

► *Patrimoine naturel*

Les objets du patrimoine naturel correspondent aux éléments les plus représentatifs ou emblématiques de la réserve naturelle, présentant un enjeu important ou relevant d'une forte responsabilité pour la structure gestionnaire.

Pour la RNN de Camargue, le choix des objets d'analyse du patrimoine naturel s'est fait de manière concertée au sein de l'équipe gestionnaire. Parmi les enjeux identifiés dans le plan de gestion et autres éléments caractéristiques du site, seuls 15 ont été sélectionnés. Les objets choisis, présentés ci-après, relèvent de différentes échelles complémentaires. Certaines espèces ont été choisies comme objet d'analyse car elles présentent un fort intérêt patrimonial pour la réserve, ou sont structurantes pour sa gestion et sa fonctionnalité. Plus largement, certains milieux et habitats sont également pertinents à analyser ici et sont donc sélectionnés.

► *Activités socio-économiques*

Les activités socio-économiques retenues sont celles ayant lieu sur la RNNC ou en périphérie et qui exercent une influence sur le site, son patrimoine naturel ou sa gestion. Certaines sont directement liées au gestionnaire de la réserve, d'autres sont complètement extérieures au site.

► *Outils et moyens de gestion*

Les outils et moyens de gestion sont l'ensemble des actions et moyens permettant la gestion de l'espace naturel. La sélection porte sur ce qui détermine la nature du site (comme la gestion hydraulique), ce qui occupe une grande partie du temps du gestionnaire (comme la surveillance), et ce qui est indispensable à la gestion du site (comme les infrastructures fonctionnelles).

OBJETS D'ANALYSE SÉLECTIONNÉS

Au total, 27 objets d'analyse ont été sélectionnés et sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 13 – Objets d'analyse sélectionnés

Nom de l'objet	Description/Justification sur la RNN de Camargue
Patrimoine naturel	
Mares temporaires méditerranéennes	Les mares sont hétérogènes (plus ou moins salées et longtemps en eau, certaines d'origine anthropique). Elles sont globalement petites et disséminées, notamment dans les secteurs d'Amphise et, dans une moindre mesure, sur certaines montilles au Bois des Rièges.
Lagunes permanentes	Les lagunes restent globalement en eau toute l'année et sont connectées entre elles (plus les niveaux d'eau sont hauts et plus les connexions sont importantes). Le Vaccarès contient une grande masse d'eau, a une salinité plutôt stable et est alimenté en eau douce par le réseau de canaux camarguais et les précipitations. Les étangs inférieurs (Lion et Dame) sont moins profonds, plus petits, avec une salinité plus variable et plus élevée l'été.
Vaccarès : entité paysagère et culturelle	L'étang du Vaccarès est un lieu emblématique de Camargue. Il fait l'objet d'un attachement de la part des habitants du territoire, notamment pour ses paysages et milieux. Chacun sur le territoire le perçoit selon un prisme propre à son passé, ses activités, ses valeurs. Le Vaccarès est la plus vaste lagune de Camargue, en constitue à la fois le thermomètre et réceptacle du delta. Il a une portée symbolique qui pourrait être impactée par les effets du changement climatique. La RNNC, au-delà de ses missions de réserve naturelle, est aussi dépositaire d'une volonté initiale, symbolique et culturelle, de préservation des milieux « sauvages » dont le Vaccarès est le cœur. Il y a donc un enjeu autour des récits du territoire, et un besoin identifié d'intégrer les évolutions des milieux à de nouveaux récits intégrant la culture locale.
Bois des Rièges	Dunes fossiles du littoral (3-4 m de haut maximum) colonisées par une végétation particulière (notamment Genévrier turbiné, peu présent en France) avec des habitats prioritaires. Situé au milieu d'étendues d'eau salée. Alimenté en eau douce par une nappe dunaire rechargée par la pluie, située au-dessus d'une nappe salée. Lieu emblématique de Camargue.
Sansouïres	Habitat arbustif bas se développant sur des sols salés subissant des périodes d'inondations annuelles +/- longues. Il présente différents faciès selon les hydropériodes, la salinité, la topographie, etc. Ce milieu s'étend sur de grandes superficies sur la RNNC.
Pelouses méditerranéennes	Habitat herbacé à la végétation caractéristique, présent sur des milieux « hauts » topographiquement (quelques centimètres peuvent suffire en Camargue). Sur la RNNC, on trouve plusieurs types de pelouses en fonction du substrat : substrat terreux d'origine rhodanienne, anciennes dunes littorales sableuses (Rièges par exemple), ou d'autres substrats d'érosion et apports (sables et coquilles). Une dynamique de colonisation par les ligneux est constatée dans un contexte de régression / absence d'espèces herbivores (lapins, troupeaux domestiques).
Littoral	Caractérisant l'interface terre-mer, le littoral est composé de la plage, des dunes (dont végétation et cortèges faunistiques), et de l'arrière-dune (prés salés, sansouïres). Le cordon dunaire est très étendu à l'échelle du littoral

	méditerranéen français, mais pas continu (massifs dunaires distincts aux caractéristiques différentes). La moitié de la plage en accrétion, l'autre moitié en érosion. Limité au nord par la digue à la mer.
Oiseaux d'eau hivernants	Cortège de canards, foulques, oies, cygnes, harle huppé, grèbe huppé et à cou noir. Espèces aux écologies variées (granivores, insectivores, herbivores, ...). Pour certaines les zones de gagnage se situent hors réserve. Les canards trouvent une zone de remise au cœur de la RNNC notamment. Les piscivores fréquentent les lagunes permanentes. Les herbivores sont principalement présents sur l'étang du Vaccarès, en lien avec les herbiers aquatiques présents. L'ensemble du système lagunaire (permanent et temporaire) peut être exploité selon les conditions de mise en eau et les préférences écologiques des différentes espèces.
Laro-limicoles en période de reproduction	Cortège composé d'espèces aux régimes alimentaires et aux écologies variés, qui ont différents usages du site, de mars à juillet. Certaines nichent sur des îlots, avec des niveaux d'eau non gérés (sternes naine et hansel, mouette rieuse). Certaines nichent dans les sansouïres inondées ou sur la plage (échasse blanche, avocette élégante, chevalier gambette, gravelot à collier interrompu). Enfin, certains laro-limicoles utilisent le site pour s'alimenter, et se reproduisent proche de la RNNC (goéland railleur, huitrier pie, mouettes, sternes). Tous les secteurs en eau peuvent être utilisés pour l'alimentation selon les conditions de niveau d'eau et de salinité et les exigences écologiques des espèces.
Flamant rose (<i>Phoenicopterus roseus</i>)	Présence de l'espèce sur la RNNC en alimentation. Pas de reproduction actuellement sur le site (bien qu'à proximité) du fait de l'absence d'un îlot favorable (en particulier suffisamment grand et isolé par les eaux). Certains flamants sont résidents (présents toute l'année) et d'autres migrants. Toutes les zones en eau sont utilisées pour l'alimentation en fonction de la période de l'année et des conditions de niveaux d'eau et salinité.
Anguille européenne (<i>Anguilla anguilla</i>)	Espèce amphihaline qui s'adapte à une grande gamme de conditions mais n'aime pas les eaux trop salées. Elle utilise différents milieux aquatiques (doux, saumâtres et marins) au cours de sa vie, à différents endroits dans le monde, avec d'importants déplacements. Elle a besoin d'une voie d'entrée vers l'hydrosystème puis de sortie vers la mer pour accomplir son cycle de vie. Présence de plusieurs stades de développement dans la RNNC (civelles, anguillettes, anguilles jaunes et argentées).
Poissons de lagune	Plusieurs types d'espèces composent ce cortège. Des espèces marines « migratrices » : présentes sur une période (daurades, soles) ou à l'année (mulets, flet, loup, gobies), nécessitent de franchir les graus à certaines périodes, et des conditions favorables dans les lagunes. Des espèces diadromes (anguille et alose). Des espèces « sédentaires ou euryhalines » : syngnathes, blennies, athérines et autres gobies qui effectuent tout leur cycle de vie dans la lagune. On trouve aussi des espèces d'eau douce issues des canaux de drainage mais elles ne font pas partie des "poissons de lagune".
Lapin de garenne (<i>Oryctolagus cuniculus</i>)	Populations en très fort déclin depuis les années 1950 suite à la myxomatose puis au VHD. Les milieux se sont aussi refermés, devenant moins favorables. Le lapin utilise des pelouses situées sur les zones "hautes" du site : montilles, Rièges, dunes littorales.

Sanglier (<i>Sus scrofa</i>)	Espèce omnivore, qui fréquente beaucoup de milieux, présente toute l'année, qui se reproduit aujourd'hui toute l'année. Une bonne partie de la RNNC est cependant peu favorable (pas d'eau potable, présence d'eau salée...). Il n'y a pas de chasse sur le site.
Insectes hématophages	Insectes qui se nourrissent du sang des mammifères dont les humains (moustiques, tiques, arabies, taons, ...). Pas d'espèces patrimoniales a priori, mais il n'existe pas d'inventaire récent en Camargue et les connaissances sont limitées. Les insectes hématophages font partie du patrimoine camarguais bien qu'ils soient vecteurs de maladies (dengue, west Nile, ...) et de dérangement (pour les humains comme pour le bétail). Globalement ce cortège est présent tout le temps, même si dans le détail les espèces ont des périodes de présence spécifiques. Ils ont aussi des cycles de vie et exigences écologiques variés. Il n'y a pas de démoustication ni d'actions contre ces espèces sur la réserve.
Activités humaines	
Agriculture et élevage	L'irrigation des cultures (riz notamment) et l'utilisation de pesticides et engrais dans le delta de Camargue conditionnent les arrivées d'eau douce et leur qualité dans l'hydrosystème Vaccarès. Les friches de la RNN (secteur Amphise) sont pâturées par des chevaux et taureaux de race Camargue d'un éleveur conventionné dans le cadre d'une expérimentation.
Chasse	La chasse est interdite sur la RNNC. Elle est toutefois pratiquée autour de la réserve, sur des domaines privés avec des marais gérés à cet effet et sur des drailles communales chassées par le Groupe Cynégétique Arlésien (GCA).
Pêche	La pêche est interdite sur la RNNC. Un pêcheur est conventionné et pêche l'Anguille sur les bords du Vaccarès (hors RNN). 5 autres sont conventionnés et pêchent sur le Vaccarès (hors RNN) et les Impériaux (hors RNN).
Accueil du public	La Réserve de Camargue compte 3 sites d'accueil : (1) La Capelière (hors RNN), maison de la Réserve, lieu d'accueil principal hébergeant l'exposition permanente, un sentier nature, des animations, les informations sur la réserve. (2) Le gîte de Salin de Badon (en RNN). (3) Le phare de la Gachole, en accès libre sur le secteur littoral (en RNN), avec un point d'information tenu par les bénévoles de la SNPN en période de vacances et fins de semaines.
Recherche scientifique	De nombreuses études et suivis sont menés sur la RNNC, et cela depuis longtemps, certains avec des partenaires scientifiques et académiques. Le gestionnaire participe aussi à des suivis régionaux et nationaux.
Outils et moyens de gestion	
Gestion hydraulique	La SNPN, gestionnaire de la RNNC, ne contrôle pas ou peu les entrées et sorties d'eau du système hydraulique de la réserve. Elles sont gérées par les ASA/ASCo pour les entrées et une gestion collégiale sur le pertuis de la Fourcade. Les apports d'eau douce se font <i>via</i> les canaux depuis le Rhône et les précipitations, les apports d'eau salée par la mer, et les apports souterrains ne sont pas connus. Il est parfois nécessaire de sortir l'eau du système, notamment quand il a beaucoup plu pour éviter les inondations. Les sorties d'eau vers la mer permettent également d'évacuer du sel.
Gestion des EEE	De nombreuses EEE sont présentes sur le site mais toutes ne sont pas gérées. La jussie et le baccharis sont gérés sur certaines zones, ce qui prend beaucoup de temps au gestionnaire. La jussie concerne peu de surface sur la RNNC (canaux

	d'irrigation toujours en eau). Le crabe bleu est présent et peut être très impactant pour la pêche et la biodiversité. <i>Mnemiopsis leidyi</i> est un cténophore déjà très présent et potentiellement problématique pour la pêche et la biodiversité.
Surveillance, police, réglementation	Les actions de surveillance sont adaptées aux enjeux (période et lieux) : en saison touristique, elles se concentrent sur le littoral (pénétration, réglementation) ; hors-saison, elles sont axées sur les missions de police de l'environnement (notamment chasse sur les secteurs concernés) ; la surveillance liée aux activités de pêche a lieu quasiment toute l'année.
Suivis scientifiques	De nombreux suivis sont réalisés sur la RNNC, à différentes échelles spatiales et de temps, sur plusieurs sujets. Ils représentent une grosse part des activités de gestion actuellement.
Bâtiments et entretien des infrastructures	Les bâtiments concernent la Capelière (propriété des Salins du midi), la cantonnière, Badon, la Gachole, et le port. Certains ont une utilisation uniquement professionnelle, d'autres accueillent aussi du public.
Animations et sensibilisation	La sensibilisation concerne à la fois l'accueil du public (par des agents et des bénévoles), et les animations proposées par la Réserve (dont beaucoup ont lieu hors RNN). Les animations sont destinées au grand public (visites, animations ludiques), aux adhérents de la SNPN (sorties naturalistes, stages découvertes) ou aux scolaires. Une exposition temporaire complète l'exposition permanente qui aborde différents enjeux du site. Des sorties et balades nature sont organisées dans le cadre d'événements locaux. Le changement climatique est déjà bien présent dans les animations proposées.
Conditions de travail de l'équipe	L'équipe est composée de 12 à 15 personnes, dont 6 à 8 intervenant directement sur la gestion du site. Une partie de l'équipe travaille principalement en extérieur.

2. Méthodologie d'analyse

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE POUR LE PATRIMOINE NATUREL

► Analyse par questionnaire

La méthodologie Natur'Adapt propose d'évaluer la vulnérabilité des objets du patrimoine naturel de l'aire protégée pour imaginer son évolution dans le futur en contexte de changement climatique. Analyser la vulnérabilité ou les opportunités consiste à apprécier **la sensibilité, l'exposition et la capacité d'adaptation** de chaque élément considéré, ainsi que les facteurs d'influence extérieurs et leur évolution. Pour faciliter la démarche, la méthodologie Natur'Adapt propose un cheminement via un ensemble de questionnements.

