

# Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique

RESERVE NATURELLE NATIONALE DES MARAIS DU VIGUEIRAT



© AMV / JL Lucchesi

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

## Autrices

---

NOJAROFF Noémie – Tour du Valat

DEBIESE Leïla – Les Amis des Marais du Vigueirat / LPO, Conservatrice de la RNN Marais du Vigueirat

*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

## Contributeurs

---

BALTI Morad, MASSEZ Grégoire, PAPPALARDO Clément, PIN Christophe, PFISTER Marie – Les Amis des Marais du Vigueirat / LPO

## Citation de l'ouvrage

---

NOJAROFF N., ABIS O., GATEL M., KELLER L. et DEBIESE L., 2026. Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique – Réserve naturelle nationale des Marais du Vigueirat. Projet Natur'Adapt Sud : Adaptation de la gestion des réserves naturelles de Provence-Alpes-Côte d'Azur au changement climatique. 58 pages.

# Table des matières

---

<b>Résumé.....</b>	<b>4</b>
<b>I. Introduction.....</b>	<b>5</b>
1. Le projet LIFE Natur'Adapt.....	5
2. Le projet Natur'Adapt Sud.....	5
3. Philosophie de la démarche Natur'Adapt.....	7
<b>II. Présentation du site.....</b>	<b>8</b>
<b>III. Analyse climatique.....</b>	<b>10</b>
1. Climat de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.....	10
2. Méthodologie d'analyse du climat.....	12
<i>Sélection des paramètres climatiques.....</i>	<i>12</i>
<i>Méthodologie d'analyse du climat récent.....</i>	<i>12</i>
<i>Méthodologie d'analyse du climat futur.....</i>	<i>13</i>
3. Analyse du climat du site.....	14
<i>Indicateurs de température.....</i>	<i>14</i>
<i>Indicateurs de précipitation.....</i>	<i>18</i>
<i>Autres paramètres climatiques.....</i>	<i>22</i>
<i>Paramètres marins.....</i>	<i>24</i>
<i>Paramètres hydrologiques.....</i>	<i>25</i>
4. Synthèse des projections climatiques.....	27
<b>IV. Analyse de vulnérabilité.....</b>	<b>29</b>
1. Sélection des objets d'analyse.....	29
<i>Critères de sélection.....</i>	<i>29</i>
<i>Objets d'analyse sélectionnés.....</i>	<i>30</i>
2. Méthodologie d'analyse.....	33
<i>Méthodologie d'analyse pour le Patrimoine naturel.....</i>	<i>33</i>
<i>Méthodologie d'analyse pour les Activités socio-économiques.....</i>	<i>34</i>
<i>Méthodologie d'analyse pour les Outils et moyens de gestion.....</i>	<i>35</i>
3. Facteurs extérieurs.....	35
4. Résultats de l'analyse de vulnérabilité.....	37
<i>Vulnérabilité et opportunité du patrimoine naturel.....</i>	<i>38</i>
<i>Evolution potentielle des activités socio-économiques.....</i>	<i>45</i>
<i>Evolution potentielle des outils et moyens de gestion.....</i>	<i>47</i>
5. Nouveaux arrivants.....	49
<b>V. Récit prospectif.....</b>	<b>51</b>
<b>Liste des acronymes.....</b>	<b>56</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>57</b>

## Résumé

Le présent document s'inscrit dans la démarche d'adaptation au changement climatique Natur'Adapt, menée par le gestionnaire des Marais du Vigueirat dans le cadre du projet Natur'Adapt Sud. Cette démarche vise à comprendre et anticiper les impacts possibles du changement climatique sur la Réserve naturelle nationale des Marais du Vigueirat afin d'adapter la gestion du site 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 entre le delta du Rhône et la plaine de la Crau dans le département des Bouches-du-Rhône, la Réserve naturelle nationale des Marais du Vigueirat est constituée d'une mosaïque de milieux caractéristiques de la Camargue (marais, roselières, mares temporaires, ...). Propriété du Conservatoire du Littoral (CdL), le site était géré par les Amis des Marais du Vigueirat (AMV) jusqu'en 2025, avant d'être co-géré par la Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO France) et la Ligue pour la Protection des Oiseaux de Provence-Alpes-Côte d'Azur (LPO PACA) depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2026.

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 et le processus de salinisation des sols et des eaux superficielles et souterraines se poursuivra.

Pour comprendre l'impact des évolutions climatiques sur la RNN, 23 objets ont été sélectionnés puis analysés : 12 relevant du patrimoine naturel, 6 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 des Marais du Vigueirat, dernier chapitre de ce diagnostic. Globalement, 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, ainsi que les cortèges qu'elles abritent, font partie des habitats les plus vulnérables aux évolutions à venir (principalement à cause de la salinisation dans ce cas). Les marais pourraient aussi voir certaines fonctions se dégrader, en lien avec l'évolution du climat mais aussi des activités présentes dans le delta. Dans l'ensemble, l'analyse révèle la dépendance d'une grande majorité des éléments caractéristiques des Marais du Vigueirat à l'alimentation en eau douce du site, dont le maintien n'est pourtant pas garanti à moyen terme.

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) des Marais du Vigueirat. 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 accompagnés 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.

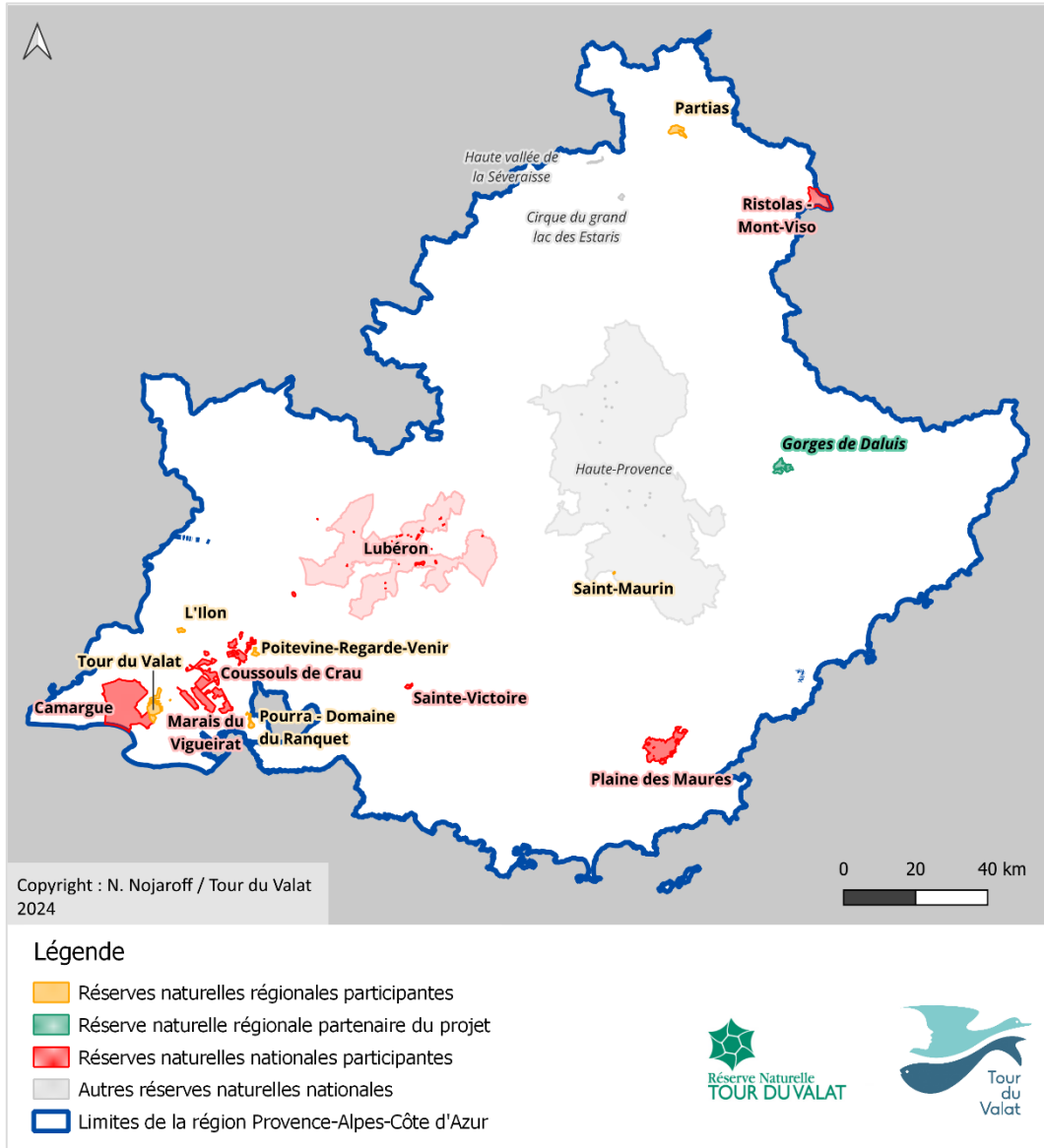


Figure 1 – Carte des réserves naturelles participant au projet Natur'Adapt Sud

### 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

Entre le delta du Rhône et la plaine de la Crau, **le site des Marais du Vigueirat (MdV)** s'étend sur près de 1200 ha, dont 919 sont classés en **réserve naturelle nationale (RNN)**. La réserve des Marais du Vigueirat est ainsi située à l'Est du Grand Rhône, sur le Plan du Bourg, à proximité du village de Mas-Thibert sur la commune d'Arles, dans les Bouches-du-Rhône (13) (voir Figure 2). On y trouve une mosaïque de milieux caractéristiques de la Camargue (marais, roselières, mares temporaires, ...) et plus de **3500 espèces animales et végétales**, dont environ 300 espèces d'oiseaux.

Le site des Marais du Vigueirat est essentiellement **propriété du Conservatoire du littoral** (1122 ha, soit 93,5 % du site). Les différentes parties qui composent le site ont été acquises par phases successives entre 1982 et 2009. En parallèle, un long processus de création de réserve a finalement permis de classer 919 ha en **réserve naturelle nationale en 2011** (Debiesse *et al.*, 2016). Jusqu'au 31 décembre 2025, la RNN des Marais du Vigueirat était gérée par les **Amis des Marais du Vigueirat (AMV)**, association à but non lucratif qui gérait l'ensemble du site, y compris les terrains du Conservatoire du Littoral hors réserve. Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2026, le site est co-géré par la **Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO France)** et la **Ligue pour la Protection des Oiseaux de Provence-Alpes-Côte d'Azur (LPO PACA)**.

Les Marais du Vigueirat sont entourés d'un ensemble d'espaces naturels protégés, dont le Domaine et la RNR de la Tour du Valat, les RNN de Crau et de Camargue, et de nombreuses propriétés du Conservatoire du Littoral et du Conseil départemental des Bouches-du-Rhône.

### Echelle de la démarche

Le diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité est réalisé à **l'échelle de la Réserve naturelle nationale des Marais du Vigueirat**. 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 RNN, en lien avec les territoires de Camargue et de Crau. 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 du projet **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 Camargue et de la Tour du Valat.

## Réserve naturelle nationale des Marais du Vigueirat



Figure 2 – Localisation de la Réserve naturelle nationale des Marais du Vigueirat

## 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 CO<sub>2</sub> 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.



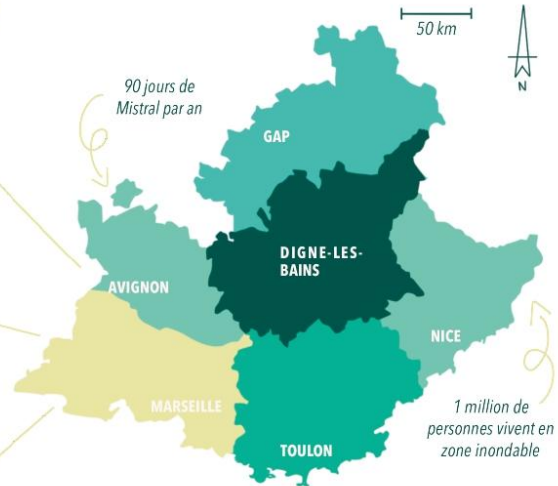
**HIVER**

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

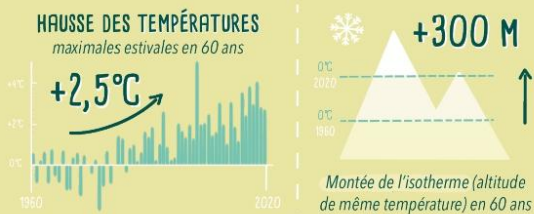


**AUTOMNE  
&  
PRINTEMPS**

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 des Marais du Vigueirat** 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. En particulier, la gestion hydraulique est structurante aux Marais du Vigueirat, et dépend elle-même de nombreux paramètres. Parmi ces derniers, les débits du Rhône et de la Durance sont directement liés au climat et sont donc analysés ici. Les autres paramètres, non climatiques, sont évoqués plus loin dans le paragraphe sur les **Facteurs extérieurs**. Par ailleurs, le site est localisé près du littoral et les **paramètres marins et côtiers** peuvent donc aussi être pris en compte.