La sensibilité est « la propension intrinsèque d'un système humain ou naturel à être affecté favorablement ou défavorablement par des variations climatiques (et leurs conséquences physiques) » (Coudurier *et al.*, 2023).

→ *Quels sont les paramètres climatiques qui affectent l'élément considéré, positivement ou négativement ? A quel point peut-il être affecté ?*

L'exposition correspond à « la nature, au degré, et à la fréquence des variations climatiques (et leurs conséquences physiques) susceptibles d'être subies par les systèmes humains ou naturels » (Coudurier *et al.*, 2023).

→ *Comment vont évoluer ces paramètres dans le futur ? Cette évolution est-elle favorable ou défavorable à l'élément considéré ?*

La capacité d'adaptation est la « qualité intrinsèque qui permet à un système humain ou naturel de réduire les effets négatifs et/ou tirer parti des effets positifs du changement climatique » (Coudurier *et al.*, 2023).

➔ *La composante considérée est-elle capable de s'adapter aux variations climatiques et à leurs effets ?
A quel point ?*

Les informations sur la sensibilité, l'exposition et la capacité d'adaptation au CC sont complétées par les **facteurs non climatiques** pouvant représenter des pressions ou diminuer la vulnérabilité au changement climatique.

➔ *Quelles sont les activités anthropiques et autres facteurs non climatiques pouvant limiter ou favoriser la vulnérabilité de l'élément, et quelles peuvent être leurs évolutions futures ?*

Le cheminement par questions autour de ces caractéristiques permet de comprendre l'influence du changement climatique sur le patrimoine naturel, d'apprécier le degré de vulnérabilité/opportunité face au CC et d'identifier l'existence ou non de leviers pour l'adaptation.

► Ressources utilisées

Pour analyser la vulnérabilité du patrimoine naturel au changement climatique, des recherches bibliographiques ont été menées, et croisées avec les connaissances de l'équipe gestionnaire sur chaque composante. Des experts de certaines thématiques, et en particulier certains membres du Conseil Scientifique de la réserve, ont également été consultés dans ce cadre et ont permis d'enrichir les analyses. Les personnes concernées sont mentionnées dans chaque paragraphe de présentation des résultats de l'analyse de vulnérabilité.

► Grille d'évaluation

Une fois les informations récoltées, leur croisement dans le tableau suivant (proposé dans le guide Natur'Adapt) permet de donner une idée du degré de vulnérabilité ou d'opportunité au changement climatique pour chaque objet. Le choix de l'appréciation reste subjectif et est le reflet du point de vue du gestionnaire au moment de l'analyse. De plus, il est important de rappeler que le résultat de vulnérabilité attribué ici est propre au site et n'est pas forcément valable pour l'objet dans sa globalité.

Tableau 14 – Grille d'évaluation de la vulnérabilité des objets du patrimoine naturel au changement climatique

Sensibilité	Exposition	Capacité d'adaptation			
		Nulle	Faible	Moyenne	Forte
Forte	Défavorable	Vulnérabilité très forte	Vulnérabilité très forte	Vulnérabilité forte	Vulnérabilité moyenne
Moyenne		Vulnérabilité très forte	Vulnérabilité forte	Vulnérabilité moyenne	Vulnérabilité faible
Faible		Vulnérabilité forte	Vulnérabilité moyenne	Vulnérabilité faible	Vulnérabilité faible
Forte ou Moyenne ou Faible	Neutre / Incertain	Indifférent / Incertain			
Faible	Favorable	Opportunité faible	Opportunité faible	Opportunité moyenne	Opportunité forte
Moyenne		Opportunité faible	Opportunité moyenne	Opportunité forte	Opportunité très forte
Forte		Opportunité moyenne	Opportunité forte	Opportunité très forte	Opportunité très forte

Comme expliqué précédemment, le résultat identifié grâce à cette grille d'évaluation peut ensuite être nuancé par l'influence de facteurs non climatiques et leur évolution pressentie en contexte de changement climatique.

ATTENTION !

Ne pas confondre :

- **La vulnérabilité ou l'opportunité attribuée à chaque objet**, qui découle de ses caractéristiques propres, et reflète sa position face au changement climatique sur le site.

Ex : les insectes hématophages présentent une opportunité face au CC dans la Réserve de Camargue (voir 4. Résultats de l'analyse de vulnérabilité) car les conditions climatiques futures leur seront plutôt favorables.

- **L'intérêt ou l'inconvénient que peut représenter ce résultat pour le gestionnaire.**

Ex : le fait que les insectes hématophages présentent une opportunité face au CC peut être perçu comme un inconvénient pour le gestionnaire, qui va devoir adapter sa gestion.

Dans le cas de la Réserve de Camargue, le choix a été fait de réaliser une telle **analyse détaillée pour le patrimoine naturel à moyen terme** (à horizon 2050), mais aussi de réfléchir aux résultats envisageables à long terme (à horizon 2100 ou une fois la submersion marine installée durablement). Cette **analyse à long terme est plus succincte** et n'utilise donc pas la méthode présentée ci-dessus. Ses résultats sont exposés à la suite des résultats à moyen terme afin de compléter la vision future des vulnérabilités.

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE POUR LES ACTIVITÉS SOCIO-ÉCONOMIQUES

L'analyse des activités humaines dans le cadre de la démarche Natur'Adapt consiste à **envisager leur potentielle évolution future** en contexte de changement climatique. Contrairement à l'analyse du patrimoine naturel, on ne cherche pas ici à définir des niveaux de vulnérabilité, mais à tenir compte des évolutions possibles de ces activités afin d'obtenir une vision la plus complète possible de la réserve dans le futur.

Ces projections sont réalisées à dire d'experts, à savoir les acteurs concernés, et grâce à des recherches bibliographiques complémentaires et aux connaissances du gestionnaire. L'ensemble des acteurs du territoire n'a pas pu être interrogé en raison de contraintes de temps et de disponibilité. Toutefois, 8 personnes ont pu être consultées pour échanger sur la démarche et certaines des activités socio-économiques identifiées, à travers des entretiens semi-directifs. Cela concerne 1 pêcheur, 1 gestionnaire de réseaux hydrauliques, 1 gestionnaire d'espaces naturels, 3 collectivités territoriales, et 2 représentants de propriétaires.

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE POUR LES OUTILS ET MOYENS DE GESTION

L'analyse de la vulnérabilité des outils et moyens de gestion permet de réfléchir aux effets possibles du changement climatique sur les moyens de gestion du site. Ces derniers seront bien sûr liés aux évolutions du patrimoine naturel et des activités socio-économiques. Comme pour les activités humaines, on **envisage ici l'évolution future potentielle** des outils et moyens de gestion dans un contexte de changement climatique, sans définir pour autant des niveaux de vulnérabilité ou d'opportunité. Les projections sont réalisées à dire d'experts, à savoir l'équipe gestionnaire de la réserve naturelle.

3. Facteurs extérieurs

Les facteurs extérieurs, c'est-à-dire **non climatiques**, correspondent à toutes les activités anthropiques ou autres facteurs qui ont un effet direct ou indirect sur les objets analysés et qui peuvent influencer leur vulnérabilité selon leur propre évolution. Les facteurs pris en compte dans l'analyse sont listés et décrits ci-dessous. Ils correspondent aux éléments prépondérants identifiés lors de la réflexion ; la liste n'est donc pas exhaustive.

Il faut par ailleurs noter que plusieurs **activités socio-économiques ou moyens de gestion analysés sont eux-mêmes des facteurs non climatiques** pouvant exercer une pression sur d'autres composantes (notamment du patrimoine naturel). C'est par exemple le cas de la gestion pastorale, qui peut agir directement ou non (dans un sens comme dans l'autre) sur certains milieux et espèces du site. Dans ce cas, la présentation de ce facteur et son évolution probable sont détaillées dans les parties dédiées (4. Résultats de l'analyse de vulnérabilité).

► *Stratégie littorale et gestion du trait de côte*

Le SYMADREM (Syndicat mixte interrégional d'aménagement des digues du delta du Rhône et de la mer) détient la compétence GEMAPI (Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations). Dans ce cadre, il initie un « Plan Littoral » dont la première étape est l'élaboration d'une stratégie sur le littoral du Grand Delta du Rhône, traitant de la submersion marine et l'érosion côtière (SYMADREM, 2024). Pour construire cette stratégie, et après une première phase de diagnostic, plusieurs scénarios prospectifs correspondant aux réponses possibles ont été construits et présentés aux acteurs du territoire. Le scénario le plus plébiscité actuellement (mi-2025), est celui d'une protection renforcée sur les quelques kilomètres



Figure 5 – Photo de la plage de la Réserve de Camargue
© S. Befeld / RNNC

de linéaire à enjeux urbanisés (10 km), et d'une protection en retrait du trait de côte sur le reste du littoral (90 km). Une protection en recul du trait de côte permettrait de lui redonner de la mobilité tout en garantissant un certain niveau de protection, notamment face au risque de submersion marine. Une fois le choix du récit validé, il sera décliné en scénario technique avec des actions prévues à différentes échéances. Le tout devrait être présenté aux instances concernées en 2026. Ce facteur extérieur dépend ainsi de décisions politiques et impacte directement la vulnérabilité du site et de presque tous les enjeux s'y trouvant.

► *Agriculture et gestion hydraulique en Camargue*

Le développement du maraîchage en Camargue engendre des changements dans le fonctionnement du réseau hydraulique du delta (saisonnalité, volumes, ...). Si ces cultures nécessitent des apports d'eau réduits, le réseau hydraulique actuel reste adapté à la riziculture et ses besoins en eau plus importants, ce qui implique notamment beaucoup de pompage et de rejets d'eau douce, sur une période longue. Au-delà du coût des pompes pour les ASA, cela nécessite une organisation différente (période de travail des gardes et d'entretien du réseau), mais permet aussi des apports d'eau douce plus importants et étendus dans l'année dans le delta. Toutefois, le maraîchage ne permet pas une désalinisation des terres par ressuyage comme le fait la riziculture, et nécessite donc de s'inscrire dans des rotations fréquentes. Tant que l'eau du Rhône est disponible, la période d'irrigation des rizières peut être adaptée en fonction des précipitations.

Actuellement, plusieurs canaux de drainage se déversent dans l'hydrosystème du Vaccarès. L'eau qui arrive par ces canaux est donc une eau de drainage agricole ou de drainage de l'impluvium local. Une prise gravitaire reliant directement le Petit Rhône au Vaccarès est par ailleurs fonctionnelle depuis 2023. Plusieurs projets sont en cours concernant les apports d'eau douce dans le cadre du Plan de sauvegarde du Vaccarès. En particulier, un projet de phytoépuration devrait permettre d'améliorer la qualité des eaux de drainage arrivant au Vaccarès par le canal du Fumemorte, et deux nouvelles prises gravitaires au Rhône sont envisagées pour apporter de l'eau douce dans le delta sans pompage, hors saison d'irrigation. Il faut noter que les apports d'eau douce en période d'étiage du Rhône (plus longues, précoces et intenses dans le futur) seront de plus en plus sous tensions, alors que plusieurs secteurs d'activité dépendent directement de l'eau du Rhône, dans le delta (principalement agriculture) mais aussi en amont (agriculture, centrale nucléaire, industrie, ...).

Quel que soit le scénario de gestion hydraulique envisagé pour le Vaccarès, il est nécessaire de tenir compte de la montée inéluctable du niveau de la mer. En effet, elle implique d'accepter la marinisation de la lagune, ou bien de perpétuellement rehausser les niveaux de la lagune pour pouvoir faire sortir l'eau et le sel vers la mer (avec des limites toutefois en lien avec les propriétés et les activités riveraines), ou encore de fermer les ouvrages à la mer et pomper l'eau pour la faire sortir. Les choix de gestion hydraulique du delta auront tous des conséquences importantes sur l'ensemble des enjeux présents (naturels et autres), et la RNNC n'en est pas seule décisionnaire.

► **Espèces exotiques envahissantes (EEE)**

Différentes espèces exotiques envahissantes se développent sur la Réserve. Le changement climatique est susceptible de représenter une opportunité de développement pour certaines d'entre elles. D'autres pourraient souffrir des évolutions climatiques à venir, comme la Jussie ou le Baccharis qui supportent mal la salinisation. La trajectoire et l'ampleur des évolutions possibles restent donc difficiles à anticiper à l'heure actuelle.



Figure 6 – Photo de Jussie sur un marais © S. Befeld

► **Pathogènes et maladies**

Les activités humaines favorisent l'émergence de nouvelles maladies infectieuses (la déforestation et l'élevage intensif favorisent par exemple les zoonoses). Le changement climatique étend l'aire de répartition et les périodes d'activités des pathogènes et de certains vecteurs de ces maladies (comme le moustique-tigre ou la tique *Hyalomma marginatum*). Enfin, la perte globale de biodiversité affaiblit les mécanismes naturels de régulation, et les êtres vivants déjà soumis à des conditions plus rudes (fortes chaleurs, stress hydrique, ...) seront plus sensibles aux maladies. Les changements globaux (climatiques ou non) vont donc plutôt dans le sens d'une augmentation des impacts des maladies infectieuses, pour toutes les espèces.

► **Migrations**

De nombreuses espèces présentes sur la RNNC utilisent d'autres territoires une partie de l'année ou pour une partie de leur cycle de vie. Qu'elles migrent à chaque saison ou au cours de leur vie, ces espèces dépendent donc aussi des pressions qui s'exercent et de l'état des milieux en dehors de la Réserve et du territoire camarguais, parfois à très grande échelle (comme pour l'Anguille ou les oiseaux migrateurs). Dans le cadre de la présente démarche, les évolutions de ces facteurs en contexte de changement climatique ne sont pas étudiées ailleurs en France et dans le monde. Il est donc difficile d'anticiper leur évolution future, et l'analyse de vulnérabilité réalisée pour ces espèces est ainsi forcément partielle.

► Moyens techniques et humains

Plusieurs composantes, en particulier les outils et moyen de gestion, peuvent être vulnérables au climat mais sont surtout dépendants des moyens techniques et humains permettant leur mise en œuvre. Ces moyens dépendent principalement des choix du gestionnaire et autres instances décisionnaires (associés à des moyens financiers adaptés), ainsi que des décisions politiques aux différentes échelles territoriales. Leur évolution est donc inconnue.