Les paramètres et variables retenus pour l'analyse climatique de la réserve des Marais du Vigueirat 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, submersions marines ;
- **Paramètres hydrologiques** : débit et salinité du Rhône, débit de la Durance.

### MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DU CLIMAT RÉCENT

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).

Un relevé pluviométrique est effectué depuis 2002 **aux Marais du Vigueirat**, en deux points du site. Les données de ce suivi ne permettent pas d'étudier les paramètres listés précédemment (et ne couvrent pas 30 ans) et sont donc complétées par d'autres sources locales.

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 800 m de la RNR Tour du Valat et à environ 5,4 km à l'Ouest de la RNN des Marais du Vigueirat. 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, 2023a). Une autre station Météo-France (13047001 Istres) est située **à Istres**, à l'Est de la Réserve (9,5 km environ), et dispose également d'une telle fiche climatologique (Météo-France,

2023b). Les données du climat récent sont très semblables à celles de la Tour du Valat, et ne seront donc présentées en complément que lorsqu'elles présentent un intérêt.

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 complément et listés dans la bibliographie en fin de document.

## 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 km<sup>2</sup>. La **maille DRIAS n°4096** (=maille SAFRAN n°9855), qui couvre la majorité des Marais du Vigueirat, est utilisée ici. Les valeurs sont par ailleurs très similaires dans les mailles adjacentes, notamment celles utilisées pour les analyses climatiques des réserves de la Tour du Valat et de Camargue.

### ► *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.

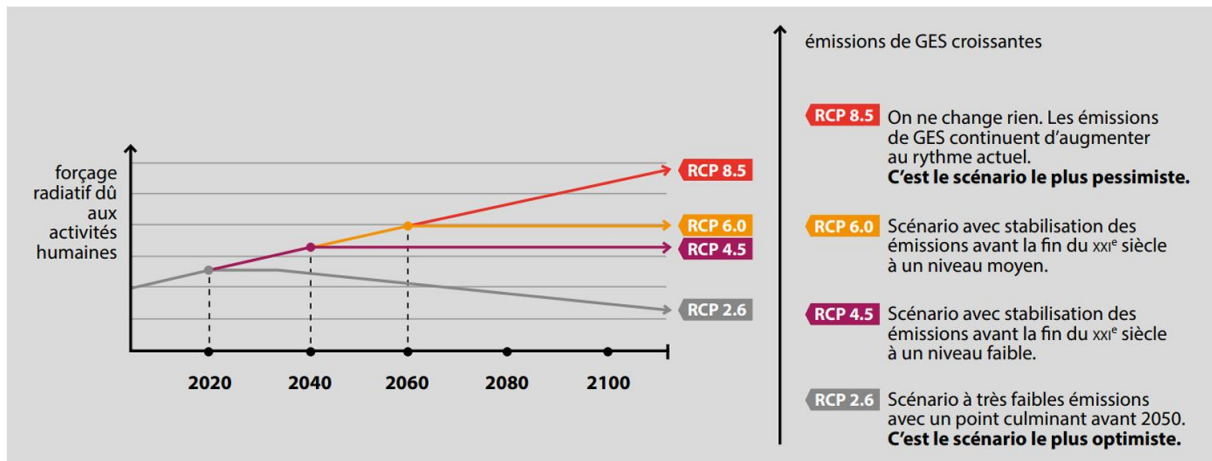


Figure 4 – Schéma des différents scénarios RCP (ONERC, 2015)

### ► 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 météorologique de la Tour du Valat sur la période **1993-2022** donnent une température moyenne annuelle de 15,1 °C. Le mois le plus froid est janvier avec 7,3 °C en moyenne, et juillet est le plus chaud avec 23,9 °C en moyenne.

Sur la période climatique précédente **1963-1992**, la température moyenne annuelle était de 14,1 °C ; de 6,4 °C en janvier à 22,8 °C en juillet. La température moyenne a donc augmenté d'environ 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 **+2,2 °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 dépasser 27 °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 des Marais du Vigueirat (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	15,0	+ 1,6	16,7	+ 2,0	17,0
	RCP 8.5		+ 2,2	17,2	+ 3,8	18,8
Eté	RCP 4.5	23,2	+ 1,9	25,1	+ 2,2	25,4
	RCP 8.5		+ 2,4	25,6	+ 4,3	27,5

### ► 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 d'environ **2 °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 des Marais du Vigueirat  
(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	12,5	+ 2,0	12,9
	RCP 8.5		+ 2,3	13,2	+ 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 d'environ **2 °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 des Marais du Vigueirat  
(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	21,1
	RCP 8.5		+ 2,1	21,2	+ 3,8	22,9

### ► 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 aux Marais du Vigueirat ou à la Tour du Valat, ni sur 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, les fiches climatologiques des stations de la Tour du Valat et d'Istres nous renseignent sur le **nombre de jours chauds**, c'est-à-dire où la température maximale quotidienne dépasse 30 °C. Cela

représentait respectivement 38 et 49 jours par an en moyenne entre 1991 et 2020, dont respectivement 30 et 37 jours en moyenne sur juillet-août (Météo-France, 2023a ; Météo-France, 2023b).

### 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 **5 à 7,5 jours en moyenne**. **D'ici 2100**, ce nombre pourrait augmenter **pour atteindre 7 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 des Marais du Vigueirat (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	+ 4,4	5	+ 6,4	7
	RCP 8.5		+ 6,9	7,5	+ 19,6	20,2

### ► 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 disponibles sur DRIAS, il y aurait en moyenne 30 nuits tropicales par an à la Réserve des Marais du Vigueirat 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 64 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 plus de 3 à long terme** (98 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 des Marais du Vigueirat  
(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	64	+ 37	67
	RCP 8.5		+ 43	73	+ 68	98

### ► 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 climatiques, **cette tendance devrait se poursuivre** dans le futur. **D'ici 2050**, le nombre de jours de gel devrait être **divisé par 3** 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 des Marais du Vigueirat  
(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		- 10	4	- 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 des Marais du Vigueirat est plutôt faible : **entre 558 et 573 mm en moyenne pour la période 1991-2020** (fiches climatologiques de la Tour du Valat et d'Istres). Cependant, le régime pluviométrique est caractérisé par une **grande variabilité interannuelle**, avec des cumuls annuels compris entre 252 mm (en 1989) et 1049 mm (en 1996) à la TdV. Il pleut généralement le plus en automne (plus de 80 mm en moyenne en octobre) et le moins en été (13 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 Tour du Valat suggèrent une légère baisse des précipitations annuelles, avec un cumul moyen de **612 mm** sur la période de 30 ans précédente **1963-1992**. Mais cette évolution reste faible (-8,8 %), et marquée par une forte variabilité interannuelle, y compris d'une décennie à l'autre. A l'échelle saisonnière on note que **les précipitations hivernales, estivales, et dans une moindre mesure, printanières, ont baissé** entre les périodes 1963-1992 et 1993-2022 (de 10 à 28 %). A l'inverse, **les cumuls automnaux ont augmenté** de 18 % dans le même temps. On notera aussi qu'une partie des précipitations d'octobre semble s'être **décalée à novembre** en quelques décennies (100 mm en octobre et 55 mm en novembre en moyenne sur la période 1963-1992 contre 83 mm en octobre et 82 mm en novembre sur la période 1993-2022).

#### **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 par 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 des Marais du Vigueirat  
(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	- 16	532	+ 32	580
	RCP 8.5		+ 12	560	- 4	544
Hiver	RCP 4.5	133	+ 9	141	+ 30	162
	RCP 8.5		+ 7	139	+ 16	149
Printemps	RCP 4.5	131	- 12	119	- 8	123
	RCP 8.5		+ 3	133	- 13	118
Eté	RCP 4.5	63	- 6	57	- 8	55
	RCP 8.5		- 6	57	- 13	49
Automne	RCP 4.5	221	- 9	213	+ 11	232
	RCP 8.5		+ 7	228	- 2	219

### ► 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

Les fiches climatologiques des stations de la Tour du Valat et d'Istres indiquent 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, 2023a). 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 2,2 jours de pluie (soit -3,7 %). 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 9 % 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 des Marais du Vigueirat  
(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	- 1,8	57,1	- 1,6	57,4
	RCP 8.5		- 2,6	56,4	- 7,9	51,1

### ► Précipitations extrêmes

Plusieurs indicateurs donnent des informations sur les précipitations intenses : le nombre de jours de fortes précipitations ( $\geq 20$  mm), les précipitations quotidiennes intenses et extrêmes (90<sup>e</sup> et 99<sup>e</sup> 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<sup>e</sup> 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 27 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 par an en moyenne, dont 3,7 jours avec plus de 27 mm de précipitations.

#### Projections futures

Selon les projections futures, **le seuil de précipitations extrêmes** (99<sup>e</sup> centile des précipitations quotidiennes annuelles) **devrait augmenter très légèrement** dans le futur pour atteindre 30 mm en moyenne en fin de siècle (voir Tableau 9). Cette légère hausse sera continue dans le cas du scénario RCP 8.5, ou bien tardive après une stabilité à moyen terme dans le cas du 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 des Marais du Vigueirat (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	26,6	+ 0,4	27,0	+ 3,6	30,2
	RCP 8.5		+ 1,5	28,1	+ 3	29,6

### ► 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 43 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, **quel que soit le scénario étudié, la durée de la plus longue sécheresse de l'année ne devrait pas évoluer d'ici 2050**. On attend cependant un allongement de quelques jours pour les plus longues sécheresses dans la seconde moitié du siècle, 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 des Marais du Vigueirat

(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	43	=	43	+ 3	46
	RCP 8.5		+ 1	44	+ 10	53

## 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 1102 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 34 mm en décembre à 172 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 %. 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 **aggravera 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 des Marais du Vigueirat (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	1102	+ 69	1171	+ 69	1172
	RCP 8.5		+ 82	1184	+ 170	1272

### ► 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 les fiches climatologiques correspondantes, la vitesse du vent était de 17 km/h en moyenne à la TdV (19 km/h à Istres) 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 TdV, mais 8,7 jours par an en moyenne à Istres. 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 à la Tour du Valat (115 jours à Istres).

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

Les Marais du Vigueirat ne sont pas situés directement sur le littoral méditerranéen, mais sont pourtant très proches de la mer : le Sud du site est à environ 15 km des plages de Piémanson et Napoléon, de part et d'autre de l'embouchure du Rhône. Mais surtout, les darses du Grand Port Maritime de Marseille, situé entre le Rhône et Fos-sur-Mer, ne sont qu'à 6 km de la RNN (sans considérer les connexions hydrauliques par le réseau de canaux). Il est donc pertinent de s'intéresser ici à l'évolution de certains paramètres marins en contexte de changement climatique.

### ► 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 pertuis 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'accélérer** au cours du 21<sup>ème</sup> 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**. 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 (GIEC, 2021).

La hausse du niveau marin, via le biseau salé, aggravera probablement le phénomène de **salinisation des sols**, et modifiera 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 (Syndicat mixte interrégional d'aménagement des digues du delta du Rhône et de la Mer) 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). Cela ne devrait pas concerner le territoire des Marais du Vigueirat à cette échéance. 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), mais celle-ci n'est pas assez fine pour tenir compte des effets très localisés des canaux et ouvrages hydrauliques. Enfin, la Camargue s'enfoncé légèrement chaque année (phénomène de subsidence), en lien avec l'arrêt d'apports sédimentaires dans le delta (Boyer *et al.*, 2003). Ce phénomène renforce directement les impacts de la hausse du niveau marin et des submersions marines.

Toutefois, considérant également la situation géographique du site (en arrière de la zone industrialoportuaire (ZIP) du Grand Port Maritime de Marseille), **nous considérerons ici que la submersion marine ne sera pas effective aux Marais du Vigueirat à l'échéance de 2050.**

## PARAMÈTRES HYDROLOGIQUES

Les Marais du Vigueirat font partie d'un réseau hydraulique ancien et particulièrement complexe. Le site est totalement endigué et ceinturé par le Canal du Vigueirat et le Canal d'Arles à Bouc, dont dépend la gestion hydraulique de la réserve. L'alimentation en eau des Marais du Vigueirat se fait essentiellement **de façon gravitaire**, grâce à trois prises d'eau situées en rive droite du **Canal du Vigueirat**. Ce dernier est alimenté par les eaux de drainage des terres hautes de la plaine agricole entre la montagnette et les Alpilles, elles-mêmes en partie alimentées **par la Durance**. Sur quelques bassins, la mise en eau gravitaire est impossible du fait de la hauteur et de la structure des digues. Le gestionnaire a alors recours à quatre stations de **pompage sur le Canal d'Arles à Bouc**. Ce dernier est alimenté **par le Rhône** au niveau d'Arles. (Debiesse *et al.*, 2016) Pour rappel, les facteurs non climatiques influençant la disponibilité en eau douce dans les canaux d'alimentation du site sont traités dans la partie **3. Facteurs extérieurs**.