4. Résultats de l'analyse de vulnérabilité

Les résultats de l'analyse des effets du changement climatique sur les différents objets sont présentés ci-dessous pour chaque composante. Il est toutefois important de rappeler que cette analyse est indicative et est réalisée à partir des connaissances disponibles au moment de la rédaction du document. Les différents niveaux de vulnérabilité attribués pour le patrimoine naturel restent subjectifs et permettent notamment une première hiérarchisation des objets pour tenter de définir les priorités d'actions d'adaptation. Ces résultats et réflexions pourront être amenés à évoluer dans le futur à mesure que les connaissances se développent sur la réserve et au sein de la sphère scientifique.

VULNÉRABILITÉ ET OPPORTUNITÉ DU PATRIMOINE NATUREL

Pour rappel, dans le cas de la réserve naturelle nationale de Camargue, **l'analyse de vulnérabilité du patrimoine naturel a été faite en deux temps : une analyse détaillée selon la grille Natur'Adapt à moyen terme, et une analyse plus succincte (et plus incertaine) à long terme.**

► Lapin de garenne

INCERTAIN à moyen terme

Le lapin de garenne est une espèce présente dans des milieux plus chauds et secs que la Camargue actuelle (comme la péninsule ibérique), et devrait donc pouvoir supporter la hausse prévue des températures dans le futur. Toutefois l'impact des conditions climatiques futures sur son habitat et sa ressource alimentaire est plus incertain, et pourrait varier selon les saisons. Si les inondations du milieu (liées à des précipitations intenses par exemple) sont défavorables à cette espèce, cette menace est faible à moyen terme pour les lapins de la Réserve de Camargue, car ils exploitent des secteurs localement « hauts » topographiquement (dunes et montilles). Pour la même raison, les potentiels impacts négatifs de la salinisation des sols sur la végétation (à la fois habitat et ressource alimentaire du lapin) ne devraient pas être visibles à court terme. Une telle évolution aura plus probablement lieu lentement ou à plus long terme. On estime par ailleurs que cette espèce est très plastique et adaptable (notamment dans les milieux et climats supportés), mais aussi dotée d'une capacité d'adaptation assez limitée sur la RNNC, du fait d'une population réduite et isolée, et de secteurs de repli limités en cas d'évolution défavorable des conditions climatiques. Enfin, certains facteurs extérieurs comme les maladies pourraient être favorisés en contexte de CC, augmentant ainsi les pressions sur l'état des populations, mais d'autres pourraient à l'inverse diminuer, comme la fermeture du milieu (ligneux plus vulnérables à la salinisation). Cela ne modifie donc pas le résultat de l'analyse : la vulnérabilité au CC du lapin de garenne est **incertaine à moyen terme** sur la Réserve de Camargue, avec probablement peu d'effets à court terme, et de potentiels effets négatifs à moyen terme (très incertain).



Figure 7 – Photo de Lapin de garenne
(*Oryctolagus cuniculus*)
© S. Befeld / RNNC

Vulnérabilité **moyenne** à long terme

A long terme, les submersions marine de plus en plus fréquentes et importantes pourraient toucher les zones de présence du lapin, ce qui lui serait fortement défavorable. Cela pourrait également entraîner la salinisation des points d'eau et des sols, qui lui serait aussi défavorable. De plus, les rares zones identifiées comme de potentiels refuges pour les lapins face aux inondations (liées aux précipitations, submersions marines, ou à la hausse des niveaux d'eau) ne seront plus forcément viables à long terme, et seraient de toute façon très réduites et isolées. La vulnérabilité à long terme du lapin de garenne sur la Réserve de Camargue est donc considérée comme moyenne.

► Mares temporaires méditerranéennes

VULNERABILITE TRES FORTE à moyen terme

La hausse certaine des températures et de l'évapotranspiration, couplée à des précipitations incertaines mais possiblement en baisse dès la fin du printemps, entraîne un risque accru d'assez précoce des mares temporaires, plus rapide et plus long dans le futur. La **salinisation** des sols et des eaux de surface, et potentiellement des nappes souterraines, devrait causer à terme la salinisation des mares, face à laquelle celles-ci ne peuvent pas s'adapter. Malgré une forte résilience aux variations du climat méditerranéen, les mares temporaires du site devraient donc faire face à une dégradation progressive, accompagnée par une perte de la biodiversité caractéristique associée.



Figure 8 – Photo de la mare des Leste
© S. Befeld/ RNNC

Vulnérabilité **très forte** à long terme

Déjà très fortement vulnérables à moyen terme, les mares temporaires pourraient disparaître totalement à long terme sur la Réserve. En effet, les conditions devraient être totalement défavorables à la pérennité de ces milieux, ou alors sous des formes dégradées, plus salées, moins longtemps en eau, avec un cortège d'espèces différent et fortement appauvri.

► Pelouses méditerranéennes

VULNERABILITE FORTE à moyen terme

La vulnérabilité au changement climatique des pelouses de la Réserve de Camargue est variable selon le type de substrat et leur topographie. En effet, les principaux phénomènes affectant ce milieu sont l'**érosion des montilles** (notamment hydrique donc liée aux niveaux d'eau) et le maintien de la lentille d'eau douce qui alimente la végétation, menacé à la fois par **les sécheresses** (rechargement insuffisant) et **la salinisation**. Plusieurs paramètres climatiques sont donc concernés : vent, précipitation, ETP, sécheresses, submersion marine, salinisation, mais aussi un certain nombre de facteurs extérieurs influençant le risque de



Figure 9 – Photo d'une pelouse des Grandes Cabanes du Vaccarès © S. Befeld / RNNC

submersion et les niveaux d'eau des étangs (gestion du trait de côte et stratégie littorale, gestion hydraulique, aménagements hydraulique et agriculture dans le delta, ...). De plus dans les conditions actuelles d'endiguement du delta, ni les pelouses terreuses ni les pelouses sableuses ne peuvent se déplacer ou être recrées. Par ailleurs, l'impact du sanglier, si son opportunité au changement climatique se traduisait par une hausse des effectifs, pourrait aussi être un enjeu

futur pour les pelouses du site. Le climat a aussi des impacts directs sur la végétation composant cet habitat, impacts qui pourraient même être visibles à plus court terme que l'érosion hydrique ou l'évolution de la nappe. En particulier, les espèces les plus sensibles à la sécheresse et la salinisation, comme les ligneux, pourraient souffrir des évolutions à venir du climat. A court et moyen terme, les pelouses devraient donc voir leur végétation se modifier en réponse aux changements des conditions abiotiques. Les pelouses de la RNNC restent fortement vulnérables dans l'ensemble car les autres paramètres déterminant leur existence (présence des montilles support et d'une nappe d'eau douce) devraient se dégrader dans le futur.

Vulnérabilité très forte à long terme

A long terme, le niveau marin sera encore plus élevé et les tempêtes encore plus intenses et fréquentes. Cela causera entre autres des submersions plus longues et étendues des milieux, avec des conséquences plus importantes sur la salinisation des sols et nappes, ainsi que sur le risque de submersion, même temporaire, de ces milieux.

► **Sansouïres**

VULNERABILITE FORTE à moyen terme

Les évolutions climatiques à venir pourraient se traduire par des effets divers, parfois antagonistes. Concernant l'inévitable montée du niveau marin et les phénomènes de submersion marine liés aux tempêtes et coups de mer, cela aurait deux impacts sur les sansouïres à moyen terme. D'abord, mettre plus fréquemment en eau les sansouïres en hiver, avec des niveaux plus hauts ; ensuite, modifier la salinité des sols, directement et indirectement en faisant progresser le niveau du biseau salé et des nappes souterraines. En parallèle, l'augmentation de l'évaporation et de l'ETP pourraient en revanche réduire la période d'inondation en accélérant l'assèchement des sansouïres au printemps. Enfin, l'évolution des précipitations reste très incertaine, et pourrait aller dans le sens d'une hydropériode restreinte. Bien que les espèces qui composent cet habitat soient globalement résistantes et adaptées à des conditions salées et contraignantes, l'évolution des paramètres climatiques risque de causer le dépassement de leurs seuils de tolérance, entraînant une diminution de la diversité présente et une modification de la structure de l'habitat. C'est en particulier le cas pour l'augmentation de **la salinité des sols**, qui constituera une variable environnementale difficile à surmonter pour certaines espèces (par exemple *Sarcocornia perennis*). Par ailleurs, la possibilité de remontée en altitude des sansouïres (même de quelques centimètres) est très restreinte au sein de la Réserve de Camargue au vu de leur emplacement actuel. Malgré une bonne capacité de germination et de développement lorsque les conditions le permettent, la capacité d'adaptation de cet habitat est donc faible sur ce site. Les sansouïres de la RNN de Camargue sont donc jugées fortement vulnérables au changement climatique à moyen terme.



Figure 10 – Photo de sansouïre sur la RNNC
© S. Befeld / RNNC

Vulnérabilité très forte à long terme

A long terme, la submersion de ces milieux bas par la mer sera probablement complète, ce qu'ils supporteront moins bien que des coups de mer répétés mais temporaires en période hivernale. Pour cette raison, la vulnérabilité au changement climatique des sansouïres de la Réserve de Camargue est considérée très forte à long terme.

► Littoral

VULNERABILITE FORTE à moyen terme



Figure 11 – Photo du littoral de la RNNC © S. Befeld / RNNC

Au sein de l'entité littorale, les dunes ont une sensibilité plus élevée que la plage ou l'arrière-dune. En effet, les conditions climatiques (sécheresse, précipitations, salinisation notamment) menaceront une partie de la végétation littorale dépendante des lentilles d'eau douce des dunes. Les dunes sont aussi les plus vulnérables à l'**érosion**, phénomène qui s'amplifiera avec le changement climatique (niveau marin, submersions marines, tempêtes).

La partie ouest de la RNN en particulier pourrait voir ses dunes s'éroder fortement, voire reculer sous l'influence du vent et des événements marins, jusqu'à être bloquées par un obstacle majeur comme la digue à la mer. De plus, les dynamiques sédimentaires actuelles ne permettent pas la création de dunes aussi hautes. Enfin, la plage et les milieux d'arrière-dunes seront plus souvent submergés par la mer mais existeront toujours, quoique dans des modalités différentes à la situation actuelle. Bien sûr, ces évolutions dépendent très directement de facteurs extérieurs au site et au gestionnaire, tels que la gestion qui sera décidée pour le littoral camarguais et le trait de côte. Ainsi, malgré une incertitude élevée sur l'évolution du littoral de la Réserve, la vulnérabilité de cet espace est considérée forte à moyen terme.

Vulnérabilité **forte** à long terme

A long terme, les facteurs du climat influençant l'évolution du littoral de la Réserve seront les mêmes qu'à moyen terme, mais seront amplifiés. Ainsi, malgré une incertitude d'autant plus forte, en particulier concernant l'évolution des dunes, la vulnérabilité du littoral est aussi considérée comme forte à long terme.

► Bois des Rièges

VULNERABILITE FORTE à moyen terme

Les précipitations alimentent la nappe d'eau douce des dunes qui supportent la végétation du bois des Rièges. Malgré une grande incertitude sur leur évolution dans le futur, leur diminution probable en été et surtout l'augmentation de l'évapotranspiration toute l'année augmenteront le risque de déficit hydrique et le risque incendie. Le Bois des Rièges est aussi sensible aux phénomènes d'érosion et de salinisation, qui sont liés aux niveaux du Vaccarès et de la mer. L'évolution future des niveaux d'eau dans la lagune est assez incertaine puisqu'elle dépend aussi de facteurs extérieurs comme la gestion hydraulique et les pratiques agricoles en Camargue. En revanche, l'augmentation du niveau marin est inévitable (seule sa vitesse est incertaine), et pourrait déplacer la nappe d'eau douce, avec des effets difficiles à prévoir. Des épisodes de sécheresse et salinisation pourraient se traduire dans de possibles mortalités de la végétation (dont Genévriers) durant certains épisodes critiques. Or, certaines des espèces présentes caractéristiques de ce secteur n'ont aucune capacité d'adaptation intrinsèque à la salinisation. De plus, ce milieu très particulier ne pourrait globalement pas se déplacer sur la réserve ou en Camargue en réponses aux évolutions des conditions climatiques.



Figure 12 – Photo du Bois des Rièges © S. Befeld / RNNC

Vulnérabilité **très forte** à long terme

A long terme, l'influence des aléas marins et hydrologiques décrits ci-dessus sera encore plus importante. Les dunes accueillant le bois des Rièges seront probablement en partie érodées, et leur nappe d'eau douce en grande partie salinisée, ne permettant pas le maintien de certaines espèces. Le bois des Rièges pourrait alors présenter une végétation plus clairsemée, peut-être moins diversifiée. Cas peu probable, mais il aura peut-être déjà connu un ou plusieurs incendies, dont les genévriers anciens ne pourront pas se remettre.

► *Vaccarès : entité paysagère et culturelle*

VULNERABILITE FORTE à moyen terme

Le Vaccarès, en tant qu'entité culturelle emblématique de la Camargue va voir évoluer le regard que lui porte le territoire. Il est perçu actuellement comme un lieu "sauvage", très riche, avec beaucoup d'oiseaux, symbole de la Camargue, avec des références basées sur un passé plutôt récent et lié aux histoires personnelles. L'augmentation des températures et de l'évapotranspiration augmentera le risque de déficit hydrique et d'épisodes de bas niveaux. Ces changements seront associés à des salinités importantes, se



Figure 13 – Photo de la lagune du Vaccarès
© S. Befeld / RNNC

traduisant par une baisse de certaines populations (zostères, poissons, oiseaux...) et seront vécus comme une dégradation de la lagune par le territoire, augmentant les tensions. Ce déficit hydrique sera renforcé par des difficultés d'apport d'eau douce au bassin versant et leur transfert au Vaccarès. En parallèle, et de manière un peu contradictoire, la hausse des niveaux marins et du risque de submersion s'accompagnera de périodes où le Vaccarès sera vu comme gagné par la mer, pouvant alors symboliser chez certains acteurs et habitants la perte d'un territoire construit par l'homme au profit de la mer.

Incertitude à long terme

Il est difficile d'évaluer à long terme la perception du Vaccarès par le territoire. Il s'agit ici de la perception d'un objet « culturel ». Cette perception est évolutive et sera influencée par les états futurs et les récits accompagnant ces évolutions.

► *Lagune permanente*

VULNERABILITE MOYENNE à moyen terme

Les lagunes permanentes seront concernées par plusieurs évolutions liées au changement climatique. Tout d'abord, la hausse du niveau marin et les événements extrêmes conduiront à des **submersions marines** répétées, impliquant des intrusions d'eau de mer qui augmentent fortement le stock de sel et modifient les communautés biologiques. La **hausse du niveau marin** compliquera aussi les possibilités d'écoulement de l'hydrosystème lagunaire vers la mer. D'autre part, la baisse et l'irrégularité des **apports d'eau douce** (liées à la disponibilité en eau du Rhône et aux autres usages en amont) modifieront, en été particulièrement, le fonctionnement hydrologique et les niveaux d'eau de la lagune. Cela pourrait accélérer la **salinisation globale**, même si des inondations par le Rhône pourraient nuancer cette dynamique. Ainsi, les communautés dépendant de conditions saumâtres ou faiblement salées pourraient régresser au profit d'espèces plus adaptées aux nouvelles conditions (voir **Poissons de lagune** notamment), y compris des EEE.

Les modifications du fonctionnement hydrologique pourraient aussi se traduire par des **niveaux d'eau plus bas en période estivale**, réduisant la connectivité entre plans d'eau et avec la mer, et par des niveaux élevés en hiver, impliquant un risque d'érosion accru sur les berges. Tous ces éléments sont encore une fois très fortement **dépendant des décisions d'aménagement et de gestion** qui seront prises à l'échelle du territoire, que ce soit vis-à-vis du risque de submersion marine (qui pourrait être réduit selon certaines stratégies) ou des apports en eau douce dans le système (dont la baisse pourrait être contrebalancée par des apports gravitaires notamment ou des inondations par le Rhône). On peut aussi noter que la hausse de la température de l'air s'accompagnera d'une hausse de la **température de la lagune**, qui aura un impact sur les espèces aquatiques mais aussi sur les processus qui s'y déroulent (eutrophisation, contaminations chimiques). Enfin, l'évolution future du vent reste un facteur d'incertitude important, puisque c'est un paramètre climatique très influant pour la lagune (turbidité, bascules du plan d'eau, possibilité d'évacuer l'eau ou non) mais pour lequel on ne dispose pas de projections fiables. La lagune évoluerait ainsi vers **un type de lagune différent**, mais qui reste une lagune permanente, tout en se dégradant possiblement en termes de diversité écologique ou de qualité de l'eau par exemple.



Figure 14 – Photo de la lagune du Vaccarès
© S. Befeld / RNNC

Vulnérabilité **moyenne** à long terme

A long terme, l'évolution tend de plus en plus vers une marinisation de la lagune. La progression de la salinisation et du biseau salé dans les nappes rend difficile le retour à des conditions moins salées, même en cas d'apports d'eau douce importants. L'existence même de la lagune n'est pas menacée, mais sa fonctionnalité écologique aura évolué. Les questions de l'érosion des berges et de la qualité de l'eau se poursuivent à long terme, avec une adaptabilité limitée.

► **Laro-limicoles en période de reproduction**

VULNERABILITE MOYENNE à moyen terme

À moyen terme, les laro-limicoles nicheurs de la Réserve de Camargue seront vulnérables à un certain nombre de paramètres climatiques, hydrologiques et marins. Les **submersions marines** de plus en plus fréquentes en hiver pourraient dans un premier temps assurer des niveaux d'eau suffisants au printemps pour isoler les sites de reproduction des prédateurs. Mais quand les coups de mer deviendront plus fréquents et plus importants, ou s'ils surviennent plus tardivement, ils pourraient aussi inonder les milieux



Figure 15 – Photo d'avocettes élégantes en vol
© S. Befeld / RNNC

de nidification (plage et sansouïres), affectant négativement le succès reproducteur des espèces concernées. A l'inverse, les évolutions du climat devraient entraîner une baisse plus rapide et potentiellement plus précoce des **niveaux d'eau** au cours de la période de reproduction, aggravant le risque de prédation. D'autant que l'un de ces prédateurs, le sanglier, présente une opportunité au CC à moyen terme et pourrait donc voir ses effectifs augmenter, accentuant la pression de prédation (voir **Sanglier**). Enfin, la hausse certaine des **températures** pourrait avoir un impact négatif direct sur les œufs, les

jeunes et les adultes, et un impact indirect *via* le développement d'hydrophytes qui compliquent le nourrissage des poussins. Le développement de plantes exotiques envahissantes pourrait également être favorisé et causer des impacts négatifs. La hausse de la température de l'eau, combinées à la salinisation et l'évolution de la chimie des lagunes, pourraient également avoir des conséquences sur la ressource alimentaire de ces espèces. Cela rend également vulnérables les espèces de laro-limicoles non nicheuses sur la Réserve de Camargue mais présentes pour s'y alimenter. Ces dernières sont tout de même moins vulnérables à moyen terme sur la RNNC, car elles peuvent si besoin trouver de nouveaux secteurs d'alimentation parmi la diversité d'habitats aux conditions variées qui sont présents sur le site. Enfin, la plasticité de ces espèces pourrait leur permettre de s'adapter aux modifications de leur environnement, si des conditions favorables persistent sur le site ou autour. Elles feront en revanche face à un risque d'épidémies accru dans le contexte de changement climatique. Il faut aussi noter que l'objet sélectionné ici est **l'ensemble du cortège** des laro-limicoles en période de reproduction, dont la composition évoluera probablement avec les conditions environnementales. Malgré de fortes incertitudes et de nombreux éléments dépendant de décisions extérieures, la vulnérabilité de ce cortège au CC à moyen terme est donc jugée moyenne sur la Réserve de Camargue.

Incertitude à long terme

A long terme, lors des tempêtes entraînant des submersions marines, de nouveaux ilots pourraient être créés naturellement, comme c'était le cas par le passé. Ils pourraient ainsi constituer de nouveaux sites de reproduction pour certaines de ces espèces si les autres conditions sont réunies. En revanche, les menaces évoquées pour le moyen terme devraient dans l'ensemble s'intensifier à long terme. Il est donc difficile de dire aujourd'hui si l'exposition de ce cortège aux évolutions du climat sera favorable ou défavorable à la fin du siècle, en particulier pour les espèces nicheuses. Ainsi à long terme, le site devrait conserver son importance pour les laro-limicoles en période de reproduction en tant que zone d'alimentation, mais son importance pour la nidification est difficile à évaluer.

► **Oiseaux d'eau hivernants**

VULNERABILITE FAIBLE à moyen terme

La hausse certaine des **températures** permettra globalement une meilleure survie des oiseaux d'eau hivernants, et une meilleure disponibilité alimentaire grâce à la réduction du nombre de jours de gel. La hausse des températures hivernales sera favorable aux espèces actuellement en limite froide de leur aire de répartition (comme la sarcelle d'hiver ou les canards siffleur, pile et souchet). En revanche, les températures plus élevées pourraient être défavorables aux espèces pour lesquelles la Camargue est une limite chaude de leur aire de répartition (cygne tuberculé, harle huppé, canard colvert, tadorne de



Figure 16 – Photo d'une sarcelle d'hiver
© S. Befeld / RNNC

Belon, grèbes huppé et à cou noir, oie cendrée, nette rousse) (Gaget *et al.*, 2018). La hausse des **épidémies** et l'arrivée de nouvelles maladies en lien avec le changement climatique accentueront aussi les pressions sur ces espèces. La hausse du niveau marin et l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements provoquant des coups de mer, particulièrement en hiver, conduiront à des entrées d'eau de mer de plus en plus fréquentes avec le temps. Ces **submersions marines** auront deux conséquences principales en lien avec les oiseaux d'eau hivernants : une élévation possible des niveaux d'eau (plutôt favorable aux canards plongeurs), et une augmentation du stock de sel des plans d'eau. Accentuée par

l'avancée du biseau salé (lié au niveau marin plus élevé), la **salinisation** des nappes et de l'eau de surface pourrait être défavorable à certaines espèces plus sensibles. C'est surtout l'uniformisation des conditions hydrologiques au sein du site (plus de plans d'eau salés, moins de diversité dans les gradients de salinité et hauteurs d'eau) qui pourrait impacter négativement le cortège d'oiseaux d'eau hivernants. L'évolution des conditions climatiques n'est donc pas défavorable pour toutes les espèces du cortège, mais peut l'être pour la diversité d'espèces composant ce peuplement. Encore une fois, une grande partie des hypothèses présentées ici dépendent directement des décisions qui seront prises à plus large échelle concernant la gestion du littoral et de l'eau en Camargue. En particulier, les travaux hydrauliques envisagés dans le cadre du plan de sauvegarde du Vaccarès pourraient permettre l'**apport direct d'eau douce** en hiver (par gravité), période pour laquelle les projections ne prévoient pas de baisse des débits du Rhône. La hausse de salinité pourrait ainsi être compensée à cette période, réduisant les impacts évoqués plus hauts.

Vulnérabilité **moyenne** à long terme

Les **submersions marines** encore plus fréquentes et importantes risquent de provoquer à terme une marinsation des lagunes. Les niveaux d'eau et la salinité seront alors directement corrélés à ceux de la mer. Cette évolution est plutôt défavorable en comparaison avec la situation actuelle, mais cela ne devrait pas empêcher pour autant le maintien d'un cortège d'oiseaux d'eau hivernants, peut-être différent, à condition qu'un accès à l'eau douce et à des zones de gagnage reste possible à proximité. Ainsi, si de l'eau douce reste accessible, les espèces pourraient hiverner en mer ou sur les lagunes marinsées malgré la salinisation, et aller s'alimenter dans les marais d'eau douce à l'extérieur du site (ce qui est déjà le cas pour une partie d'entre elles). Sur site et hors du site, la gestion des milieux (arrière-dunaires, rizières, marais gérés) aura donc un impact sur la capacité d'accueil des oiseaux d'eau hivernants.

► **Anguille européenne**

VULNERABILITE FAIBLE à moyen terme



Figure 17 – Photo d'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) à la Comtesse © S. Befeld / RNNC

Malgré des besoins différents selon le stade de développement, l'Anguille européenne est une espèce plutôt généraliste aux optimums écologiques assez larges. En revanche, certaines évolutions climatiques et hydrologiques sur la Réserve de Camargue pourraient lui être défavorables dans le futur, et s'ajouter aux autres pressions qui pèsent déjà sur cette espèce classée « En danger critique » par l'UICN à l'échelle mondiale (Pike *et al.*, 2020). En particulier, les

niveaux d'eau pourraient baisser en période estivale, en lien avec des apports potentiellement réduits et surtout une évaporation et ETP plus élevées. Cela pourrait

limiter la **connectivité** entre les plans d'eau (et avec la mer), ce qui est défavorable pour l'anguille. L'augmentation de la salinité n'est pas forcément mauvaise en soit pour cette espèce amphihaline (hors seuils très élevés), mais la **salinisation** des pièces d'eau saumâtres à douce, notamment en période estivale, pourrait être moins favorable à certains stades de croissance et modifier la ressource alimentaire. La hausse de température pourrait aussi impacter indirectement cette espèce en concentrant les polluants et en accélérant le métabolisme des individus, favorisant la bioaccumulation rapide des contaminants présents.

Incertitude à long terme

A long terme, les submersions de plus en plus fréquentes et importantes pourraient mariner les lagunes permanentes en les connectant progressivement à la mer. Cette évolution serait favorable du point de vue de la connectivité, mais saliniserait des milieux actuellement saumâtres à doux, réduisant la diversité d'habitats, qui est pourtant favorable à l'anguille.

► *Poissons de lagune*

VULNERABILITE FAIBLE à moyen terme

A moyen terme, les **niveaux d'eau** baisseront probablement en période estivale, en lien avec des apports potentiellement réduits et surtout une évaporation et ETP plus élevées. Cela pourrait limiter la connectivité entre les plans d'eau (et avec la mer) et favoriser la hausse de température et la salinisation de ces plans d'eau. Dans les pires cas, cela pourrait causer l'assèchement de certains plans d'eau, causant la mort des espèces présentes. La hausse de **température** pourrait impacter directement ces espèces (hausse de mortalité), mais aussi avoir des effets indirects en modifiant les processus à l'œuvre en milieu aquatique. En particulier, les risques d'anoxie seront plus élevés, les polluants concentrés, et le métabolisme des individus accéléré, favorisant la bioaccumulation rapide des contaminants présents. Les poissons de lagune supportent une gamme très large de salinité. La salinisation des plans d'eau ne devrait donc pas leur être défavorable à moyen terme, à moins que des conditions particulières mènent à des seuils de salinité vraiment très élevés (de l'ordre de 50 g/L ou plus). Le vent est aussi un facteur important pour ce cortège, puisqu'il brasse l'eau, permettant son oxygénation et le mélange des températures (favorables), mais cela entraîne aussi de la turbidité (défavorable à certaines espèces). Il joue aussi indirectement sur la gestion des ouvrages de connexion avec la mer (ouverture en cas de mistral / fermeture du pertuis). Cependant, comme expliqué dans le paragraphe page 21, l'hypothèse utilisée dans cette analyse est celle d'un régime de vent similaire à l'actuel ; la vulnérabilité estimée du cortège ne repose donc pas sur l'évolution de ce paramètre climatique. Globalement, toutes les espèces ne pourront pas s'adapter à des grands changements des conditions environnementales. En revanche à l'échelle du cortège, une adaptation pourrait avoir lieu avec la modification de sa composition vers des espèces plus adaptées, si la connectivité interne et à la mer est suffisante.



Figure 18 – Photo de Gobie © S. Befeld /RNNC

Incertitude à long terme

A long terme, les submersions de plus en plus fréquentes et importantes pourraient mariner les lagunes permanentes en les connectant progressivement à la mer. Sans apports d'eau douce suffisants, cette évolution saliniserait des milieux actuellement saumâtres à doux, réduisant la diversité d'habitats, et favorisant des poissons marins plutôt que de lagune. Cela assurerait aussi une connectivité avec la mer, permettant le déplacement des poissons, et des niveaux d'eau et de salinité plus constants, au moins sur certaines périodes. On peut ainsi s'attendre à une évolution du cortège vers des espèces plus marines à long terme, mais ces hypothèses restent très dépendantes des décisions qui seront prises en matière de gestion du littoral et de gestion hydraulique en Camargue.