### ► 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, 2023b).

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, comme c'est déjà le cas pour certaines propriétés voisines des Marais du Vigueirat) (BRLi, 2022).

### ► Débit de la Durance

D'importantes modifications du cycle de l'eau sont à prévoir dans le système durancien : diminution de l'enneigement, modification de la répartition annuelle des précipitations voire réduction comme sur l'ensemble du pourtour méditerranéen, augmentation des besoins en eau de la végétation, etc. Les

scénarios envisagés aujourd’hui estiment qu’il faut prévoir une **réduction de 10 à 30 % de la ressource en eau disponible annuellement dans ce système sur la période 2050-2100**, sans compter la modification des usages et la nécessaire répartition de la ressource (SMAVD, com. pers., février 2025). A l’échelle saisonnière, **les débits estivaux des cours d’eau de ce système pourraient diminuer de 30 à 60 %** sur une durée allant de la fin du printemps à une partie de l’automne (SMAVD, com. pers., février 2025).

## 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 : autour de + 2 °C d'ici 2050, et de +2 à +4 °C d'ici 2100. Ce réchauffement devrait être plus marqué en été et en automne, avec des températures moyennes estivales pouvant atteindre 27,5 °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 hiver** (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 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** en Camargue. L'augmentation de la fréquence des tempêtes devraient conduire à des phénomènes de submersion marine de plus en plus fréquents et importants dans le delta du Rhône, dès le court terme, aggravés par le niveau marin élevé et la subsidence du delta. Toutefois, la probabilité que ces événements touchent les Marais du Vigueirat d'ici 2050 est considérée faible.

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. De même, une **réduction de 10 à 30 % de la ressource en eau** disponible annuellement dans le système durancien est prévue **sur la période 2050-2100**, avec des **débits estivaux** qui pourraient même **diminuer de 30 à 60 %**, de la fin du printemps à l'automne.

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 des Marais du Vigueirat

	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	
	<b>↑ des températures moyennes, minimales et maximales.</b> Hausse plus importante en été. <b>Allongement de la période estivale.</b>	Température moyenne annuelle et estivale	15,0 °C 23,2 °C	+1,6 °C +1,9 °C	+2,2 °C +2,4 °C	+2,0 °C +2,2 °C	+3,8 °C +4,3 °C	
	Mêmes tendances pour les minimales et les maximales							
	<b>↑ du nombre de journées de forte chaleur*</b> principalement en été.	Nombre de jours de forte chaleur*	< 1 jour	+4 jours	+7 jours	+6 jours	+20 jours	
	<b>↑ du nombre de nuits tropicales**</b> du printemps à l'automne. Les températures minimales resteront au dessus de 20°C tout l'été.	Nombre de nuits tropicales**	30 jours	+33 jours	+43 jours	+37 jours	+68 jours	
<b>↓ du nombre de jour de gel.</b> Les jours de gel deviennent encore plus rares, et inexistantes certaines années.	Nombre de jours de gel	14 jours	-8 jours	-10 jours	-9 jours	-13 jours		
	Forte variabilité interannuelle. Pas d'évolution marquée du cumul annuel. <b>↑ légère du cumul de précipitations en fin d'automne et hiver.</b> <b>↓ légère du cumul de précipitations en période estivale étendue.</b>	Cumul annuel Cumul hivernal / estival	548 mm 133 / 63 mm	-16 mm +9 / -6 mm	+12 mm +7 / -6 mm	+32 mm +30 / -8 mm	-4 mm +16 / -13 mm	
	Fortes incertitudes concernant les précipitations							
	<b>Relative stabilité à légère baisse du nombre annuel de jours de pluie.</b> Forte variabilité interannuelle.	Nombre de jours de pluie	59 jours	-1,8 jours (-3%)	-2,6 jours (-4,4%)	-1,6 jours (-2,7%)	-7,9 jours (-13,4%)	
	<b>↑ légère du seuil de précipitations extrêmes***.</b> Le nombre de jours de fortes précipitations**** reste stable. <b>Intensification des épisodes méditerranéens.</b>	Seuil de précipitations extrêmes	26,6 mm	+0,4 mm	+1,5 mm	+3,6 mm	+3 mm	
<b>↑ de la durée des périodes de sécheresse.</b>	Durée de la plus longue sécheresse	43 jours	=	+1 jour	+3 jours	+10 jours		
	<b>↑ du cumul d'évapotranspiration toute l'année.</b>	Evapotranspiration potentielle	1102 mm	+69 mm (+6,3%)	+82 mm (+7,4%)	+69 mm (+6,3%)	+170 mm (+15,4%)	
	<b>↑ de plus en plus rapide du niveau marin.</b> <b>↑ forte du risque de submersion marine.</b> Salinisation des sols et plans d'eau.	Niveau marin moyen	Relatif à la moyenne 1995-2014	+20 cm		+44 à +76 cm	+63 à +102 cm	
	<b>↓ des débits d'étiage du Rhône et de la Durance.</b> <b>Incertitudes concernant les crues.</b> Salinisation du Rhône en été.	Débits d'étiage du Rhône	Relatif à la moyenne 1960-2020	-20%		-		

\*Température maximale &gt; 35°C

\*\*Température minimale &gt; 20°C

\*\*\*99e centile des précipitations quotidiennes

\*\*\*\*Cumul journalier de précipitations &gt; 20mm

## IV. Analyse de vulnérabilité

### 1. Sélection des objets d'analyse

L'ensemble des éléments composant le site des Marais du Vigueirat ne peut pas être étudié de manière exhaustive dans le cadre de cette démarche. En effet, 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 des Marais du Vigueirat, 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 12 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 les Marais du Vigueirat 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, 23 objets d'analyse ont été sélectionnés et sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 13 – Objets d'analyse sélectionnés

Nom de l'objet	Description
<b>Patrimoine naturel</b>	
<b>Mares temporaires méditerranéennes</b>	Mares temporaires creusées artificiellement récemment. Toutes sont pâturées sauf une. Toutes sont endoréiques (une seule, située proche d'un canal, est possiblement influencée par sa nappe).
<b>Marais semi-permanents</b>	Les marais du site ont une superficie de quelques hectares à plusieurs dizaines d'hectares. Ils sont alimentés en eau douce (en gravitaire ou par pompage) par les canaux qui bordent le site de l'automne à début mai ou juillet selon les marais, avec un assec estival (variable selon les années et les marais).
<b>Anatidés hivernants</b>	En hiver, la réserve accueille plusieurs espèces d'anatidés hivernants : sarcelle d'hiver, canards souchet et chipeau, nette rousse, oies cendrées, foulques macroules, etc. Ces espèces (granivores et herbivores) profitent des marais gérés hydrauliquement comme remises, et se nourrissent principalement sur les marais de chasse présents à l'extérieur.
<b>Hérons paludicoles nicheurs</b>	Plusieurs espèces de hérons nichent dans les roselières du site : Butor étoilé (hivernant et migrateur), Blongios nain (pas exclusivement en roselière), Héron pourpré et Grande Aigrette. Les Marais du Vigueirat abritent de très grosses populations pour certaines de ces espèces, représentant parfois les plus importantes du littoral méditerranéen français. Les roselières sont gérées hydrauliquement en faveur de ces espèces avec des apports d'eau douce en hiver et un maintien en eau jusqu'en juin-juillet. Une grande partie de l'alimentation de ces espèces est composée d'écrevisses de Louisiane.
<b>Phragmitaie et passereaux paludicoles</b>	Les roselières du site sont des phragmitaies monospécifiques, avec des niveaux d'eau plutôt hauts en hiver et un assec progressif à partir de mi-juillet, total quand c'est possible. Plusieurs espèces de passereaux y nichent : Lusciniole à moustaches, Panure à moustaches, Bruant des roseaux, Rousserole turdoïde et effarvate. Certains ont plusieurs nichées dans la saison. D'autres espèces de passereaux comme la Rémiz penduline ou le Gorgebleue à miroir utilisent cet habitat en tant qu'hivernants ou migrateurs.
<b>Laro-limicoles coloniaux nicheurs</b>	Plusieurs espèces de laro-limicoles nicheurs sont présents de mi-avril à mi-juillet sur le site. Les Sternes pierregarin et hansel et les Mouettes rieuse et mélanocéphale se reproduisent sur un îlot de nidification ou des radeaux flottants (niveaux d'eau gérés) présents sur la réserve. L'Echasse blanche se reproduit quant à elle en milieu naturel (sansouïres inondées) et sur des îlots. La Sterne caspienne ne se reproduit actuellement pas aux Marais du Vigueirat mais s'y nourrit lors des passages migratoires.
<b>Leste à grands stigmas</b> ( <i>Lestes macrostigma</i> )	Espèce de libellule menacée, caractéristique des mares et marais saumâtres temporaires. Population camarguaise avec plusieurs sites de ponte chaque année aux Marais du Vigueirat, la plupart gérés hydrauliquement.

<b>Cistude d'Europe</b> ( <i>Emys orbicularis</i> )	Tortue d'eau douce de grande valeur patrimoniale, qui occupe une grande partie des milieux doux du site. Les Marais du Vigueirat abritent une population de plusieurs centaines d'individus.
<b>Lapin de garenne</b> ( <i>Oryctolagus cuniculus</i> )	Historiquement abondante et chassée, cette espèce a fortement régressé sur les dernières décennies (comme ailleurs en Camargue) à cause de la myxomatose et du VHD. Aujourd'hui menacée (EN sur la liste rouge mondiale de l'UICN et NT en France et Europe), elle est présente en petites populations éclatées sur le site.
<b>Sanglier</b> ( <i>Sus scrofa</i> )	Espèce omnivore qui fréquente tous les milieux (sauf les roselières fortement inondées), présente toute l'année, et qui se reproduit aujourd'hui toute l'année. Le site est une zone de refuge vis-à-vis de la chasse qui a lieu autour.
<b>Nivéole d'été</b> ( <i>Leucojum aestivum</i> )	Plante liée à des zones de marais et de canaux d'eau douce, plutôt précoce (février à printemps). Son aire de répartition est assez vaste mais elle est considérée indigène seulement dans le Sud (ailleurs, très large répartition mais issue de plantations). Les Marais du Vigueirat représentent la station la plus importante connue par les botanistes en Camargue ( $\geq 10000$ pieds, et seulement quelques pieds disséminés ailleurs en Camargue).
<b>Scorzonère à petites fleurs</b> ( <i>Scorzonera parviflora</i> )	Plante de pré salé en régression en Europe et dans le Sud de la France (plus que 3 stations récentes en Languedoc, 3 aux Marais du Vigueirat en très forte régression et quelques-unes autour de l'Etang de Berre). Elle est ici en limite sud-ouest de son aire de répartition, à l'exception de quelques points dans le centre de l'Espagne.
<b>Activités humaines</b>	
<b>Agriculture</b>	Pas d'agriculture sur le site. L'eau des canaux qui alimentent les marais est liée à l'agriculture en amont, notamment en Crau (foin en particulier) et sur les terres hautes de la plaine agricole entre la Montagnette et les Alpilles.
<b>Elevage</b>	5 éleveurs louent des terrains des Marais du Vigueirat par convention, pour y faire pâturer des troupeaux de chevaux et taureaux de race Camargue, taureaux espagnols ou vaches Aubrac. Les bêtes sont abreuvées par les canaux d'eau douce.
<b>Chasse</b>	Il n'y a pas de chasse sur la réserve naturelle, mais c'est le cas sur certains terrains gérés du Conservatoire du littoral et en dehors du site. La réserve fait ainsi office de zone de repos pour les animaux en période de chasse. La chasse implique du dérangement pour les espèces, de la surveillance par le gestionnaire (notamment pour vérifier que les chiens ne rentrent pas sur le site), et une modification des autres activités (horaires d'accueil du public, circulation sur site, lieu et période de présence du bétail, ...).
<b>Accueil du public</b>	Le grand public est accueilli aux Marais du Vigueirat à travers des visites à pieds (guidées ou libres, toute l'année), des visites à cheval ou en calèche ( <i>via</i> des prestataires, du printemps à l'automne), des événements ponctuels, un accueil et une boutique (tout l'année), et des prestations (comme avec le CPIE qui amène des scolaires sur le site).
<b>Industrie</b>	Les Marais du Vigueirat sont situés à quelques kilomètres au Nord de la Zone industrialo-portuaire de Fos-sur-Mer. Les activités industrielles nécessitent des apports d'eau douce importants, aujourd'hui prélevés dans l'Etang du Landre, exutoire du Canal du Vigueirat. Le Grand Port Maritime de Marseille (GPMM)