► Flamant rose

NEUTRE à moyen terme



Figure 19 – Photo de Flamants roses (*Phoenicopterus roseus*) © S. Befeld / RNNC

Le Flamant rose est une espèce sensible aux niveaux d'eau, donc aux précipitations et à l'ETP, ainsi qu'à la gestion hydraulique et à la gestion du trait de côte. Il est aussi sensible à la salinité de l'eau (nécessaire à son alimentation), et au gel (cause de mortalité). Cependant, il présente globalement des optimums écologiques larges et la Réserve de Camargue dispose d'habitats aux caractéristiques variées (hauteurs d'eau, salinité) lui permettant un accès à des milieux favorables à son alimentation. D'un côté, la disparition des jours de gel, la salinisation des plans d'eau et l'éventuelle diminution des niveaux d'eau pourraient

lui être plutôt favorables. De l'autre, l'intensification et la hausse de fréquence des coups de mer dans le futur pourraient menacer ses zones de nidification (aujourd'hui hors RNN mais proches), ou à terme recréer un îlot favorable à la reproduction sur la Réserve. Or si les submersions marines impactent négativement la reproduction de l'espèce en Camargue, cela touchera en conséquence les effectifs présents sur le site. La vulnérabilité du Flamant rose au changement climatique sur la Réserve de Camargue se situe entre possible opportunité à court terme et forte incertitude sur le devenir des zones de nidification.

Vulnérabilité **moyenne** à long terme

A long terme, les submersions de plus en plus fréquentes et importantes pourraient entraîner la **marinisation** des lagunes, ce qui sera défavorable aux flamants (hauteur d'eau moins favorable et proies préférentielles dans les lagunes et marais). Les niveaux d'eau plus hauts rendront aussi la nidification plus compliquée pour cette espèce sur les sites de reproduction actuels (extérieurs à la RNN), mais pourraient éventuellement favoriser l'apparition d'îlots favorables sur la Réserve. Il est difficile d'anticiper la réaction de l'espèce à ces évolutions, notamment car sa présence pour s'alimenter sur le site dépend fortement de l'évolution des milieux qu'elle fréquente hors du site. On peut notamment envisager l'hypothèse d'un report sur des milieux doux qui se saliniseraient, mais l'évolution de leur gestion (par exemple pour les marais de chasse) est un facteur complexe à évaluer à long terme. Cette évaluation repose donc sur de nombreuses incertitudes, mais propose un niveau de vulnérabilité moyen à long terme pour le Flamant rose dans le périmètre actuel de la RNNC.

► Sanglier

OPPORTUNITÉ FORTE à moyen terme

La hausse des **températures hivernales** et la réduction du nombre de jours de gel sont favorables au sanglier, à la fois pour la reproduction et la survie, notamment des jeunes. À l'inverse, les étés très chauds pourraient avoir un léger effet négatif sur la croissance des populations. Pour autant, le sanglier est présent ailleurs en Europe et au-delà, sous des climats plus chauds et secs que la Camargue actuelle. L'accès à de **l'eau douce** pour s'abreuver est un paramètre important, assez incertain en contexte de changement climatique. En effet, les précipitations étant très incertaines, l'ETP en hausse toute l'année, et les apports d'eau douce potentiellement limités à terme en période estivale, l'accès à l'eau douce sur le site pourrait être plus compliqué. L'effet des évolutions climatiques sur la disponibilité alimentaire est difficile à estimer en Camargue. Les submersions marines quant à elles ne devraient pas être particulièrement défavorables aux sangliers, qui sont mobiles sur le site, car les coups de mer toucheront des milieux déjà en eau salée ou saumâtre, ou d'autres milieux mais temporairement à moyen terme. Enfin, la pression de chasse pourrait

Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique

Réserve naturelle nationale de Camargue

diminuer à terme, mais aussi connaître un report de la chasse au gibier d'eau vers le sanglier. Le sanglier est une espèce **très adaptable** (à la fois pour l'habitat, l'alimentation, la reproduction), qui pourrait ainsi présenter une opportunité au changement climatique en Camargue.

Vulnérabilité **moyenne** à long terme

A long terme, les submersions de plus en plus fréquentes et importantes pourraient toucher plus de zones du site, accentuant également la salinisation des points d'eau et des sols, ce qui serait défavorable au sanglier (pour s'abreuver essentiellement). De manière plus indirecte, la hausse de salinité et les sécheresses estivales pourraient aussi finir par entraîner une dégradation des habitats (notamment ligneux) servant de zone de repos au sanglier, qui lui serait défavorable. La capacité de déplacement de cette espèce pourrait lui permettant de trouver de nouveaux milieux plus favorables, mais ils se situeront alors probablement hors du site à long terme. La vulnérabilité est ainsi considérée moyenne à long terme pour le sanglier sur la Réserve de Camargue.



Figure 20 – Photo d'un sanglier à la Capelière
© S. Befeld / RNNC

► Insectes hématophages

OPPORTUNITÉ TRÈS FORTE à moyen terme

Les évolutions du climat camarguais devraient être globalement favorables à moyen terme aux insectes hématophages présents. La hausse des **températures** devrait par exemple permettre l'accroissement de leur abondance en raccourcissant leur cycle de vie. La réduction du nombre de **jours de gel** et les températures hivernales plus douces seront également favorable à leur survie, et pourraient aussi permettre un allongement de la période d'activité de certaines espèces. La salinisation des plans d'eau aura probablement des impacts variés selon les insectes et espèces (certains moustiques sont plus sensibles que d'autres par exemple). Les coups de mer et tempêtes pourraient aussi avoir un impact négatif sur certaines espèces, en inondant par exemple les sansouïres où elles se reproduisent. Cependant, un report de ces sites



Figure 21 – Photo de moustique © S. Befeld / RNNC

larvaires vers des milieux plus propices à l'échelle du site ou autour est très probable, en particulier pour les espèces les plus mobiles. **L'assèchement** plus intense des plans d'eau et des sols en période estivale pourrait aussi être une contrainte importante pour certaines espèces. La plupart de ces espèces sont plutôt généralistes et ont un cycle de vie court, et sont donc plutôt adaptables. Il reste complexe, au regard des **connaissances actuelles** des insectes hématophages de la RNNC, d'estimer quelles espèces profiteront du changement climatique et lesquelles verront leurs niches écologiques se réduire. Si la composition de ce

cortège pourrait donc évoluer, il est en revanche très probable qu'il se maintienne dans l'ensemble, voire bénéficie des évolutions climatiques à moyen terme. Il est également important de mentionner ici le rôle d'un certain nombre de ces espèces dans la transmission de maladies. En particulier, certains pathogènes pourraient arriver ou se propager plus largement en Camargue en lien avec le changement climatique et ses impacts sur les insectes vecteurs (par exemple : la dengue et le paludisme avec les moustiques, ou la fièvre Crimée-Congo avec les tiques). Voir aussi le paragraphe **Pathogènes et maladies** page 36.

Incertitude à long terme

A long terme, les submersions de plus en plus fréquentes et importantes pourraient toucher plus de zones du site, accentuant également la salinisation des points d'eau et des sols, ce qui serait défavorable à certaines espèces. En cas de marinisation complète, les espèces ne se développeraieent plus sur la RNNC mais autour et pourraient alors être toujours présentes sur site.

► Synthèse de la vulnérabilité du patrimoine naturel

Les résultats de l'analyse de vulnérabilité et opportunité à moyen terme du patrimoine naturel de la réserve naturelle nationale de Camargue peuvent être résumés sous la forme du schéma page suivante (Figure 22). Il est important de rappeler que cette analyse est indicative et est réalisée à partir des connaissances disponibles au moment de la rédaction du document. Les différents niveaux de vulnérabilité / opportunité obtenus restent subjectifs et surtout propres au site et à l'horizon de temps pour lequel ils ont été réfléchis et définis.

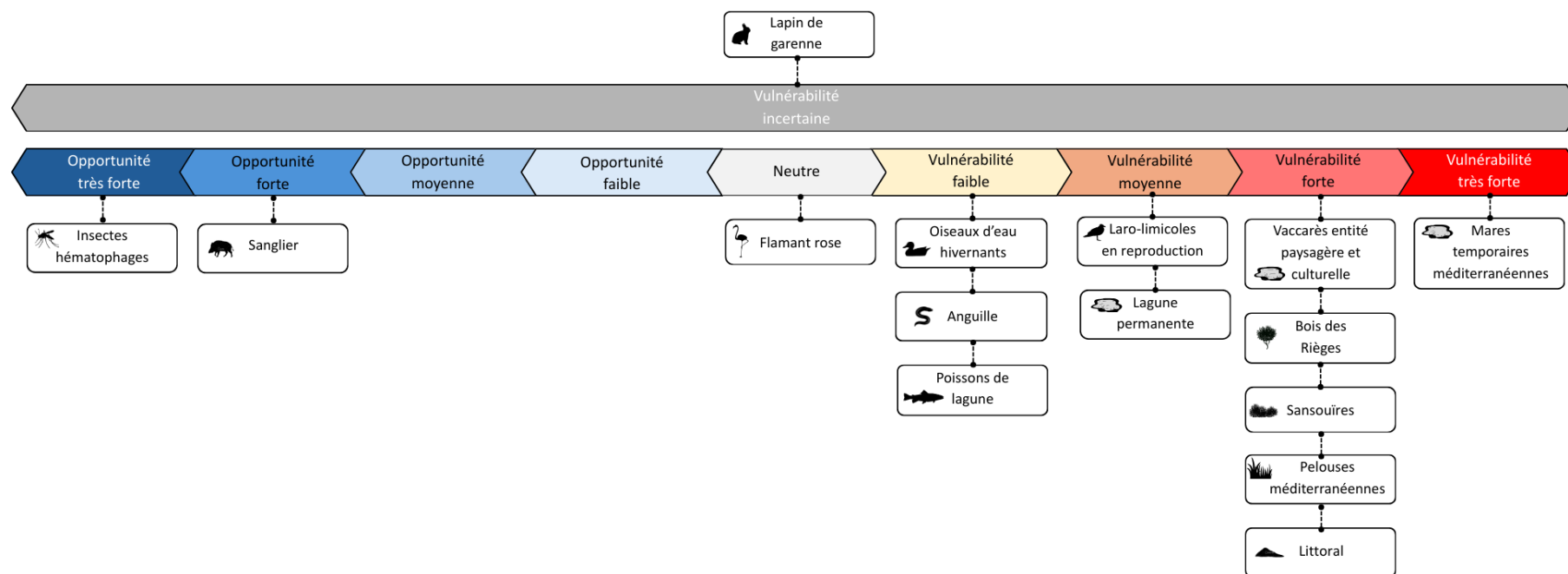


Figure 22 – Schéma synthétique des résultats de l'analyse de vulnérabilité et opportunité au changement climatique des objets du patrimoine naturel de la RNNC

EVOLUTION POTENTIELLE DES ACTIVITES SOCIO-ÉCONOMIQUES

Des entretiens menés auprès des acteurs du territoire, il ressort que ces derniers semblent tous conscients des impacts du changement climatique sur le territoire et sur leurs activités. Ils le considèrent comme un enjeu majeur des années à venir. Parmi leurs inquiétudes reviennent régulièrement les questions de la salinisation, de la disponibilité de la ressource en eau douce ainsi que de la submersion marine et de l'érosion côtière. D'autre part et malgré des intérêts parfois divergents, tous les acteurs interrogés s'accordent sur le besoin de protéger les espaces naturels Camarguais et les espèces animales et végétales qui les habitent, qui font partie d'une identité territoriale forte.

Pour la majorité d'entre eux, il est nécessaire d'avoir sur ce sujet une réflexion et une dynamique territoriale commune, quitte pour certains à remettre en question le fonctionnement actuel du delta, notamment en termes de gestion de l'eau. Ainsi, ils apprécient les instances de discussions comme la CEDE (désormais le comité de gestion du Pertuis de la Fourcade), qui permettent d'évoquer ces enjeux avec la diversité d'acteurs concernés.

Pour autant, tous n'ont pas les mêmes attentes vis-à-vis de la Réserve. Si l'ensemble des acteurs s'accorde à dire que des initiatives comme le Plan de Sauvegarde du Vaccarès sont précieuses et permettent de travailler ensemble, l'implication attendue de la Réserve dépasse parfois son périmètre : il en est ainsi pour les berges du Vaccarès appartenant à des propriétaires privés et susceptibles à l'érosion, ou encore pour la question de la qualité de l'eau de drainage qui peut être acceptée ou non dans l'hydrosystème Vaccarès.

► Agriculture et élevage

L'agriculture est évidemment très dépendante du climat et ses impacts sur les sols et les plantes. En Camargue en particulier, les plus grosses contraintes futures au vu des évolutions probables du climat seront le stress hydrique et la salinité du sol et de l'eau. Ainsi, la disponibilité en eau douce du Rhône deviendra une contrainte majeure pour les agriculteurs, variable à la fois selon les débits du fleuve (avec



Figure 23 – Photo de chevaux Camargue sur le secteur d'Amphise © S. Befeld / RNNC

des risques élevés d'étiages sévères et prolongés), sa salinité (risque accru de remontée du coin salé), mais aussi le coût de pompage et d'utilisation de l'eau. On pourrait alors observer une évolution des rotations de cultures pour s'adapter autant que possible à ces contraintes. Le maraîchage, qui se développe en Camargue et nécessite des apports d'eau réduits sur la parcelle, pourrait par exemple se maintenir tant que – ou dans des zones où – la salinisation n'est pas encore trop avancée. Le maintien de la riziculture reste très probable à moyen terme en raison de sa capacité à dessaler les terres.

Côté élevage, la salinisation, les températures élevées et la faible disponibilité en eau douce l'été vont compliquer l'abreuvement du bétail, et potentiellement diminuer la valeur fourragère des milieux. Les bêtes seront aussi fortement impactées par les insectes hématophages, et notamment les zoonoses qu'ils véhiculent. Dans les deux cas, les conditions de travail seront plus difficiles en raison des conditions climatiques (températures, humidité dans l'air) ainsi que des efforts à fournir pour les compenser.

► Chasse

L'évolution des activités de chasse au gibier d'eau soulève des incertitudes, notamment liées aux changements attendus à terme dans la composition des cortèges d'oiseaux d'eau. Pour le sanglier en revanche, les acteurs envisagent une augmentation de la population en raison du changement climatique

et un besoin plus fort de régulation. Un report partiel des activités cynégétiques du gibier d'eau vers le sanglier peut donc être envisagé à terme. L'hypothèse d'une réduction de l'activité de chasse, notamment en raison de conditions plus difficiles en été et de la diminution du nombre de chasseurs, n'est pas non plus à exclure.

► Pêche

Si la marinisation (voire la submersion) des lagunes inquiète les pêcheurs, tout comme le changement de la composition des cortèges aquatiques, il existe tout de même des possibilités pour adapter l'activité de pêche à ces nouvelles conditions. Il semble que la pêche restera une activité prégnante en Camargue et en périphérie de la Réserve.

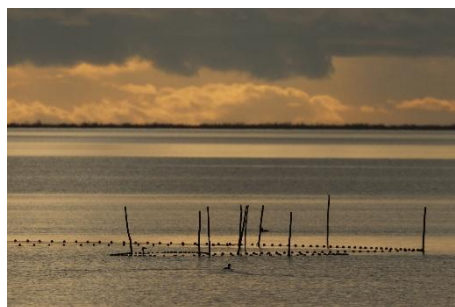


Figure 24 – Photo de filets de pêche dans le Vaccarès © S. Befeld / RNNC

► Accueil du public

En raison notamment des hausses de température, la fréquentation sera amenée à baisser sur la période estivale, tant pour la partie muséographique que pour les visiteurs à pied et à vélo sur la digue à la mer. Elle pourrait alors tendre vers un report sur des horaires et périodes différentes. Les événements météorologiques extrêmes (pluie, vent, coup de mer) compliqueront l'accès au site en période hivernale, et à terme, en cas de submersion de la digue, pourraient l'empêcher.

► Recherche scientifique

La recherche scientifique, en raison des impacts du changement climatique sur les espèces et les milieux ainsi que sur la topographie et les sites archéologiques, sera consolidée comme un enjeu crucial : il sera nécessaire de documenter les changements, d'améliorer les connaissances et de restituer ces données. Les conditions climatiques compliqueront en revanche le travail de recherche et de suivi pour les agents, en rendant le travail plus pénible. De nouvelles thématiques de recherches pourraient aussi émerger, et nécessiteront d'intégrer pleinement le changement climatique, comme paramètre ou sujet de ces travaux.

EVOLUTION POTENTIELLE DES OUTILS ET MOYENS DE GESTION

► Gestion hydraulique

Dans le contexte actuel d'endiguement du delta, les apports d'eau douce proviennent uniquement des précipitations ou du réseau hydraulique artificiel (sauf épisode d'inondation par le Rhône, le dernier remontant à plus de vingt ans). Les évolutions du climat, et en particulier l'augmentation à venir de l'évaporation des plans d'eau et de l'évapotranspiration par les plantes, impliqueront des besoins en eau plus importants pour les usages. En revanche, les entrées d'eau salées dans le système seront augmentées, à la fois par la montée du niveau de la mer, les coups de mer franchissant les ouvrages, les intrusions salines par le sol ou le Rhône, etc. Elles risquent ainsi d'être progressivement plus fréquentes ou importantes, y compris dans le cas de la mise en place de certaines actions visant à les limiter (maintien de la digue, contrôle des entrées par les ouvrages, arrêt du pompage au Rhône en cas de salinité élevée, ...). Les évolutions potentielles de ce moyen de gestion, qui n'est pourtant pas réellement aux mains du gestionnaire de la Réserve, sont donc extrêmement incertaines et dépendantes de décisions politiques, économiques et techniques prises par d'autres acteurs du territoire. On note tout de même qu'une des hypothèses d'évolution envisage un fonctionnement « plus naturel » de l'hydrosystème, dans le cas où les submersions marines hivernales et l'évaporation accrue en été causeraient des hauteurs d'eau saisonnières plus proches du fonctionnement naturel d'une lagune, avec potentiellement des inondations ponctuelles par le fleuve.

► **Gestion des Espèces Exotiques Envahissantes (EEE)**

Dans le contexte de changement climatique, les sécheresses répétées et le phénomène de salinisation des sols et des eaux pourraient impacter négativement certaines espèces exotiques envahissantes sensibles au sel (comme la Jussie) ou au déficit hydrique. En revanche, d'autres espèces pourraient tirer parti des nouvelles conditions environnementales, comme des espèces aquatiques profitant d'une eau plus chaude. Les besoins de gestion des EEE sur le site pourraient donc évoluer, et nécessiteront probablement d'être réévalués par espèces et secteurs. Par ailleurs, les évolutions du climat pourraient réduire les périodes favorables à l'arrachage de certaines EEE comme le Baccharis, en asséchant plus longtemps les sols en période estivale ou en les inondant en période hivernale par exemple.

► **Conditions de travail de l'équipe**

Les conditions de travail de l'équipe de gestion de la Réserve vont devenir plus difficiles dans le futur à cause du changement climatique, en particulier en période estivale. En plus des fortes chaleurs (qui vont s'intensifier mais aussi s'étaler plus longuement sur l'année), on devrait observer une hausse des maladies émergentes, causant un risque sanitaire pour les personnes exposées. En ajoutant à ces éléments un accès possiblement plus compliqué au site à certaines périodes de l'année et de la journée, on peut prévoir une réduction des fenêtres d'intervention sur le terrain (suivis, actions de gestion et travaux, surveillance, etc.), dégradant les conditions de travail de l'équipe et compliquant la réalisation des missions du gestionnaire telles qu'envisagées aujourd'hui.

► **Surveillance, police, réglementation**



Figure 25 – Photo d'un garde surveillant la réserve
© S. Befeld / RNNC

Si la fréquentation touristique future est difficile à estimer, son évolution pourrait impliquer une modification des priorités de surveillance du littoral à certaines périodes, tout comme pour la chasse et la pêche sur le reste du site. La potentielle ouverture créée par la maritimisation pourrait à terme permettre des intrusions au sein de la Réserve par la mer, qui nécessiteront une surveillance supplémentaire. Enfin, ces évolutions et les modifications futures de la Réserve, posent des questions quant aux aspects juridiques et réglementaires existants et leurs éventuelles adaptations nécessaires.

► **Suivis scientifiques**

Comme pour les autres activités de gestion, les suivis scientifiques seront confrontés aux conséquences du changement climatique sur le site, comme des difficultés à certaines périodes pour l'accès à certains secteurs, la possibilité de réaliser les mesures, la présence des espèces suivies ou leur caractère prioritaire, etc. Au-delà des évolutions mêmes des suivis scientifiques en conséquence du changement climatique, le climat est un paramètre à part entière et supplémentaire à intégrer aux études réalisées.

► **Animations et sensibilisation**

Au-delà des contraintes et évolutions de la fréquentation par le public, déjà évoquées pour l'activité d'**Accueil du public**, les animations et la sensibilisation opérées par le gestionnaire sur le site pourraient être impactées par les évolutions du patrimoine naturel. En effet, les milieux, espèces et paysages présents actuellement sont l'objet de ces animations et supports de sensibilisation, et le changement climatique pourrait les faire évoluer rapidement, rendant indispensable une réflexion sur le maintien, l'abandon ou l'adaptation de ces outils. Cet objet est évidemment également lié aux conditions de travail et de visite pour

les agents et visiteurs, ainsi qu'aux bâtiments et infrastructures permettant leur accueil, qui sont traités ci-dessous.

► **Bâtiments et entretien des infrastructures**

Les évolutions futures du climat, et en particulier les coups de mer répétés sur le littoral, causeront des dégradations sur les bâtiments et infrastructures de la Réserve. Les accès aux sites pourraient aussi être compromis de plus en plus régulièrement suite à l'inondation des pistes et routes en lien avec des niveaux d'eau élevés dans l'hydrosystème. Cela soulèvera des questions quant au maintien des activités du gestionnaire sur site, notamment les bureaux, le stockage, et l'accueil du public.



Figure 26 - Photo du bâtiment et phare de la Gachole © S. Befeld / RNNC

5. Nouveaux arrivants

Le changement climatique et ses différentes composantes se traduisent par des modifications de cortèges d'espèces. Ces modifications sont pour partie liées à l'arrivée de nouvelles espèces à la faveur de conditions devenues plus favorables. Il s'agit alors de modifications de leur aire de répartition. Les **nouveaux arrivants** sont ainsi les espèces ou habitats actuellement absents du site et qui pourraient émerger dans le futur. On s'intéresse ici aux potentiels nouveaux arrivants **liés au changement climatique**. Globalement en France, les espèces migrent vers le Nord et en altitude afin de s'adapter à la hausse des températures et ses conséquences. La Réserve de Camargue est située sur le littoral méditerranéen, au niveau de la mer qui la borde au Sud. Il faut donc réfléchir à plus grande échelle afin de comprendre les modifications et arrivées possibles d'espèces. Les éléments présentés ci-dessous ne sont pas exhaustifs, mais permettent d'amorcer une réflexion sur ce sujet dans la continuité du diagnostic réalisé.

En Camargue, delta ouvert sur la méditerranée, les arrivées récentes ou potentielles à venir concernent plusieurs groupes taxonomiques. Deux grandes catégories d'arrivées peuvent être distinguées : les espèces qui vont se déplacer « naturellement » (cela concerne donc préférentiellement les espèces en capacité de réaliser des déplacements significatifs) à la faveur de conditions nouvellement favorables et les espèces dont la présence est liée à une introduction volontaire ou passive et qui profiteront de caractères opportunistes et généralistes, adaptables à des milieux fragilisés et à des variations climatiques rapides. On ne tient pas compte ici des éventuelles translocations d'espèces qui pourraient être réalisées dans le cadre d'actions de préservation depuis des espaces naturels situés plus au sud.

Chez les oiseaux, parmi les arrivants récents, il est possible de citer l'Oie cendrée (*Anser anser*) qui a connu une augmentation de ses effectifs en Camargue correspondant à une quasi-disparition de l'hivernage en Afrique du Nord (Dick *et al.*, 1991 ; Scott *et al.*, 1996), devenu inhospitalier en raison de la dégradation des habitats et du changement climatique (Desnouhes *et al.*, 2003 ; Podhrázký *et al.*, 2017). Puis, la poursuite du réchauffement climatique a probablement incité les oies à raccourcir davantage leur trajet migratoire (phénomène de « winter short-stopping » = réduction de la distance de migration hivernale, étendant alors sa zone de distribution vers le nord), s'arrêtant désormais en Italie ou plus au nord le long de la voie de migration (Ramo *et al.*, 2015 ; Guillemain, 2025). Quant aux futurs arrivants potentiels, des espèces méridionales, encore très rares voire exceptionnelles en Camargue (Sarcelle d'été, Sarcelle marbrée et Éristature à tête blanche), pourraient en effet devenir plus fréquentes.

Coté lagunes, le crabe bleu (*Callinectes sapidus*) a vu son aire de répartition s'étendre en réponse au réchauffement accéléré des océans (Marchessaux *et al.*, 2024) et il est depuis quelques années présent dans l'hydrosystème Vaccarès. Plus globalement, les cortèges en mer devraient être amenés à se transformer, en particulier avec l'apparition d'espèces tropicales en provenance de l'Atlantique mais aussi du canal de Suez (Albano *et al.*, 2024). Il est probable que plusieurs de ces nouveaux arrivants pénètrent l'hydrosystème Vaccarès à l'avenir (poissons, mollusques cnidaires...). Chez les herbiers aquatiques, des résultats suggèrent que le réchauffement futur augmentera l'habitat thermique disponible pour les espèces thermophiles en mer Méditerranée et continuera à favoriser leur expansion (Wesselmann *et al.*, 2024). Dans le Vaccarès, la découverte d'une nouvelle espèce de *Lamprothamnium* pour l'Europe continentale en 2025, taxon qualifié d'affinité plutôt tropicale (Muller *et al.*, 2017) pourrait-elle être un symbole de ces nouveaux arrivants ? Une marinisation plus importante du Vaccarès pourrait également se traduire par l'arrivée d'espèces d'affinités plus marines, avec par exemple le développement de la zostère marine (*Zostera marina*) ou des Cymodocées (*Cymodocea nodosa*), aux côtés (ou à la place ?) de la zostère naine (*Zostera noltei*) ? La partie littorale de la Réserve sera aussi très influencée par les évolutions en mer Méditerranée. Ainsi, une augmentation de la nidification de tortues caouannes (*Caretta caretta*) pourrait concerner le rivage français méditerranéen, dont la Camargue et les immenses plages de la Réserve (Mancino *et al.*, 2022).

Chez les arthropodes, *Hyalomma marginatum* est découvert dans la Réserve en 2025. Cette tique vectrice de divers agents pathogènes, dont de nouveaux arrivants comme le virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo, a vu son aire de répartition changer, probablement en lien avec le changement climatique (Giupponi *et al.*, 2025). D'autres devraient suivre, au gré de déplacements actifs ou passifs, incluant des virus et bactéries nouvelles. Autre exemple, chez les insectes cette fois-ci, avec une sauterelle (*Conocephalus conocephalus*) qui a probablement profité des récents changements climatiques pour étendre ses populations camarguaises (Pélissié, Thibault, 2021). Peut-on imaginer un jour apercevoir un *Orthetrum trinacria*, libellule bleue effilée, dont l'expansion est très probablement favorisée par le changement climatique (Berquier, 2023), aujourd'hui présente sur les littoraux espagnols, italiens et corses, sur les bords d'une zone humide saumâtre dans la Réserve ?

Il est difficile de dresser un panel précis tant les incertitudes sont nombreuses, mais aussi des pans entiers de connaissance naturalistes déficitaires (pour savoir qu'une espèce arrive, encore faut-il savoir qu'elle n'était pas présente avant...). La veille et la vigilance devront donc être de mises pour détecter ces arrivées et voir comment évoluent les cortèges à l'avenir.

V. Récit prospectif

Le récit prospectif présente une vision de comment la RNN de Camargue pourrait évoluer sous l'effet du changement climatique. Des éléments et citations issus d'un atelier réalisé avec des acteurs du territoire sont intégrés à ce récit afin d'exposer également leur point de vue sur le devenir du site et des activités qui s'y déroulent. Cet atelier, regroupant une partie des acteurs rencontrés en entretien au cours de la démarche, avait pour objectif de faire échanger les acteurs autour des impacts observés et anticipés du changement climatique et de leur faire construire leur propre récit prospectif.