	assure la gestion du barrage anti-sel situé à l'exutoire des canaux du Vigueirat et d'Arles à Bouc. Ces activités industrielles sont donc étroitement liées à la gestion hydraulique du secteur et des MdV, au-delà des autres impacts qu'elles peuvent avoir (pollution atmosphérique par exemple).
<b>Outils et moyens de gestion</b>	
<b>Gestion hydraulique</b>	La gestion hydraulique pratiquée aux Marais du Vigueirat dépend fortement du Canal du Vigueirat. Celui-ci est alimenté notamment par des eaux provenant du ressuyage des terres agricoles ou du surplus d'irrigation. Ces eaux proviennent elles-mêmes du système durancien. En aval, le niveau du Canal du Vigueirat est géré artificiellement par le Grand Port Maritime de Marseille pour ses besoins industriels et est dépendant du niveau de la mer. Le Canal d'Arles à Bouc est aussi utilisé pour alimenter certains marais du site.
<b>Gestion des Espèces Exotiques Envahissantes (EEE)</b>	Plusieurs EEE sont gérées aux Marais du Vigueirat : les Jussies (arrachage manuel sur les marais, bateau arracheur dans les canaux), le Baccharis (arrachage, désouchage, à défaut coupe et sel, exceptionnellement broyage), l'Herbe de la pampa (arrachage des pieds, limité), le Bourreau des arbres (localisé). La Jussie et le Baccharis représentent l'essentiel de l'effort de gestion des EEE sur le site. D'autres espèces sont présentes mais non gérées, comme l'Amorpha ou la Lampourde.
<b>Gestion pastorale</b>	5 éleveurs louent des terrains des Marais du Vigueirat (dont 2 dans la RNN) par convention, pour y faire pâturer des troupeaux de chevaux de race Camargue, taureaux Raço du Biou et Morucha, vaches Aubrac. Le gestionnaire assiste très fortement les éleveurs pour limiter leur présence sur le terrain et donc le dérangement et pour compenser les difficultés que le statut du site engendre (aménagements très compliqués voire impossibles, pratiques de capture, interdiction d'affouragement, etc.). Les bêtes arrivent en avril et partent du site vers novembre-décembre (peu de ressource disponible en hiver, risques liés à la pression de pâturage, au piétinement, ...). Le pâturage concerne la majorité du site et donc plusieurs milieux : prairies, marais, sansouïres, ... L'affouragement est interdit hors exceptions.
<b>Bâtiments</b>	Plusieurs bâtiments sont présents sur le site : bureaux, logements, hangars, etc. Leur nombre entraîne des difficultés d'entretien pour le gestionnaire. Le Conservatoire du Littoral, propriétaire, a lancé une réflexion sur l'avenir de ces bâtiments, pouvant aller de la restauration à la destruction.
<b>Surveillance</b>	La surveillance du site est effectuée de manière passive lors d'autres activités de gestion (comme l'accueil du public, les actions liées à l'élevage ou à la chasse, la gestion hydraulique notamment), et de manière active le soir et les week-ends. La surveillance a lieu tout au long de l'année car les activités la justifiant couvrent ensemble toute l'année.
<b>Conditions de travail de l'équipe</b>	L'équipe de gestion des Marais du Vigueirat (dont gestion de la RNN) est composée d'environ 5 personnes pour la partie conservation du patrimoine naturel, dont une majorité travaille essentiellement en extérieur. Concernant l'accueil du public, l'équipe compte environ 4 personnes, dont une travaille essentiellement en extérieur. 2 autres personnes sont affectées au suivi administratif et à l'entretien des locaux.

## 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. Nous remercions toutes les personnes concernées qui ont accepté d'apporter leur avis et leur expertise à ce travail : Hugo FONTES, Elie GAGET, Thomas GALEWSKI, Antoine GAZAIX, Matthieu GUILLEMAIN, Philippe LAMBRET, Henri MICHAUD, Anthony OLIVIER, Nicole YAVERCOVSKI.

#### ► **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 : le sanglier présente une opportunité face au CC aux Marais du Vigueirat (voir 4. Résultats de l'analyse de vulnérabilité) car les conditions climatiques futures lui seront plutôt favorables.*

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

*Ex : le fait que le sanglier présente une opportunité face au CC peut être perçu comme un inconvénient pour le gestionnaire, qui va devoir adapter sa gestion.*

## 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 grâce aux connaissances du gestionnaire et à des recherches bibliographiques complémentaires, ainsi qu'à dire d'experts, à savoir les acteurs concernés par ces activités. L'ensemble des

acteurs du territoire n'a pas pu être interrogé en raison de contraintes de temps et de disponibilité. Toutefois, six personnes ont pu être consultées pour échanger sur les cinq activités socio-économiques identifiées, à travers des entretiens semi-directifs. Nous remercions toutes les personnes concernées qui ont accepté d'échanger dans le cadre de ce travail : Nathalie COULE, organisatrice des balades à cheval, Evan FARCI, chasseur, Jérémie SOLERE, spécialiste de la gestion hydraulique au GPMM, Guillaume VALLAT et Jean-Louis PLO, éleveurs. Il est important de noter que les évolutions potentielles des activités socio-économiques présentées plus loin ne reflètent pas forcément l'avis des acteurs interrogés. En effet, du fait des incertitudes importantes, il est rarement possible de connaître l'évolution certaine d'une activité à moyen terme. Le gestionnaire a donc très souvent recours à des hypothèses de scénarios, sélectionnées car ce sont les plus impactantes (donc pertinentes pour anticiper l'adaptation) ou les plus probables selon lui (avec une vision parfois différente de celle des acteurs du territoire).

## 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 la 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 et les éventuels acteurs concernés. Nous remercions notamment Philippe GONDOLLO, du Conservatoire du Littoral, qui a accepté un entretien dans le cadre de ce travail, en particulier concernant les bâtiments du site.

### 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 (Evolution potentielle des activités socio-économiques).

#### ► **Agriculture, industrie et gestion hydraulique**

La gestion hydraulique pratiquée aux Marais du Vigueirat dépend fortement du Canal du Vigueirat. Celui-ci est alimenté notamment par des eaux provenant du ressuyage des terres agricoles ou du surplus d'irrigation. Ces eaux proviennent elles-mêmes du système durancien. En aval, le niveau du Canal du Vigueirat est géré artificiellement par le Grand Port Maritime de Marseille (GPMM) pour ses besoins industriels et est dépendant du niveau de la mer. Il est donc nécessaire de s'intéresser à plusieurs critères : l'évolution du système durancien, l'évolution des pratiques agricoles, l'évolution de la gestion par le Grand Port Maritime de Marseille.

L'évolution future des **débits de la Durance** (en baisse) a été traitée dans le chapitre **III. Analyse climatique, Paramètres hydrologiques**. La répartition des usages de la ressource en eau du système durancien sera ainsi de plus en plus tendue entre les usages domestiques, agricoles, touristiques et énergétiques.

Concernant **l'agriculture**, les besoins en eau de la végétation vont augmenter pour contrer l'augmentation de l'évapotranspiration et de la sécheresse des sols. Ces besoins seront particulièrement importants pendant la période de diminution forte des débits. Parallèlement, les pratiques évoluent par endroits vers une économie d'eau en favorisant les systèmes de goutte à goutte permettant de limiter les pertes. L'arboriculture, qui prélève aujourd'hui son eau d'irrigation dans la nappe phréatique, pourrait modifier ses pratiques en prélevant dans les canaux pour limiter les prélèvements dans la nappe. L'avenir de la filière du Foin de Crau, dont les surplus d'irrigation permettent à la fois d'alimenter la nappe et les canaux, est menacé pour de multiples raisons (diminution des ventes, concurrence avec d'autres foins, apparition d'espèces exotiques qui entraînent le déclassement des prairies, concurrence avec l'arboriculture, urbanisation, etc.). Il est estimé que la superficie cultivée en Foin de Crau diminuera d'au moins 10 % d'ici à 2050. Ces éléments sont présentés plus en détail dans le DVO de la RNN Coussouls de Crau (Abis *et al.*, 2026).

Enfin, les besoins en eau douce pour le fonctionnement des entreprises du **Grand Port Maritime de Marseille** vont augmenter, malgré un effort d'économie d'eau. Les prélèvements à ces fins dans le Canal du Vigueirat doubleront probablement (SETEC, com. pers., sept. 2025). Combiné à la baisse des débits en période d'étiage, ces éléments vont dans le sens d'une raréfaction de la ressource en eau douce et la baisse des niveaux des canaux en été. Or, le barrage anti-sel situé à l'exutoire des canaux du Vigueirat et d'Arles à Bouc limite les entrées d'eau de mer et de sel en maintenant une différence de niveau de 10 cm entre l'amont et l'aval. La gestion du barrage anti-sel par le GPMM est déterminée par un arrêté préfectoral daté du 7 novembre 2013. En cas d'arrivées d'eau douce réduites dans les canaux, l'ouvrage pourrait donc être maintenu fermé plus longtemps dans le futur pour maintenir le stock d'eau douce en amont. D'autre part, le niveau marin va continuer d'augmenter rapidement, compliquant de fait le maintien de la surcote de 10 cm au barrage anti-sel. D'autres sources d'alimentation en eau douce sont actuellement envisagées par le GPMM, avec par exemple le projet de déviation des eaux de rejet du canal EDF de Saint-Chamas vers le complexe industriel entre Fos-sur-Mer et Port-Saint-Louis-du-Rhône. Les perspectives concernant les usages industriels sont extrêmement compliquées à formuler aujourd'hui. Une étude en cours confiée au bureau d'études SETEC par le GPMM devrait permettre rapidement de formuler des hypothèses plus fondées.

En combinant l'ensemble de ces hypothèses, même incertaines, il paraît tout de même évident que **le débit du Canal du Vigueirat va diminuer de façon importante dans le futur**, en particulier en été et début d'automne.

#### ► **Espèces exotiques envahissantes (EEE)**

Différentes espèces exotiques envahissantes se développent sur le site. 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. Toutefois, les EEE sont connectées à tout ce qui compose leur environnement, et des modifications dans la gestion des troupeaux de bétail en lien avec le CC pourrait par exemple laisser des opportunités à certaines de ces espèces. La trajectoire et l'ampleur des évolutions possibles ainsi que l'horizon temporel associé restent donc difficiles à anticiper à l'heure actuelle.

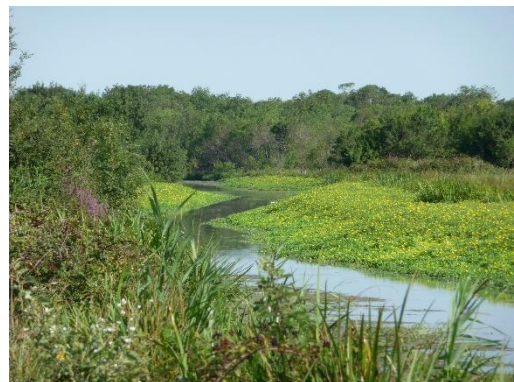


Figure 5 – Photo de Jussie aux Marais du Vigueirat  
© L. Debiesse

### ► **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 les Marais du Vigueirat 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 du site et du territoire camarguais, parfois à très grande échelle (comme pour 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 ou 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, 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

### ► *Lapin de garenne*

#### INCERTAIN

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 de ces conditions 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 des Marais du Vigueirat, car ils exploitent des secteurs localement « hauts » topographiquement. 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, peut-être à moyen 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 aux Marais du Vigueirat, du fait d'une **population très réduite et isolée** et de secteurs de repli limités en cas d'évolution défavorable des conditions climatiques. Enfin, certains facteurs extérieurs comme les maladies ou la fermeture des milieux pourraient être favorisés en contexte de CC, et ainsi augmenter les pressions sur l'état des populations. Ainsi, la vulnérabilité au CC du lapin de garenne est **incertaine à moyen terme** sur la RNN des Marais du Vigueirat, avec probablement peu d'effets à court terme et de potentiels effets négatifs à moyen terme (très incertain). Cette espèce semble plus vulnérable aux facteurs comme la dynamique et l'état de la population qu'au changement climatique et ses potentiels impacts.