Pour se projeter dans l'avenir de la Réserve de Camargue à partir du diagnostic de vulnérabilité, le choix est fait de s'intéresser à deux périodes distinctes. Ces dernières sont liées au facteur fondamental qui influe sur le paysage et le patrimoine naturel de la Camargue : le fonctionnement hydrologique, en lien avec l'élévation du niveau marin.

À MOYEN TERME (HORIZON 2050) EN L'ABSENCE D'ÉVÈNEMENTS EXTRÊMES

En l'absence d'évènements extrêmes (tempêtes marines ou inondations majeures du Rhône), l'ensemble du patrimoine naturel actuel de la réserve se maintiendrait à court et à moyen terme, avec des variations selon les habitats ou les cortèges d'espèces. Les digues (à la mer et au Rhône) continuent de jouer leurs rôles même si sur la digue à la mer quelques brèches se créent ponctuellement. Les écosystèmes de la Réserve étant adaptés aux conditions méditerranéennes, ils disposent d'une capacité de résistance et résilience à des conditions météorologiques variables, avec probablement des effets de seuils difficiles à délimiter précisément.

Malgré une certaine résilience, l'état de certains habitats et espèces (mares méditerranéennes, sansouïres, Bois des Rièges ...) pourrait se dégrader sous l'influence du changement climatique. Les épisodes de fortes chaleurs et de sécheresses augmentent, la salinité progresse et le niveau marin poursuit sa hausse. Les cortèges des mares temporaires méditerranéennes, quoique résistants et résilients, connaissent une diminution de leur diversité et la disparition d'espèces emblématiques comme le Pélobate cultripède. Ce sont ensuite les dunes et les plages qui sont les plus touchées : elles font face à un phénomène d'érosion et de recul, dans la partie ouest de la Réserve en l'état actuel. De leur côté, les sansouïres sont soumises à une modification des espèces et de la structure de l'habitat. Des assecs prolongés et la hausse de l'évaporation se traduisent par une favorisation des espèces supportant mieux la salinisation, avec des nuances selon les apports d'eau et de sel par la mer (directs ou souterrains). Quant aux lagunes, certains éléments fonctionnels pourraient évoluer défavorablement (qualité de l'eau, salinités, simplification des cortèges, augmentation des espèces exotiques). Les herbiers de zostères seront stressés par les températures qui augmentent et la poursuite de la contamination des eaux.

Tout autour de la Réserve, le paysage change lui aussi. Du fait des fortes chaleurs et des sécheresses ainsi que des débits réduits du Rhône à l'étiage, les activités agricoles sont fortement impactées par la salinité du sol et peinent parfois à accéder à l'eau douce – en particulier les cultures irriguées mais également le pâturage. Une partie des terres commence à ne plus être cultivée, parfois laissée au profit de l'élevage extensif. Ces changements d'activités s'ajoutent aux effets directs des changements climatiques sur la Réserve car ils s'accompagnent d'une baisse des apports d'eau de drainage, entraînant une hausse de la salinité et une baisse des apports de contaminants. Du fait de la baisse de disponibilité et des difficultés de gestion de l'eau douce, les marais à vocation

cynégétique voient leur gestion se compliquer. Un report partiel sur les populations de sangliers permet de continuer à traiter les problématiques de dégâts de cultures.

Durant cette période de transition, les effets de l'élévation du niveau marin restent variables. Des apports souterrains d'eau salée accrus, mais aussi des submersions ponctuelles plus ou moins importantes dans l'espace et le temps pourraient être observés. Cette question des niveaux d'eau et de la salinité impacte les activités de pêche. En effet, les apports d'eau salée par la nappe souterraine et par les coups de mer occasionnels salinisent ponctuellement les lagunes. Le cortège de poissons se modifie peu à peu en conséquence et de plus en plus d'espèces exotiques sont rencontrées. Pour autant, les pêcheurs poursuivent leurs activités en lagune et mer, avec un report plus important sur cette dernière option lorsque les lagunes sont trop peu profondes pour y mener leur activité. Dans l'ensemble, le paysage et les espèces présentes en Camargue évoluent encore lentement. Avec les hausses de température, les périodes de fréquentation ont bien changé : la période estivale connaît une chute de fréquentation. Les accès aux sites d'accueil sont ponctuellement fermés du fait de l'inondation des routes par les niveaux d'eau parfois hauts du Vaccarès et des submersions ponctuelles de la digue à la mer. La fréquentation de cette dernière a tendance à augmenter.

Du point de vue des acteurs

Les activités de pêche s'adapteront et perdureront, malgré les évolutions des cortèges de poissons (de plus en plus marins) et l'extension des espèces exotiques envahissantes à l'image du crabe bleu.

« Pour la pêche, pas de négatif. Il y aura de l'eau, on s'adaptera » (un pêcheur)

À LONG TERME (HORIZON 2100)

À la fin du siècle, la digue à la mer n'est plus entretenue au droit de la Réserve. La mer Méditerranée atteint des niveaux (superficiels et souterrains) qui impactent la nature même de la Réserve, posant la question de son périmètre afin d'intégrer l'évolution du domaine public maritime. Les lagunes permanentes sont marinisées et leur connexion à la mer s'accroît. Elles présentent des niveaux d'eau hauts et stables, au moins durant les périodes où elles sont connectées à la mer. Mais des variations de niveaux d'eau et de salinité sont observées, en particulier liées à la dynamique sédimentaire (réduction voire absence de connexion temporaire à la mer). Les herbiers de zostères se diversifient avec des zostères marines ou des cymodocées, mais les canicules marines rendent la vie estivale difficile dans les lagunes. Les poissons marins sont majoritaires dans le Vaccarès.

Du point de vue des acteurs

Le sud de la Réserve, en l'absence de protection, se marinisera progressivement.

« La Camargue retrouvera son caractère sauvage et naturel » (un éleveur)

« Les lagunes auront bien changé, avec des niveaux plus hauts et plus variables » (un gestionnaire)

Certaines lagunes temporaires historiques deviennent permanentes, et les zones terrestres sont soumises à l'augmentation de l'érosion hydrique et à la salinisation. Les dunes ont en partie disparu

Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique

Réserve naturelle nationale de Camargue

ou reculé (notamment celles à l'ouest). Le phare de la Gachole siège seul sur le littoral, petit à petit entamé par les flots. Une partie des pelouses et montilles est sous l'eau, ou trop salinisée pour maintenir des cortèges non halophytiques. Les salicornes ont colonisé les montilles les moins hautes, créant de nouveaux îlots favorables aux laro-limicoles coloniaux. L'érosion hydrique est importante. C'est notamment le cas aux Rièges, où les genévriers (comme les autres arbustes et arbres) ont considérablement régressé et où les bois les plus occidentaux sont particulièrement érodés sur leurs faces nord, voire ont disparu. Les flamants roses ont installé une colonie de reproduction sur le deuxième bois des Rièges, cerné par les eaux salées. Les sansouïres entre la digue à la mer et les Rièges ont en grande partie disparu, sous l'eau en permanence ou quasiment. Quelques zones de dépôts sédimentaires (sables, coquilles, limons...) forment de nouveaux bancs dans les lagunes, offrant parfois des zones de nidification potentielle aux laro-limicoles.

Certains marais historiquement doux périphériques à la Réserve se sont salinisés et sont devenus des lagunes temporaires ou permanentes, en connexion avec le Vaccarès. Le Rhône alimente régulièrement la Réserve en eau douce et sédiments à l'occasion de crues et de l'évolution des différents bras du Rhône, qui retrouve de la mobilité, notamment en lien avec des digues submersibles permettant des crues ponctuellement. Les eaux de drainage agricole sont à présent réduites en volume.

Les ouvertures à la mer s'accompagnent parfois d'intrusions dans la Réserve de personnes en bateau. En revanche, le tourisme d'autrefois n'est plus qu'un souvenir, aujourd'hui seulement cantonné aux Saintes-Maries-de-la-Mer, encore protégées des flots par des investissements colossaux. L'interdiction de la pêche sur la Réserve devient un enjeu de surveillance et de police important, en raison de l'attractivité des lagunes connectées à la mer au sein de la Réserve.

Du point de vue des acteurs

Certains habitats disparaîtront à terme de la moitié sud de la réserve, comme les dunes, les roselières et le Bois des Rièges, au profit de milieux marins ou lagunaires et d'habitats supportant bien le sel.

« Les paysages seront dominés par le sel. La Camargue risque de ressembler à un désert salé ou à une mer » (un pêcheur)

« Le Phare de la Gachole sera une île » (un éleveur)

A l'échelle du delta, les survenues de plus en plus fréquentes de submersions marines ont modifié en profondeur l'occupation et les activités en Camargue. Des activités historiques comme la riziculture ont régressé. L'agriculture s'est réorientée vers des modes d'occupation plus flexibles, notamment au travers du pâturage extensif qui devient plus saisonnier avec le retour des transhumances.

Du point de vue des acteurs

L'agriculture et l'élevage feront face à de grandes difficultés du fait de la salinisation des milieux et des difficultés d'approvisionnement en eau douce. Ces activités pourraient s'adapter en remontant de manière stratégique vers le nord du delta et les terres hautes.

« L'agriculture prendra moins de place au sud du delta, peut-être y aura t'il plus de cultures que d'élevage au nord, en raison des problèmes d'eau » (un éleveur)

« Il y aura peut-être un pâturage saisonnier, ponctuel ou itinérant » (un gestionnaire)

Les bâtiments de la Réserve sont parfois inaccessibles du fait des routes inondées, ou en mauvais état du fait des remontées d'eau et de sel. Les infrastructures de la Réserve (signalétique, pistes, bâtiments, ouvrages hydrauliques...) sont endommagées et doivent être repensés. Les équipes de la Réserve doivent trouver un nouveau siège social au nord de la Camargue ou à Arles.

Avec les changements profonds des caractéristiques du delta et de son fonctionnement, ce sont la nature et la gestion de la Réserve qui doivent être questionnées et adaptées.

ET APRÈS... (POST 2100) ?

Au-delà de 2100, la hausse du niveau des océans et des mers se poursuit, tout comme la dynamique retrouvée de mobilité du fleuve. Un des bras du Rhône se jette au nord dans le Vaccarès, permettant de maintenir un gradient de salinité nord-sud et maintenant une grande richesse écologique aux zones remaniées. Le trait de côte retrouve progressivement sa localisation d'il y a 4 000 ans, en limite sud du Vaccarès. La réserve naturelle a connu une évolution considérable mais reste présente avec un visage et une ambition nouvelle, au contraire d'activités aujourd'hui disparues ou fortement régressé : saliculture, céréaliculture, tourisme...

Du point de vue des acteurs

Le recul du trait de côte entraînera un recul stratégique des activités, y compris la gestion des espaces protégés. Le périmètre de la réserve et son statut pourraient évoluer en conséquence, mais aussi sa gestion.

« La mission de la réserve pour ses 200 ans sera d'exister encore » (un propriétaire)

*« Evolution des plans de gestion pour permettre l'adaptation aux changements »
(un gestionnaire)*

La richesse biologique reste majeure du fait de la rencontre de la mer et du Rhône dans un delta

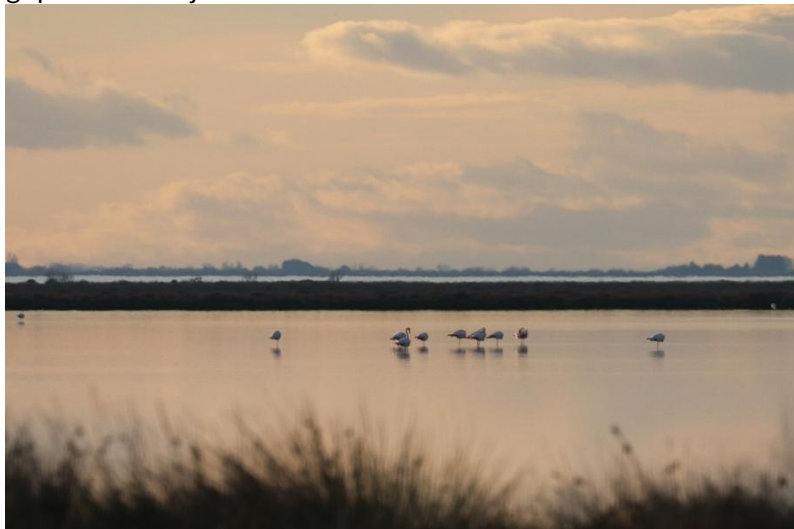


Figure 27 – Photo de la pointe de Mornès sur la RNNC © S. Befeld / RNNC

retrouvant ses origines fonctionnelles. La recomposition territoriale se poursuit, avec notamment le rachat par l'État de nouvelles propriétés riveraines du Vaccarès et leur intégration dans le périmètre de la Réserve.