Figure 6 – Photo d'un Lapin de garenne  
© C. Dépernet

### ► *Phragmitaie et passereaux paludicoles*

#### VULNERABILITE TRES FORTE

Les espèces de passereaux paludicoles n'ont pas toutes les mêmes exigences écologiques. Pour autant, toutes sont globalement sensibles à certains aléas climatiques qui influencent la structure de la roselière, la ressource alimentaire, la réussite de la reproduction ou leur survie. Ainsi, la réduction attendue du nombre de jours de gel et les printemps plus doux seront favorables à la présence de certaines ressources

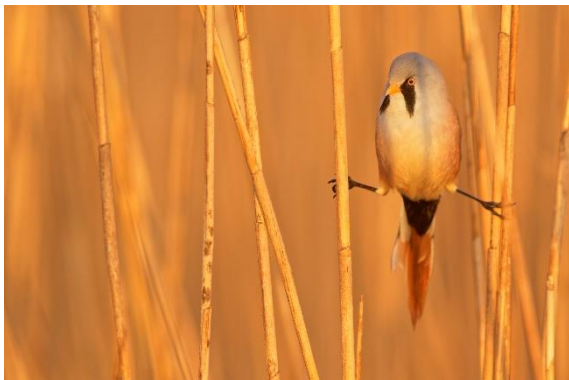


Figure 7 – Photo d'une Panure à moustaches en roselière  
© C. Pappalardo

alimentaires, contrairement aux **fortes chaleurs estivales** qui mettront à mal la résistance des oiseaux. L'évaporation et l'évapotranspiration accentuées par les températures plus élevées vont impacter négativement les niveaux d'eau. Les précipitations, très incertaines dans le futur, pourraient ne pas compenser ce déficit, causant un **assec précoce** défavorable aux nichées tardives. De plus, la **salinité** risque d'augmenter, possiblement au-delà des seuils de tolérance du roseau. Les niveaux d'eau et la structure de la roselière seront alors d'autant plus **dépendants de la gestion hydraulique** des bassins. Si les passereaux paludicoles ne rencontrent alors plus

des conditions adaptées, certains pourraient se déplacer et remonter plus au nord de leur aire de répartition, à condition d’y trouver des milieux favorables. Toutefois, ils ne seraient alors plus présents sur le site, ce qui confirme le **niveau de vulnérabilité très élevé** associé à cet objet pour les Marais du Vigueirat. Enfin, certains facteurs non climatiques comme le dérangement par les sangliers ou les zoonoses pourraient se voir renforcés par les évolutions climatiques à venir, exposant les passereaux paludicoles et leur habitat à des pressions plus importantes, en plus des évolutions climatiques déjà défavorables.

► **Nivéole d’été**

**VULNERABILITE TRES FORTE**



Figure 8 – Photo de Nivéoles d’été © JB Nogues

La nivéole d’été (*Leucojum aestivum*), plante précoce de marais et canaux d’eau douce, supporte très mal la présence de sel. Le risque accru de **salinisation** des sols et eaux superficielles dans le futur la rend donc très vulnérable au changement climatique à moyen terme. Elle est également très liée à la gestion hydraulique du site pendant la période de développement de la Nivéole (février et printemps). La faible capacité de dispersion naturelle de cette espèce et sa situation en limite d’aire de répartition renforcent sa vulnérabilité sur la RNN des Marais du Vigueirat.

► **Scorzonère à petites fleurs**

**VULNERABILITE TRES FORTE**

Tout comme la Nivéole d’été, la Scorzonère à petites fleurs (*Scorzonera parviflora*) est sensible à la **salinité**, qui risque d’augmenter dans le futur. Ne pouvant s’adapter à cette modification de son environnement, elle est considérée comme très fortement vulnérable au changement climatique aux Marais du Vigueirat.

► **Mares temporaires méditerranéennes**

**VULNERABILITE TRES FORTE**

L’hydropériode est l’un des facteurs caractéristiques des mares temporaires. Dépendant à la fois des précipitations et de l’évaporation et évapotranspiration, elle est déjà très variable d’une année à l’autre et devrait le rester dans le futur. Toutefois, si les précipitations futures sont très incertaines, la hausse certaine des températures fera augmenter l’évaporation et l’évapotranspiration toute l’année. Cela sera défavorable à ces milieux, qui risquent de connaître des **assecs prolongés**, à des périodes inhabituelles pour les espèces qu’elles hébergent, plusieurs années de suite. Le risque important de **salinisation** de ces milieux doux, par remontées salines notamment, représente le plus gros facteur de vulnérabilité pour les mares temporaires méditerranéennes à moyen terme, car elles ne peuvent pas s’y adapter. Ces milieux endoréiques feront probablement face à une dégradation progressive, accompagnée par une perte de la biodiversité caractéristique associée.



Figure 9 – Photo d’une mare temporaire des Marais du Vigueirat © L. Debiesse

► **Marais semi-permanents**

**VULNERABILITE FORTE**

Les marais semi-permanents sont notamment caractérisés par leur hydropériode, elle-même déterminée par les précipitations, l'évaporation, l'évapotranspiration et l'alimentation en eau artificielle par les canaux. Leur eau douce à saumâtre est aussi essentielle à la présence et au développement des communautés qui leur sont associées. Les évolutions futures du climat sont ainsi plutôt défavorables aux marais de la réserve, avec un **risque d'assec prolongé et de salinisation** à terme. Ils sont toutefois un peu moins sensibles que les mares par exemple, grâce à leur bonne capacité de stockage de l'eau et à la possibilité de mise en eau douce artificielle. La gestion hydraulique de ces marais est pourtant vulnérable elle aussi aux évolutions climatiques, puisqu'elle dépend de nombreux facteurs en amont et en aval du site (débits du Rhône et de la Durance en baisse à l'étiage, autres usages de la ressource en eau). A moyen terme, les marais semi-permanents sont donc considérés **fortement vulnérables** aux Marais du Vigueirat.

► **Hérons paludicoles nicheurs**

**VULNERABILITE FORTE**

Les hérons paludicoles n'ont pas tous les mêmes exigences écologiques, notamment en terme d'habitat et de niveaux d'eau dans les roselières. Ces derniers dépendent des précipitations et de l'évapotranspiration, ainsi que de la disponibilité en eau douce dans les canaux permettant d'alimenter les roselières. Au vu des évolutions du climat dans le futur, il y a donc un **risque d'assèchement des roselières en fin de saison** de reproduction des hérons paludicoles (le début de saison n'étant a priori pas menacé du point de vue des niveaux d'eau). De plus, les **fortes chaleurs** estivales pourront être défavorables aux nichées tardives, tandis que la disparition des jours de gel sera favorable à ces espèces. Enfin, le risque de **salinisation** de l'eau pourrait modifier le faciès des roselières et la ressource alimentaire, probablement plus à moyen terme qu'à court terme. L'impact de ces évolutions sur les hérons paludicoles nicheurs des Marais du Vigueirat sera probablement **variable d'une espèce à l'autre**, car leur **plasticité** est différente (par exemple la Grande aigrette l'est probablement plus que le Butor étoilé). Les choix et possibilités de gestion (pastorale et hydraulique en particulier) pourront également influencer l'aspect des roselières et leur adéquation avec les besoins de ces espèces en période de reproduction.



Figure 10 – Photo de Butor étoilé © C. Pappalardo

► **Cistude d'Europe**

**VULNERABILITE FORTE**

Les précipitations, notamment automnales et hivernales, permettent la remise en eau des milieux fréquentés par la Cistude et la diminution de la salinité de l'eau de ces milieux. Bien qu'une légère hausse des cumuls hivernaux soit attendue, l'évolution des précipitations reste très incertaine dans le futur. La mise en eau douce des milieux dépend aussi fortement de la gestion hydraulique qui pourra être mise en œuvre à moyen terme. Le risque de **salinisation** et la **sécheresse des sols** seront en hausse, ce qui sera défavorable à cette espèce d'eau douce dont les juvéniles nécessitent un sol suffisamment humide pour sortir du nid enterré. Les températures ont aussi un rôle important dans son cycle de vie, puisqu'elles conditionnent sa période d'activité et la date de sortie des jeunes. La **température** de l'air influence



également celle du sol, qui impacte directement le sex-ratio au moment de l'incubation (durant l'été). La Cistude présente une importante longévité et la survie des adultes semble bonne, mais l'augmentation des températures (en particulier estivales) devrait donc être défavorable à terme pour la dynamique de population et la préservation de cette espèce.

Figure 11 – Photo d'une Cistude d'Europe © C. Pappalardo

► **Anatidés hivernants**

**VULNERABILITE MOYENNE**

La hausse certaine des températures permettra globalement une meilleure survie des anatidés 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 le Canard 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 (Canard colvert, 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. L'évolution incertaine des précipitations (possiblement en baisse en début d'automne), combinée à une évapotranspiration plus élevée, pourrait causer des **remises en eau plus tardives** suite à des assecs estivaux plus longs, rendant le site moins accueillant, en particulier pour les espèces présentes dès l'automne. Pour le marais mis en eau artificiellement, la **disponibilité en eau douce automnale** pourrait à terme être limitée en lien avec les évolutions des débits et les différents usages et gestions de l'eau sur les territoires camarguais et durancien. La salinisation des nappes et de l'eau de surface pourrait à terme être défavorable à certaines des espèces les plus sensibles. Le cortège devrait ainsi se maintenir à moyen terme, mais pourrait évoluer, voire perdre en diversité et en effectifs en fonction des évolutions des milieux. Il faut enfin rappeler que les conditions d'accueil aux Marais du Vigueirat ne jouent qu'une part dans la présence des anatidés hivernants, qui ont aussi besoin de sites de gagnage à proximité et dépendent également du reste de leur cycle migratoire.



Figure 12 – Photo de Sarcelle d'hiver © C. Dépernet

► **Laro-limicoles coloniaux nicheurs**

**VULNERABILITE MOYENNE**

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** sur les colonies installées sur des îlots et radeaux artificiels. D'autant que l'un des 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**). Si à court terme, l'alimentation artificielle en eau douce des zones de nidification devrait assurer des niveaux d'eau suffisants pour isoler les sites de reproduction des prédateurs, cela pourrait ne pas être le cas à moyen terme, en particulier en période estivale. Par ailleurs, la **hausse certaine**



Figure 13 – Photo d'un îlot de reproduction des laro-limicoles © L. Debiesse

**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 pour ce cortège. La hausse de la température de l'eau, combinées à terme à la salinisation et l'évolution de la chimie des marais, pourraient également avoir des conséquences sur la **ressource alimentaire** de ces espèces. Cela concerne également les espèces de laro-limicoles non nicheuses sur la réserve mais présentes pour s'y alimenter, bien qu'elles restent moins vulnérables sur le site que les espèces nicheuses. 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, la vulnérabilité au changement climatiques des laro-limicoles nicheurs est donc jugée moyenne à moyen terme aux Marais du Vigueirat.

► **Leste à grands stigmas**

**VULNERABILITE FAIBLE**

Les habitats utilisés par le Leste à grands stigmas (**Mares temporaires méditerranéennes** et **Marais semi-permanents**) sont jugés fortement vulnérables au changement climatique. Dans le détail, les précipitations automnales puis hivernales permettent la remise en eau puis le maintien des milieux fréquentés par le Leste et la diminution de la salinité de ces milieux. Bien qu'une légère hausse des cumuls hivernaux soit attendue, l'évolution des **précipitations** reste très incertaine dans le futur. L'état des milieux dépend aussi fortement de la **gestion hydraulique** qui pourra être mise en œuvre à moyen terme – ce qui explique par ailleurs que les sites endoréiques soient de loin les plus vulnérables. En fin de saison, la disponibilité en eau douce des canaux sera de plus en plus limitée, alors que l'évapotranspiration plus élevée pourrait accélérer **l'assèchement des marais** concernés. Le risque de salinisation sera par ailleurs en hausse, ce qui



Figure 14 – Photo d'un Leste à grands stigmas © R. Deschamps

sera à terme défavorable à cette espèce à partir de certains seuils (selon le stade de vie). En revanche, en fin d'automne, l'eau douce des canaux devrait de nouveau être disponible pour mettre en eau les marais pour le cycle suivant. Par ailleurs, les **températures** conditionnent la date d'émergence du Leste, qui a ainsi reculé ces dernières années avec leur hausse. Cela pourrait permettre une forme d'**adaptation** de l'espèce aux modifications de son habitat en fin de saison (assec précoce, salinité élevée), à condition que les vitesses de ces évolutions concordent. Enfin, cette espèce de milieux temporaires méditerranéens, adaptée aux variations interannuelles du climat, possède une capacité de **résilience assez forte** : elle peut ainsi se maintenir, en utilisant de nouveaux sites, malgré des chutes d'effectifs dues à de mauvaises années hydrologiques. Ainsi, le Leste à grands stigmas devrait dans un premier temps se maintenir aux Marais du Vigueirat, avant de peut-être devenir plus vulnérables aux évolutions climatiques, ou en tout cas certainement **plus dépendant de la gestion hydraulique** des sites.

► **Sanglier**

**OPPORTUNITE FORTE**

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. A 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 en contexte de changement climatique. Or, les précipitations étant très incertaines, l'évapotranspiration 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



Figure 15 – Photo de jeunes sangliers aux Marais du Vigueirat © C. Pappalardo

plus compliqué l'été. L'effet des évolutions climatiques sur la disponibilité alimentaire est difficile à estimer en Camargue, où elle dépend plus de l'état des sols (pas trop secs par exemple) que de la fructification des arbres comme ça peut être le cas ailleurs. Enfin, la pression de chasse pourrait diminuer à terme, mais elle pourrait également être compensée par 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 et la reproduction), qui pourrait ainsi présenter une opportunité au changement climatique en Camargue.

► **Synthèse de la vulnérabilité du patrimoine naturel**

Les résultats de l'analyse de vulnérabilité et opportunité du patrimoine naturel de la réserve naturelle nationale des Marais du Vigueirat peuvent être résumés sous la forme du schéma page suivante (Figure 16). 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, pour un horizon temporel de moyen terme. Les différents niveaux de vulnérabilité / opportunité obtenus restent subjectifs et surtout propres au site pour lequel ils ont été réfléchis et définis. Ils seront à réétudier ultérieurement en fonction de l'évolution des connaissances et des observations de terrain.

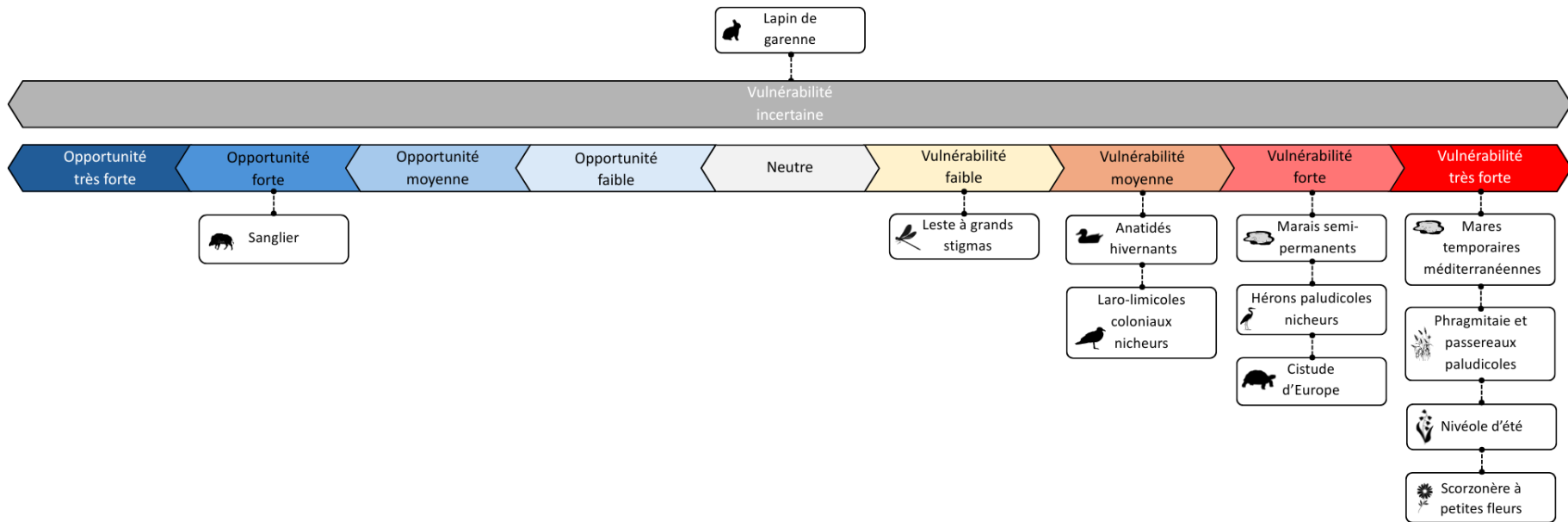


Figure 16 – Schéma synthétique des résultats de l'analyse de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique des objets du patrimoine naturel de la RNN des Marais du Vigeirat

## EVOLUTION POTENTIELLE DES ACTIVITÉS SOCIO-ÉCONOMIQUES

### ► Agriculture

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 des fleuves et des nappes deviendra une contrainte majeure pour les agriculteurs, variable à la fois selon les volumes (avec des risques élevés d'étiages sévères et prolongés), la salinité (risque accru de remontée du biseau et du coin salés), 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 maraichage, qui se développe en Camargue, et à la marge sur le Plan du Bourg, nécessite des apports d'eau réduits sur la parcelle et 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. A terme, on pourrait aussi observer en Camargue une déprise des cultures sur certaines zones, potentiellement remplacées par du pâturage extensif ou rendus à la Nature. En Crau, comme exposé p.35, les surfaces de Foin de Crau pourraient diminuer dans les prochaines décennies pour diverses raisons, entraînant une modification dans le fonctionnement hydrologique du territoire, à la fois en sous-sol et en surface.

### ► Élevage

Les évolutions climatiques actuelles et à venir pourraient permettre un allongement de la période de pâturage grâce à la présence d'herbe plus tôt au printemps et plus tard jusqu'en fin d'automne voire début d'hiver. Cependant, 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



Figure 17 – Photo d'un manadier à cheval et son troupeau aux Marais du Vigueirat © L. Debiesse

bêtes seront aussi fortement impactées par les insectes hématophages, et notamment les zoonoses qu'ils véhiculent. En hiver, les précipitations élevées pourraient être défavorables en cas d'inondation prolongée des pâtures. Le développement des plantes exotiques envahissantes est également envisagé par les acteurs comme une évolution défavorable en lien avec le changement climatique. 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. Actuellement, peu d'évolutions sont envisagées de manière générale par cette activité face

à ces contraintes, notamment car la possibilité d'alimentation en eau douce n'est aujourd'hui pas remise en question par les acteurs concernés. Par ailleurs, le gestionnaire anticipe une possible influence des impacts du climat sur les manifestations taurines (courses camarguaises, corridas), qui sont directement liées à l'activité d'élevage bovin en Camargue. L'hypothèse retenue est que dans un premier temps, elles pourraient ainsi être décalées vers la saison hivernale, avant de potentiellement régresser pour des raisons de bien-être animal.

### ► 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 analyses 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. Comme pour l'élevage, la possibilité d'alimentation en eau douce des milieux n'est aujourd'hui pas remise en question par les acteurs concernés, qui sont par ailleurs confiants dans l'adaptabilité de leur activité de loisir au gibier présent, et donc pas trop inquiets quant à son évolution future.

### ► **Accueil du public**

Comme pour les autres activités, les évolutions du climat vont durcir les conditions de visite pour le public accueilli sur le site, particulièrement l'été. La fréquentation pourrait alors tendre vers un report sur des horaires et périodes différentes. Aux Marais du Vigueirat, où des balades à cheval et en calèche sont proposées, le bien-être des chevaux sera un facteur supplémentaire à prendre en compte dans les réflexions sur l'adaptation. L'accessibilité du site pourrait aussi être réduite à certaines périodes, et l'état des sites visités pourrait être modifié (niveaux d'eau, espèces présentes, ...). L'accueil du public devrait donc toujours être possible à moyen terme, mais en tenant compte de contraintes plus importantes.



Figure 18 – Photo d'une balade en calèche  
© L. Debiesse

### ► **Industrie**

Pour rappel, les liens entre l'activité industrielle et la gestion hydraulique autour des Marais du Vigueirat sont traités dans la partie **Facteurs extérieurs** p.35. On se concentre ici sur les autres types d'influence de cette activité sur la réserve naturelle. Face aux divers scénarios d'évolution possibles, l'hypothèse retenue dans ce diagnostic est celle d'un développement de l'industrie dans le futur, avec cependant un virage (entamé) pour essayer de réduire son impact sur le climat (*via* la décarbonation). Au regard de discussions informelles, il semble que le risque de submersion marine ne soit pas encore pris en compte à sa pleine mesure au sein de la Zone Industriale-Portuaire, notamment car les solutions « techniques », par exemple de surélévation des bâtiments, semblent considérées suffisantes. Par ailleurs, l'activité industrielle de cette



Figure 19 – Photo de la ZIP de Fos-sur-Mer depuis les Marais du Vigueirat © L. Debiesse

zone est directement liée à de gros projets d'aménagements énergétiques (projet en cours de ligne 400 000 Volts), d'infrastructures routières et de développement de plateformes logistiques. Dans l'hypothèse d'un développement de l'industrie dans les prochaines décennies, d'autres projets de ce type pourraient ainsi voir le jour. Ainsi, les impacts directs et indirects de l'activité industrielle sur les Marais du Vigueirat et son patrimoine naturel augmenteront très probablement à moyen terme. Parmi les pressions variées que cela représente, on peut citer notamment la pollution atmosphérique, la fréquentation de la zone, le trafic routier, ou la fragmentation du territoire.

## EVOLUTION POTENTIELLE DES OUTILS ET MOYENS DE GESTION

### ► **Gestion hydraulique**

Les évolutions climatiques, 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 maintenir la gestion hydraulique actuelle. Au vu des évolutions du climat, des facteurs extérieurs et des activités socio-économiques influençant la disponibilité en eau douce, à l'échéance 2050, les marais seront probablement remis en eau de façon beaucoup plus tardive qu'actuellement, et moins longtemps dans la saison, après une période de sécheresse beaucoup plus longue. Si l'hiver pourra toujours être une période favorable à l'irrigation du site, la capacité à cumuler suffisamment d'eau pour fournir des conditions idéales à la reproduction de certaines espèces au printemps, notamment les hérons paludicoles, ne sera pas garantie. Le risque de salinisation de l'eau (par les canaux et le Rhône via le coin salé, par influence souterraine, ou autre) n'est pas non plus à négliger. Il faut également prendre en considération la capacité financière du gestionnaire à entretenir les ouvrages hydrauliques existants et à payer les frais de pompage. La tendance à la réduction des moyens financiers des gestionnaires d'espaces naturels étant amorcée depuis déjà plusieurs années, il faut envisager, à terme, mais probablement au-delà de 2050, un scénario extrême dans lequel la capacité de gestion hydraulique sera totalement remise en cause. Dans ce cas, il faudra prévoir une irrigation « naturelle » du site dépendante de l'évolution des niveaux d'eau des canaux, rendant les prévisions de sécheresse estivale, voire printanière et automnale d'autant plus importantes. Certains bassins pour lesquels l'irrigation ne peut se faire que par pompage ne seront plus irrigués que par les pluies hivernales (bassins des Piscis par exemple).



Figure 20 – Photo d'une manipulation de martelière aux Marais du Vigueirat © L. Debiesse

### ► **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 (présentes ou non actuellement) pourraient tirer parti des nouvelles conditions environnementales. Les besoins de gestion des EEE sur le site pourraient donc évoluer, et nécessiteront probablement d'être réévalués par espèce et par secteur. 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.



Figure 21 – Photo d'un taureau aux Marais du Vigueirat © C. Dépernet

### ► **Gestion pastorale**

Les évolutions possibles des contraintes sur l'activité d'élevage présentées plus haut (**Élevage**) s'appliquent aux troupeaux pâturant sur le site des Marais du Vigueirat. La gestion des milieux de la réserve par le pâturage pourrait donc se retrouver contrainte par les évolutions du climat et de la ressource en eau douce. Si le pâturage venait à être modifié à cause de cela (diminution de la pression de pâturage, modification des périodes ou des zones de présence du bétail par exemple), et sans adaptation complémentaires, les milieux aujourd'hui

pâturés évolueraient différemment (fermeture, embroussaillage, modification des cortèges végétaux, ...). Ces évolutions restent incertaines et conditionnées directement à des choix du gestionnaire.

### ► **Surveillance**

Si la fréquentation touristique future est difficile à estimer, son évolution pourrait impliquer une modification des priorités de surveillance à certaines périodes. De même, l'évolution future des autres activités impliquant des actions de surveillance nécessitera en conséquence des adaptations de cette mission du gestionnaire. Par exemple, les périodes de présence du bétail sur la RNN pourraient changer, tout comme les horaires d'accueil du public ou la période de chasse. Les changements dans la gestion hydraulique du site pourront aussi impliquer une évolution du besoin de surveillance associé, avec potentiellement plus d'adaptabilité et donc de réactivité nécessaires.

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



Figure 22 – Photo d'un garde-technicien de la RNN réalisant un suivi sur le terrain © C. Pappalardo

Les conditions de travail de l'équipe des Marais du Vigueirat vont devenir plus difficiles dans le futur à cause du changement climatique, en particulier en période estivale. Les adaptations déjà existantes aux conditions spécifiques du site en contexte de climat méditerranéen pourraient alors ne plus être suffisantes si elles n'évoluent pas. 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. Cela concerne à la fois les personnes travaillant en extérieur et celles travaillant dans les bureaux, qui ne sont pas toujours

équipés pour faire face à cela. 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.