Liste des acronymes

ASA	Associations Syndicales d'Assainissement
ASCo	Associations Syndicales Constituées d'Office
BRGM	Bureau de recherches géologiques et minières
CC	Changement climatique
CdL	Conservatoire du Littoral
CEDE	Commission exécutive de l'Eau
CEN	Conservatoire d'espaces naturels
DREAL	Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DVO	Diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité face au changement climatique
EEE	Espèce exotique envahissante
ETP	Evapotranspiration potentielle
FNE OcMed	France Nature Environnement Occitanie Méditerranée
GCA	Groupe Cynégétique Arlésien
GEMAPI	Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GREC-Sud	Groupe régional d'experts sur le climat en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur (anciennement GREC-PACA)
PACA	Provence-Alpes-Côte d'Azur
RCP	<i>Representative Concentration Pathway</i>
RNF	Réserves Naturelles de France
RNN	Réserve naturelle nationale
RNNC	Réserve naturelle nationale de Camargue
RNR	Réserve naturelle régionale
SAFRAN	Système d'analyse fournissant des renseignements atmosphériques à la neige - Météo-France
SNPN	Société Nationale de Protection de la Nature
SYMADREM	Syndicat mixte interrégional d'aménagement des digues du delta du Rhône et de la mer
TRACC	Trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique
VHD	Maladie hémorragique virale du lapin

Bibliographie

- AGENCE DE L'EAU RHÔNE-MÉDITERRANÉE-CORSE, 2023. *Les débits d'étiage du Rhône en baisse sous l'effet du changement climatique. Quels enjeux pour l'avenir ?* Communiqué de presse. 2023.
- ALBANO P. G., SCHULTZ L., WESSELY J., TAVIANI M., DULLINGER S. et DANISE S., 2024. The dawn of the tropical Atlantic invasion into the Mediterranean Sea. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 9 avril 2024. Vol. 121, n° 15, pp. e2320687121. DOI 10.1073/pnas.2320687121.
- ALLEN R. G., PEREIRA L. S., RAES D. et SMITH M., 1998. *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements* [en ligne]. repr. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations. [Consulté le 2 mai 2025]. FAO irrigation and drainage paper, 56. ISBN 978-92-5-104219-9. Disponible à l'adresse : <https://www.fao.org/4/x0490e/x0490e00.htm>
- BERQUIER C., 2023. *Orthetrum trinacia* (Selys, 1841). *Atlas dynamique des Odonates de France* [en ligne]. 2023. [Consulté le 27 janvier 2026]. Disponible à l'adresse : <https://atlas-odonates.insectes.org/odonates-de-france/orthetrum-trinacia>
- BOYER J., DUVAIL C., et LE STRAT P. (2003). *Le delta du Rhône : géodynamique postglaciaire*. Rapport BRGM/RP-52179-FR, 99 p.
- BRLI, 2022. *Etude de l'hydrologie du fleuve Rhône sous changement climatique – Mission 2 : Vulnérabilité et criticité de la ressource Rhône*. Rapport de mission 2. 2022.
- CEREMA, 2015. *Indicateur national de l'érosion côtière. Provence-Alpes-Côte d'Azur*. Octobre 2015.
- CHEIRON A., CHERAIN Y., VANDEWALLE P., BRICAULT B., GIBERT M., PALIARD V. et BEFELD S., 2016. *Plan de gestion 2016-2020 de la Réserve Naturelle Nationale de Camargue – Diagnostic de la Réserve (A)*. Réserve Naturelle Nationale de Camargue, Société nationale de protection de la nature.
- COHEZ D., PAIX L., GABRIE L. et OLIVIER A., 2016. *Plan de gestion 2016-2020 de la Réserve Naturelle Régionale de la Tour du Valat*. 2016. Tour du Valat, Arles, France.
- COUDURIER C., PETIT L., TISSOT A.C., LOCHON I., DANE J. et CHAMPION E., 2023. *Démarche d'adaptation au changement climatique Natur'Adapt – Guide méthodologique d'élaboration d'un diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité et d'un plan d'adaptation à l'échelle d'une aire protégée* [en ligne]. 11 février 2023. [Consulté le 7 mars 2023]. Disponible à l'adresse : <https://naturadapt.com/groups/communaute/documents/556/get>
- DESNOUHES L., PICHAUD M., LE CLAINCHE N., MESLÉARD F. et GIROUX J.F., 2003. Activity budget of an increasing wintering population of Greylag Geese *Anser anser* in southern France. *Wildfowl*. 2003. Vol. 54, pp. 41-51.
- DICK G., REHFISCH M., SKINNER J. et SMART M., 1991. Wintering Greylag Geese *Anser anser* in North Africa. *Ardea*. 1991. Vol. 79, n° 2, pp. 283-286.
- ELINEAU S., PEDREROS R., PARIS F., STÉPANIAN A. et BULTEAU T., 2019. *Modélisation de la submersion marine en Camargue - Simulations complémentaires pour le SYMADREM. Rapport final*. BRGM/RP-68619-FR, 54 p.
- FNE OCMED, 2025. *La salinisation* [en ligne]. Novembre 2025. France Nature Environnement Occitanie-Méditerranée. Disponible à l'adresse : <https://fne-ocmed.fr/wp-content/uploads/2025/12/FNE-OcMed-Guide-Salinisation-vf-WEB.pdf>
- GAGET E., GALEWSKI T., JIGUET F. et LE VIOL I., 2018. Waterbird communities adjust to climate warming according to conservation policy and species protection status. *Biological Conservation*. 1 novembre 2018. Vol. 227, pp. 205-212. DOI 10.1016/j.biocon.2018.09.019.
- GIUPPONI C., JOURDAN-PINEAU H., BERNARD C., BLANDA V., BOURQUIA M., BRU D., CABEZÓN O., CARRERA-FAJA L., ESPUNYES J., GOTTLIEB Y., JOLY-KUKLA C., MALANDRIN L., MECHOUK N., MIHALCA A. D., POLLET T., SAENGRAM P., TORINA A., VALCÁRCEL F., VATANSEVER Z., VIAL L., ZAHRI A., VERHEYDEN H. et HUBER K., 2025. Tracking invasion events: phylogeography of *Hyalomma marginatum* in the Mediterranean basin with a focus on Southern France. *Parasites & Vectors*. 14 octobre 2025. Vol. 18, n° 1, pp. 407. DOI 10.1186/s13071-025-06927-4.

- GREC-PACA, 2016. *Climat et changement climatique en région Provence-Alpes-Côte d'Azur*. Les cahiers du GREC-PACA [en ligne]. 2016. Disponible à l'adresse : https://www.grec-sud.fr/wp-content/uploads/2018/09/GREC_PACA_Cahier_Climat_CC_ref.pdf
- GREC-PACA, 2017. *La mer et le littoral de Provence-Alpes-Côte d'Azur face au changement climatique*. Les cahiers du GREC-PACA édités par l'Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR), mai 2017, 48 pages. ISBN : 9782956006046 Disponible à l'adresse : https://www.grec-sud.fr/wp-content/uploads/2018/09/GREC_PACA_Cahier_Climat_CC_ref.pdf
- GREC-SUD, 2023. *Les synthèses des cahiers du GREC-SUD. Enjeux climatiques en région Provence-Alpes-Côte d'Azur* [en ligne]. [Consulté le 23 mai 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.grec-sud.fr/wp-content/uploads/2023/01/Synthese-region-2023.08.25_Web_A4-1.pdf
- GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'EVOLUTION DU CLIMAT, 2021. *Changement climatique 2021 Les bases scientifiques physiques : contribution du groupe de travail I au sixième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Résumé à l'intention des décideurs. Genève, Suisse : GIEC. ISBN 978-92-9169-258-3.
- GUILLEMAIN M., 2025. *Les enjeux de l'oie: Dynamique de population et gestion adaptative*. éditions Quæ.
- INFOCLIMAT, 2025. Climatologie globale à Marseille-Marignane (Marseille Provence) - Infoclimat. [en ligne]. 2025. [Consulté le 2 juin 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.infoclimat.fr/climatologie/globale/marseille-marignane-marseille-provence/07650.html>
- MANCINO C., CANESTRELLI D. et MAIORANO L., 2022. Going west: Range expansion for loggerhead sea turtles in the Mediterranean Sea under climate change. *Global Ecology and Conservation*. 1 octobre 2022. Vol. 38, pp. e02264. DOI 10.1016/j.gecco.2022.e02264.
- MARCHESSAUX G., BARRÉ N., MAUCLERT V., LOMBARDINI K., DURIEUX, E. D. H., VEYSSIERE D., FILIPPI J.J., BRACCONI J., AIELLO A. et GARRIDO M., 2024. Salinity tolerance of the invasive blue crab *Callinectes sapidus*: From global to local, a new tool for implementing management strategy. *Science of The Total Environment*. 1 décembre 2024. Vol. 954, pp. 176291. DOI 10.1016/j.scitotenv.2024.176291.
- MÉTÉO-FRANCE, 2023. *Fiche climatologique - Statistiques 1991-2020 et records. Arles (13)*. [en ligne]. 6 juin 2023. Disponible à l'adresse : https://donneespubliques.meteofrance.fr/FichesClim/FICHECLIM_13004003.pdf
- MÉTÉO-FRANCE, 2024. DRIAS, Les futurs du climat. [en ligne]. 2024. [Consulté le 6 novembre 2024]. Disponible à l'adresse : <https://www.drias-climat.fr/>
- MÉTÉO-FRANCE, 2025a. CLIMAT HD par Météo-France. [en ligne]. 2025. [Consulté le 12 janvier 2025]. Disponible à l'adresse : <https://meteofrance.com/climathd>
- MÉTÉO-FRANCE, 2025b. Quel est l'impact du changement climatique sur les épisodes méditerranéens ? [en ligne]. 5 septembre 2025. [Consulté le 3 février 2026]. Disponible à l'adresse : <https://meteofrance.com/le-changement-climatique/quel-climat-futur/quel-est-limpact-du-changement-climatique-sur-les>
- MULLER S. D., RHAZI L., SOULIE-MÄRSCHÉ I., BENSLAMA M., BOTTOLIER-CURTET M., DAOUD-BOUATTOUT A., BELAIR G. De, GHRABI-GAMMAR Z., GRILLAS P., PARADIS L. et ZOUAÏDIA-ABDELKASSA H., 2017. Diversity and Distribution of Characeae in the Maghreb (Algeria, Morocco, Tunisia). *Cryptogamie, Algologie*. août 2017. Vol. 38, n° 3, pp. 201-251. DOI 10.7872/crya/v38.iss3.2017.201.
- ONERC, 2015. *Scénarios d'évolution des concentrations de gaz à effet de serre - Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. mars 2015.
- ONERC, 2018. *Les événements météorologiques extrêmes dans un contexte de changement climatique: rapport au Premier ministre et au Parlement*. Paris : La documentation française. ISBN 978-2-11-145703-4.
- PARIS F., PEDREROS R., STÉPANIAN A., BULTEAU T. et LECACHEUX S., 2017. *Modélisation de la submersion marine en Camargue - Simulations complémentaires pour le SYMADREM. Rapport final*. BRGM.
- PÉLISSIE M. et THIBAUT M., 2021. Découverte de *Conocephalus conocephalus* (L., 1767) en Camargue et pistes de recherche de nouvelles stations continentales (Orthoptera: Tettigoniidae). *Matériaux Orthoptériques & Entomocéniques*. 2021. pp. 131-136.

- PIKE C., CROOK V. et GOLLOCK M., 2020. *Anguilla anguilla*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T60344A152845178*. 2020.
- PODHRÁZSKÝ M., MUSIL P., MUSILOVÁ Z., ZOUHAR J., ADAM M., ZÁVORA J. et HUDEC K., 2017. Central European Greylag Geese *Anser anser* show a shortening of migration distance and earlier spring arrival over 60 years. *Ibis*. 2017. Vol. 159, n° 2, pp. 352-365. DOI 10.1111/ibi.12440.
- RAMO C., AMAT J. A., NILSSON L., SCHRICKE V., RODRÍGUEZ-ALONSO M., GÓMEZ-CRESPO E., JUBETE F., NAVEDO J. G., MASERO J. A., PALACIOS J., BOOS M. et GREEN A. J., 2015. Latitudinal-Related Variation in Wintering Population Trends of Greylag Geese (*Anser Anser*) along the Atlantic Flyway: A Response to Climate Change? *PLOS ONE*. 14 octobre 2015. Vol. 10, n° 10, pp. e0140181. DOI 10.1371/journal.pone.0140181.
- SCOTT D. A, ROSE P. M, et OTHERS, 1996. Atlas of Anatidae populations in Africa and western Eurasia. . 1996.
- SOUBEYROUX J.-M., BERNUS S., SAMACOÏTS R., ROUSSET F., SCHNEIDER M., DROUIN A., MADEC T., TARDY M. et CORRE L., 2024. *A quel climat s'adapter en France selon la TRACC ?* [en ligne]. [Consulté le 23 mai 2025]. Disponible à l'adresse : <https://meteofrance.com/sites/meteofrance.com/files/files/editorial/rapport-trajectoire-rechauffement-adaptation-changement-climatique-partie-1.pdf>
- SYMADREM, 2022. *Stratégie sur le littoral du Grand Delta du Rhône sur les thématiques de l'évolution de la position du trait de côte et de la submersion marine. Diagnostic*.
- SYMADREM, 2023a. La submersion marine : risque majeur sur le territoire. *SYMADREM* [en ligne]. 30 mars 2023. [Consulté le 3 décembre 2024]. Disponible à l'adresse : <https://www.symadrem.fr/actualites/2023/03/30/la-submersion-marine-est-le-risque-littoral-majeur-sur-le-territoire/>
- SYMADREM, 2023b. Recul du trait de côte. *SYMADREM* [en ligne]. 30 mars 2023. [Consulté le 3 février 2026]. Disponible à l'adresse : <https://www.symadrem.fr/actualites/2023/03/30/recul-du-trait-de-cote/>
- SYMADREM, 2023c. L'action du réchauffement climatique sur le Rhône et ses crues. *SYMADREM* [en ligne]. 30 mars 2023. [Consulté le 12 décembre 2024]. Disponible à l'adresse : <https://www.symadrem.fr/actualites/2023/03/30/laction-du-rechauffement-climatique-sur-le-rhone-et-ses-crues/>
- SYMADREM, 2024. *Stratégie sur le littoral du Grand Delta du Rhône sur les thématiques de l'évolution de la position du trait de côte et de la submersion marine. Définition des réponses possibles*. 2024.
- WESSELMANN M., HENDRIKS I. E., JOHNSON M., JORDÀ G., MINEUR F. et MARBÀ N., 2024. Increasing spread rates of tropical non-native macrophytes in the Mediterranean Sea. *Global Change Biology*. 2024. Vol. 30, n° 4, pp. e17249. DOI 10.1111/gcb.17249.



Coordinateur du projet



Partenaires techniques



Partenaires financiers



DREAL Provence Alpes-Côte d'Azur
Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement



Réserves naturelles participantes



Réserve Naturelle
CAMARGUE



Réserve Naturelle
COUSSOULS DE CRAU



Réserve Naturelle
L'ILON



Réserve Naturelle géologique
LUBERON



Réserve Naturelle
MARAIS DU VIGUEIRAT



Réserve Naturelle
DES PARTIAS



Réserve Naturelle
PLAINE DES MAURES



Réserve Naturelle
POURRA - DOMAINE DU RANQUET



Réserve Naturelle
POITEVINE-REGARDE-VENIR



Réserve Naturelle
RISTOLAS - MONT-VISO



Réserve Naturelle
SAINTE-VICTOIRE



Réserve Naturelle Régionale
SAINT-MAURIN



Réserve Naturelle
TOUR DU VALAT