### ► **Bâtiments et entretien des infrastructures**

Les évolutions futures du climat fragiliseront les bâtiments et infrastructures du site. En particulier, la salinisation accrue des sols et des eaux accélèrera la dégradation des éléments métalliques. La variabilité des conditions, notamment de précipitations et sécheresses, et la possible accentuation du contraste entre les saisons au cours des années accentuera la problématique de retrait-gonflement des argiles (mouvements du sol) qui fragilise les bâtiments et infrastructures. Les besoins d'entretien ou remplacement d'infrastructures devraient donc s'accroître dans le futur. Si aucune stratégie spécifique n'est encore définie par le propriétaire concernant le devenir des bâtiments du site, la priorisation sur les travaux d'urgence et la prise en compte des problématiques de mouvements de sols sont déjà d'actualité. Enfin, il faut mentionner qu'à plus long terme, les Marais du Vigueirat et les bâtiments présents finiront par être touchés par des submersions marines.



Figure 23 – Photo des bâtiments du Rendez-vous et d'un ouvrage hydraulique aux Marais du Vigueirat © L. Debiesse

## 5. Nouveaux arrivants

Les nouveaux arrivants sont les espèces ou habitats actuellement absents du site et **qui pourraient apparaître 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. Les Marais du Vigueirat sont situés sur le littoral méditerranéen, au niveau de la mer située à quelques kilomètres au Sud. Il faut donc réfléchir à plus grande échelle afin de comprendre les modifications et arrivées possibles. 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 futur dans le cadre d'actions de préservation depuis des espaces naturels situés plus au Sud et qui amèneraient de nouvelles espèces sur le site. Les éléments présentés ci-dessous ne sont pas exhaustifs, mais permettent d'amorcer une réflexion sur ce sujet dans la continuité du diagnostic réalisé.

**Chez les oiseaux**, parmi les arrivants récents, on peut par exemple citer certains échassiers (Ibis falcinelle, Héron garde-bœufs, Grande aigrette, ...) dont les effectifs sont devenus bien plus importants sur le site, en lien avec le changement climatique (souvent pas l'unique facteur). Quant aux futurs arrivants potentiels, des espèces méridionales, encore très rares voire exceptionnelles ou absentes en Camargue, pourraient devenir plus fréquentes (comme la Sarcelle marbrée). Certaines espèces aujourd'hui de passage pourraient devenir nicheuses (Sarcelle d'été, Fuligule nyroca), et des actuelles nicheuses ou migratrices risquent de rester sur le site pour hiverner (Blongios nain, Crabier chevelu, Echasse blanche). Ces nouvelles espèces pourraient ainsi renforcer et adapter les cortèges actuels, pour la plupart jugés vulnérables au changement climatique dans leur composition actuelle.

**Chez les arthropodes**, *Hyalomma marginatum* est découverte dans la réserve en 2018. 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. De même, le Trithémis annelé (*Trithemis anulata*), dont l'arrivée depuis l'Espagne est probablement liée au changement climatique, a été observé il y a quelques années aux Marais du Vigueirat. Comme pour les oiseaux, des espèces observées occasionnellement pourraient être plus présentes à l'avenir, voire s'installer. Certaines espèces pourraient ainsi remonter en Camargue avec l'augmentation des températures, à condition qu'elles soient aussi tolérantes au sel pour pouvoir s'implanter. Ces changements sont sûrement déjà entamés, mais l'absence de suivi ne permet pas de l'affirmer. En effet, ces groupes sont aujourd'hui principalement observés via leurs prédateurs (oiseaux en particulier). Ces évolutions concerneront sans doute de nombreux groupes d'arthropodes, tant aquatiques que terrestres, avec des répercussions probables sur le reste de leur écosystème (modification des communautés trophiques, insectes hématophages plus nombreux ou actifs sur des périodes étendues, potentiellement vecteurs de maladies, etc.). Certaines espèces à venir (de manière certaine ou non) pourront par ailleurs être envahissantes (qu'elles soient des EEE connues aujourd'hui ou non). On peut ainsi penser au Crabe bleu, en plein essor dans les lagunes camarguaises, ou à l'Ibis sacré par exemple.

Enfin, l'arrivée de nouvelles espèces à la faveur de conditions climatiques et d'environnement plus favorables concerne aussi les **autres groupes taxonomiques** : mammifères, poissons, amphibiens, reptiles, etc. Peut-être trouvera-t-on dans quelques années des Psammodromes aux Marais du Vigueirat ?

Il est difficile de dresser un panel précis tant les incertitudes sont nombreuses. En particulier, éléments sont ressortis comme centraux lors de cet exercice prospectif :

1. Il est très difficile de connaître le rôle du changement climatique dans les évolutions observées ou anticipées, tant les autres facteurs peuvent être nombreux et entremêlés. Par exemple, l'arrivée du Chacal doré en Camargue en 2024-2025 peut être, ou non, ou en partie, liée aux évolutions du climat.
2. La plupart du temps, on ne sait pas si les espèces présentes plus au Sud (péninsule ibérique par exemple) vont remonter jusqu'en Camargue ou non en lien avec les évolutions du climat.
3. Pour les espèces pour lesquelles on envisage tout de même un déplacement ou une expansion jusqu'en Camargue, il est très complexe d'évaluer le pas de temps associé. Or, les milieux et conditions environnementales présents aujourd'hui vont évoluer et changer à court, moyen et long terme, et en particulier avec les submersions marines et la maritimisation à terme du territoire. La possibilité d'une installation de ces espèces dans des conditions environnementales favorables est donc d'autant plus difficile à anticiper.
4. Le sujet des espèces exotiques envahissantes est également délicat à traiter, car avec le changement climatique (d'origine anthropique !), la distinction entre de nouvelles EEE colonisant de nouveaux territoires et des espèces à la dynamique invasive étendant leur aire de répartition à la faveur de conditions nouvellement favorables sera de plus en plus floue.

Ces considérations nous poussent donc à la prudence quant aux éléments prospectifs présentés ci-dessus. L'exercice reste toutefois pertinent dans le cadre de la présente démarche, puisqu'il permet de compléter le diagnostic et la vision future du site en contexte de changement climatique. Il nous rappelle notamment que, si certaines espèces présentes aujourd'hui sur la réserve ne le seront probablement plus dans le futur, d'autres pourraient s'y trouver alors, y compris des espèces patrimoniales.



Figure 24 – Photo d'un Crabier chevelu © C. Pappalardo

## V. Récit prospectif

### Récit prospectif : comment pourrait évoluer le site des Marais du Vigueirat, et en particulier la RNN des Marais du Vigueirat, sous l'effet du changement climatique ?

#### Préambule

- La synthèse climatique a été réalisée à partir d'études et de projections climatiques. Elle comprend donc des incertitudes et des hypothèses qui devront évoluer avec l'amélioration des connaissances disponibles.
- Le choix a été fait de réaliser le récit prospectif à l'échéance 2050, considérée comme une échéance de moyen terme, permettant de limiter les incertitudes et de proposer ensuite un plan d'adaptation plus cohérent avec l'échelle de temps des documents de gestion du site (Plan de Gestion). Cependant, le récit évoquera l'échéance 2100 dans certains cas.
- Une incertitude importante complexifie l'exercice prospectif : l'échéance de la « maritimisation » précédée de phases de « submersions marines » occasionnelles liées à la montée du niveau de la mer. Nous considérerons ici que la maritimisation ne sera pas effective aux Marais du Vigueirat à l'échéance de 2050, le récit prospectif sera donc rédigé en ce sens.
- Une grande incertitude concernant l'évolution de la capacité de gestion hydraulique entraîne une grande incertitude sur l'évolution des pratiques de gestion et donc sur celle des milieux naturels. Le scénario choisi permet d'avancer des hypothèses d'évolutions mais il est important de considérer qu'il n'est absolument pas certain.
- Ce récit prospectif a été établi suite à la réalisation du Diagnostic de Vulnérabilité et d'Opportunité (DVO), qui n'a pris en compte que quelques objets d'analyse caractéristiques du site, il ne peut donc pas être considéré comme exhaustif.

Le récit prospectif proposé ici doit donc être relativisé : l'équipe gestionnaire a choisi de formuler des hypothèses en retenant celles qui semblent les plus probables, mais elle est pleinement consciente des incertitudes qui les accompagnent. Le lecteur de ce récit doit indispensablement prendre en compte cette incertitude et considérer ce travail comme un outil permettant au gestionnaire d'avancer dans sa démarche d'adaptation au changement climatique ; cet outil pouvant, voire devant, évoluer au fil du temps.

#### Récit prospectif à l'échéance 2050, ou avant que la mer n'atteigne les Marais du Vigueirat

Le climat présentera des températures élevées en particulier en été, provoquant une saison sèche et caniculaire plus longue encore qu'aujourd'hui, débordant sur le printemps et l'automne. Malgré un cumul annuel de précipitations qui ne devrait pas évoluer de façon nette, le maintien du caractère irrégulier des précipitations méditerranéennes et le réchauffement de la mer Méditerranée permettent d'anticiper l'intensification des « épisodes de type méditerranéens ». L'hiver, les épisodes de gel auront disparu, mais les précipitations pourraient être légèrement plus nombreuses.

Dans ce contexte, les activités agricoles pratiquées en amont des Marais du Vigueirat évolueront : diminution forte voire arrêt de la culture du Foin de Crau, optimisation de l'irrigation des terres maraichères et d'arboriculture. Les débits d'étiage de la Durance et du Rhône seront réduits, et la gestion du barrage anti-sel pourrait être modifiée voire arrêtée par le Grand Port Maritime de Marseille, qui trouvera une nouvelle source d'eau douce *via* la déviation du canal de St Chamas. Toutes ces évolutions empêcheront le gestionnaire de maintenir une gestion hydraulique comparable à celle des années 2000 à 2020. Malgré le fait que l'irrigation des marais en hiver sera encore certainement possible, leur assèchement progressif à

partir du printemps sera plus précoce. La période d'assec total sera beaucoup plus longue, et la remise en eau à l'automne sera certainement beaucoup plus compliquée qu'aujourd'hui.

En prenant en considération la capacité financière du gestionnaire à entretenir les ouvrages hydrauliques existants et à payer les frais de pompage, la tendance à la réduction des moyens financiers des gestionnaires d'espaces naturels étant amorcée depuis déjà plusieurs années, il faut envisager à terme (mais probablement au-delà de 2050) un scénario extrême dans lequel la capacité de gestion hydraulique sera totalement remise en cause.

Ce déficit hydrique, associé à l'augmentation du niveau de la mer et à l'avancement du biseau salé, va entraîner une salinisation des eaux et des sols, entraînant une modification notable des habitats et de la végétation du site.

Après avoir régressé fortement, les roselières disparaîtront au profit des végétations salées de type sansouïères qui borderont les étangs. Les boisements seront dominés par le Tamaris qui trouvera dans les bordures d'étangs des conditions idéales de germination. Refus de pâturage, cette espèce conduira à la fermeture des milieux et à la raréfaction des espèces de milieux ouverts. La disparition des roselières entraînera la disparition des sites de nidification des populations méditerranéennes de passereaux paludicoles, de Butor étoilé et de Héron pourpré qui connaîtront un déplacement de leurs populations vers le nord, dans des régions moins soumises au manque d'eau douce et à la salinisation des eaux et des sols. Certains anatidés hivernants connus aujourd'hui en Camargue n'effectueront plus leurs migrations jusque-là, bénéficiant de conditions favorables dans des régions moins éloignées de leurs régions de reproduction. Par contre, de nouvelles espèces venant de pays africains les remplaceront probablement.

Les mares temporaires méditerranéennes, habitat d'intérêt prioritaire à l'échelle européenne, ainsi que la faune et la flore qui y sont liées, bien qu'adaptées à d'importantes périodes de sécheresse, seront progressivement victimes de la salinisation des sols.

Certaines espèces caractéristiques des Marais du Vigueirat, liées notamment à la présence d'eau douce, comme la Cistude d'Europe, la Scorzonère à petites fleurs ou la Nivéole d'été, ne pourront se maintenir que tant que la gestion hydraulique du site sera possible.

A l'inverse, d'autres espèces pourraient tirer profit de ces modifications climatiques, ou au moins s'y adapter suffisamment pour accroître leurs populations. Ce devrait être le cas des espèces exotiques envahissantes mais aussi d'espèces locales assez plastiques comme le Sanglier.

Bien que pouvant profiter des modifications climatiques en hiver, les activités humaines pratiquées aujourd'hui sur le site seront soumises à d'importantes difficultés en période estivale, en raison du manque d'eau et de températures intenses : souffrance des troupeaux liée à la difficulté d'abreuvement et à la raréfaction de la végétation nutritive, activités de loisir (tourisme) et activités professionnelles du gestionnaire mises à mal en raison de la difficulté à supporter les températures estivales. En d'autres saisons, ces activités seront soumises à la possible intensification des phénomènes méditerranéens et devront faire face à leur conséquences (inondations, dégradation des équipements et bâtiments, etc.).

Il est évidemment important de prendre en compte l'évolution progressive du site, de ses composantes biotiques et abiotiques et des activités humaines qui y sont pratiquées. L'image décrite ici n'apparaîtra pas soudainement en 2050, mais permet d'imaginer le résultat d'une évolution déjà amorcée, en l'absence de mise en place d'une stratégie d'adaptation.

## Qu'en sera-t-il en 2100, ou lorsque la mer atteindra les Marais du Vigueirat ?

Tout ce qui a été imaginé précédemment ne prenait pas en compte le risque de submersions marines puis de maritimisation. Ce phénomène doit être pensé de façon progressive : évolution du trait de côte, salinisation des habitats naturels littoraux, tempêtes favorisant l'intrusion d'eau de mer en arrière d'une dune suivie d'une période de ressuyage plus ou moins longue dans un premier temps, etc. Par la suite, il est probable que les Marais du Vigueirat deviennent véritablement littoraux, voire même qu'ils comprennent des lagunes littorales connectées directement à la mer. A l'extrême, on peut imaginer que le littoral évolue vers le nord au-delà des Marais du Vigueirat.

L'une des hypothèses formulées par l'équipe gestionnaire est le retardement de ce phénomène par la présence du Grand Port Maritime de Marseille dont les aménagements de protection permettront de résister plus longtemps qu'ailleurs sur le littoral. Il est aujourd'hui impossible de se prononcer sur l'échéance à laquelle la rupture aura lieu.

Cependant, il est quasiment certain que la maritimisation du Plan du Bourg aura lieu un jour, les montants financiers nécessaires à la protection des activités humaines littorales, en particulier industrielles, ne pouvant probablement pas être compensés par leur rentabilité.

Il est fort probable que la Réserve Nationale de Camargue et au moins une partie de la Tour du Valat connaîtront cette évolution avant le Plan du Bourg. Les Marais du Vigueirat resteront probablement la dernière réserve naturelle terrestre du secteur à accueillir les espèces liées aux habitats de marais et d'étangs, avant qu'ils ne soient à leur tour sujets au phénomène de recul du trait de côte.

## Comment l'équipe imagine l'avenir ? – Résultat d'un atelier de travail

Au-delà du sérieux de la rédaction précédente, l'équipe s'est prêtée au jeu de « **la carte postale du futur** ». Un élément commun à chaque contribution est celle de l'utilisation de l'humour pour exprimer l'image du futur du site. Il est en effet plus facile pour les gestionnaires de tourner la description des phénomènes à venir à la dérision plutôt que de les exposer de façon sérieuse, au risque de tomber dans le désarroi du « à quoi bon ? ».

Voici les éléments de cartes postales issus de ce travail :

« Mes chers collègues de 2025, après avoir tenté un nouveau développement industriel, le GPMM a été forcé de se rendre à l'évidence... c'était une aberration ! Nous avons perdu les usines au sud, certes, mais le Canal du Vigueirat s'assèche doucement : moins d'eau qui arrive du nord, et besoin de moins d'eau au sud... nous ne pouvons plus irriguer et l'eau devient salée. Evidemment, les grandes roseaux qui faisaient toute la richesse du site ont disparu et ont été remplacés par de grandes sansouïères. Nous attendons la mer ! Avec le conservateur de la Réserve Naturelle des Coussouls de Crau, nous avons prévu de profiter de la situation : créer un centre balnéaire écolo/ornitho : la plage en Crau, la mer sur le Plan du Bourg ! Bon, voilà, il faut bien essayer de garder une touche d'humour ! Mais finalement, on s'y fait, on en bave sous la chaleur, on fait des siestes, mais c'est beau, d'une autre manière... »

« Salut Lucette, c'est mon anniversaire aujourd'hui et il fait toujours aussi chaud et humide pour un mois de février. Le cyclone « Jean-Claude » vient à peine de passer chez nous et « Marceline » est déjà annoncé pour la semaine prochaine. Il n'y a que les Tamaris qui résistent bien au passage de ces épisodes cycloniques. Pas

*sûr que les Sternes pierregarin qui ont pondu sur les arbres résistent à « Marceline ». Et oui, tous les radeaux qu'on construisait aux Marais du Vigueirat avec les collègues ont disparu, emportés par les tempêtes. Le dernier a été retrouvé au large du Cap d'Agde. Et puis, franchement, des sternes qui pondent en février, on aura tout vu ma bonne Lucette... Quelle époque vit-on ? Je vais te laisser. Il faut que j'aille relever le pluviomètre... on dirait qu'il vient encore de tomber une vingtaine de cm en 2h, et les sondes ne marchent plus... quelle camelote ces trucs. PS : j'essaie de venir te voir cet été. J'ai acheté la dernière combinaison réfrigérante. »*

---

*« Salut l'équipe ! J'espère que vous allez bien ! Je suis passé il y a quelques jours au marais, mais le bureau était fermé. J'imagine que vu l'heure qu'il était et cette chaleur à 53°C, vous étiez déjà rentrés après avoir commencé très tôt la journée. J'ai fait un petit tour de La Palunette, c'était sympa, j'ai croisé Mathias et Philippe qui faisaient un tour des juments et paraît-il un pélican aurait emporté un poulain ?? Décidément, les Loups ne l'auront pas fait... »*

---

*« Arles sur Mer, le 24 juillet 2050 »*

*Salut les Blongios, en prévision de votre venue en décembre 2050, voici ce que nous prévoyons de faire avec les bénévoles durant la quinzaine :*

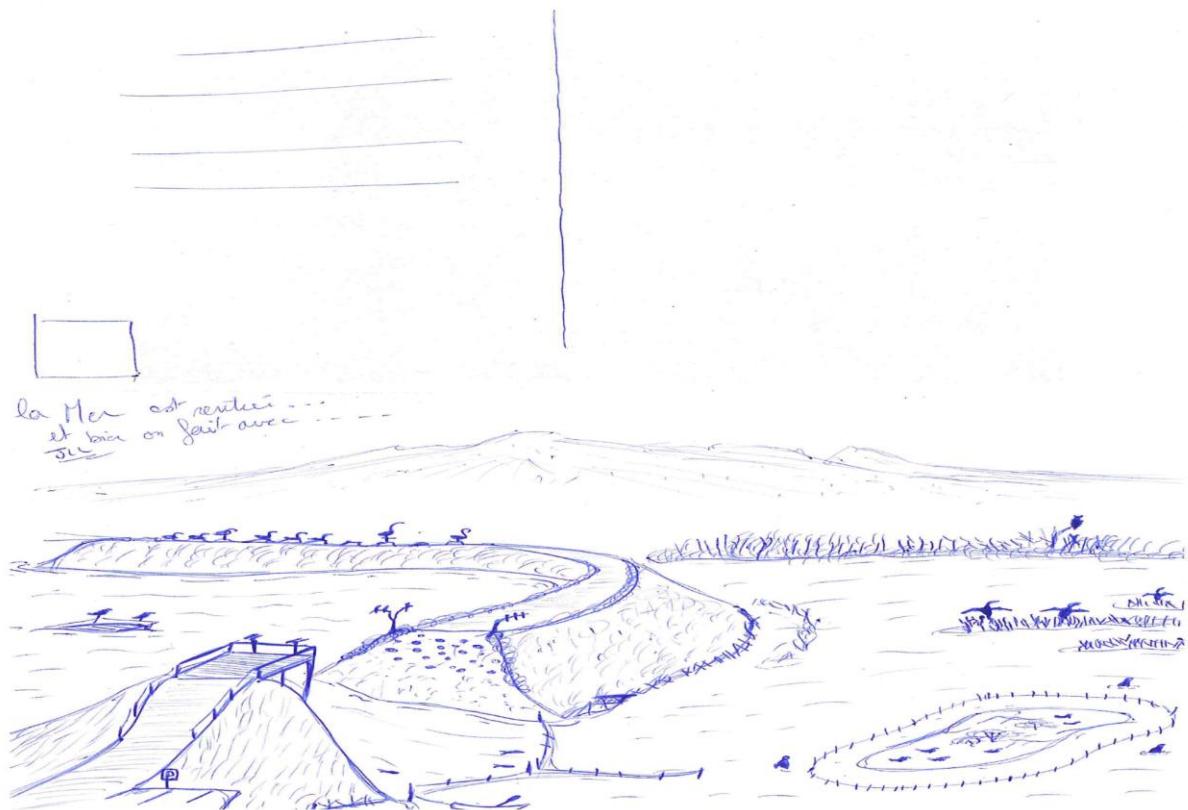
- ✓ 4 jours : chantier plantation de mangrove sur la limite sud de la réserve, secteur Baisse des Oies. Objectif : limitation de l'érosion de trait de côte dans la perspective de l'ouverture des digues du Rhône au sud ;*
- ✓ 4 jours : aménagement de sentiers ouverts au public par la pose de platelage, au niveau du marais de Tenque, nouvelle extension de la réserve, suite à son acquisition par le CdL ;*
- ✓ 2 jours : hors site pour aménagement des friches industrielles de Fos pour facilitation de la nidification d'oiseaux.*

*Pour les journées de coupure, nous prévoyons :*

- ✓ Repas de la St Sylvestre, comme de coutume ;*
- ✓ Balade découverte en barque de la réserve ;*
- ✓ Découverte des nouvelles activités du site (paludier, fabrique de savon, taille de la vigne) ;*
- ✓ Comptage des colonies de Sternes à bec rouge.*

*Merci de me faire parvenir un devis, comprenant notamment le logement en maison sur pilotis à Fos sous Mer. »*

La dernière contribution a été réalisée sous forme de dessin représentant la Digue des Piscis entourée d'eau de mer et coupée artificiellement pour servir d'îlot de reproduction pour le Flamant rose. Des îlots et radeaux de reproduction des laro-limicoles coloniaux sont aussi visibles, ainsi que des filets de pêche et une plateforme d'observation.



## Liste des acronymes

<b>AMV</b>	Les Amis des Marais du Vigueirat
<b>BRGM</b>	Bureau de recherches géologiques et minières
<b>CC</b>	Changement climatique
<b>CdL</b>	Conservatoire du Littoral
<b>CEN</b>	Conservatoire d'espaces naturels
<b>DREAL</b>	Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
<b>DVO</b>	Diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité face au changement climatique
<b>EEE</b>	Espèce exotique envahissante
<b>ETP</b>	Evapotranspiration potentielle
<b>FNE OcMed</b>	France Nature Environnement Occitanie Méditerranée
<b>GES</b>	Gaz à effet de serre
<b>GIEC</b>	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
<b>GPMM</b>	Grand Port Maritime de Marseille
<b>GREC-Sud</b>	Groupe régional d'experts sur le climat en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur
<b>LPO</b>	Ligue pour la Protection des Oiseaux
<b>MdV</b>	Marais du Vigueirat
<b>PACA</b>	Provence-Alpes-Côte d'Azur
<b>RCP</b>	<i>Representative Concentration Pathway</i>
<b>RNF</b>	Réserves Naturelles de France
<b>RNN</b>	Réserve naturelle nationale
<b>RNR</b>	Réserve naturelle régionale
<b>SAFRAN</b>	Système d'analyse fournissant des renseignements atmosphériques à la neige - Météo-France
<b>SNPN</b>	Société Nationale de Protection de la Nature
<b>SYMADREM</b>	Syndicat mixte interrégional d'aménagement des digues du delta du Rhône et de la mer
<b>TRACC</b>	Trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique
<b>VHD</b>	Maladie hémorragique virale du lapin
<b>ZIP</b>	Zone industrialo-portuaire

## Bibliographie

- ABIS O., GATEL M., KELLER L. et NOJAROFF N., 2026. *Diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique – Réserve naturelle nationale des Coussouls de Crau*. Projet Natur'Adapt Sud : Adaptation de la gestion des réserves naturelles de Provence-Alpes-Côte d'Azur au changement climatique.
- 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.
- 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>
- 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.
- 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.
- DEBIESSÉ L., LUCCHESI J.L. et MONCOURTOIS C. (coord.), 2016. *Plan de gestion des Marais du Vigueirat 2017 – 2026 – Section A*. Octobre 2016. Réserve naturelle des Marais du Vigueirat.
- 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](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](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](https://www.grec-sud.fr/wp-content/uploads/2023/01/Synthese-region-2023.08.25_Web_A4-1.pdf)
- GRUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION 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.
- 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>
- MÉTÉO-FRANCE, 2023a. *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](https://donneespubliques.meteofrance.fr/FichesClim/FICHECLIM_13004003.pdf)
- MÉTÉO-FRANCE, 2023b. *Fiche climatologique - Statistiques 1991-2020 et records. Istres (13)*. [en ligne] 6 mars 2023. Disponible à l'adresse : [https://donneespubliques.meteofrance.fr/FichesClim/FICHECLIM\\_13047001.pdf](https://donneespubliques.meteofrance.fr/FichesClim/FICHECLIM_13047001.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>
- 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.
- 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, 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. *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.

# NATUR ADAPT SUD

## Coordinateur du projet



## Partenaires techniques



## Partenaires financiers



## 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