

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

RESERVE NATURELLE REGIONALE DE LA TOUR DU VALAT



© D. Cohez / TdV

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

## Auteurs

---

NOJAROFF Noémie – Tour du Valat

COHEZ Damien – Tour du Valat / Réserve naturelle régionale de la Tour du Valat

*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

---

LOURENÇO Marion et OLIVIER Anthony – Tour du Valat / Réserve naturelle régionale de la Tour du Valat

## Citation de l'ouvrage

---

NOJAROFF N., ABIS O., GATEL M., KELLER L. et COHEZ D., 2026. Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique – Réserve naturelle régionale de la Tour du Valat. Projet Natur'Adapt Sud : Adaptation de la gestion des réserves naturelles de Provence-Alpes-Côte d'Azur au changement climatique. 56 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 .....	6
<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>12</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>21</i>
<i>Paramètres hydrologiques et marins .....</i>	<i>23</i>
4. Synthèse des projections climatiques .....	26
<b>IV. Analyse de vulnérabilité .....</b>	<b>28</b>
1. Sélection des objets d'analyse .....	28
<i>Critères de sélection .....</i>	<i>28</i>
<i>Objets d'analyse sélectionnés .....</i>	<i>29</i>
2. Méthodologie d'analyse.....	31
<i>Méthodologie d'analyse pour le Patrimoine naturel.....</i>	<i>31</i>
<i>Méthodologie d'analyse pour les Activités socio-économiques .....</i>	<i>33</i>
<i>Méthodologie d'analyse pour les Outils et moyens de gestion .....</i>	<i>33</i>
3. Facteurs extérieurs.....	33
4. Résultats de l'analyse de vulnérabilité .....	36
<i>Vulnérabilité et opportunité du patrimoine naturel.....</i>	<i>36</i>
<i>Evolution potentielle des activités socio-économiques .....</i>	<i>45</i>
<i>Evolution potentielle des outils et moyens de gestion .....</i>	<i>46</i>
<i>Synthèse des résultats de l'analyse de vulnérabilité .....</i>	<i>47</i>
5. Nouveaux arrivants .....	50
<b>V. Récit prospectif.....</b>	<b>53</b>
<b>Liste des acronymes .....</b>	<b>59</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>60</b>

## Résumé

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

Située au cœur du delta du Rhône dans le département des Bouches-du-Rhône, la Réserve naturelle régionale de la Tour du Valat est gérée par la Fondation Tour du Valat, qui est aussi propriétaire des parcelles. Le site est constitué d'une mosaïque de milieux caractéristiques de la Camargue, comme des marais, des montilles, des prés salés ou des sansouïres.

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

Pour comprendre l'impact des évolutions climatiques sur la RNR, 25 objets ont été sélectionnés puis analysés : 14 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 régionale de la Tour du Valat, dernier chapitre de ce diagnostic. Globalement, en l'absence d'événements extrêmes (submersion marine ou inondations majeures du Rhône), l'ensemble du patrimoine naturel actuel de la réserve se maintiendrait à court terme, avec des variations selon les habitats ou les cortèges d'espèces. Malgré une certaine résilience, l'état de certains habitats et espèces pourrait se dégrader à moyen terme sous l'influence du changement climatique. L'analyse montre par exemple que les mares temporaires méditerranéennes, 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 leurs cortèges évoluer, en lien avec l'évolution du climat mais aussi des activités présentes dans le delta. Dans l'ensemble, l'analyse montre la dépendance importante d'une partie des éléments caractéristiques de la Tour du Valat 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) de la RNR de la Tour du Valat. 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 (cf. Figure 1). Il répond à une volonté des gestionnaires d'espaces naturels d'être accompagné dans la prise en compte du changement climatique dans leur gestion.

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

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

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

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

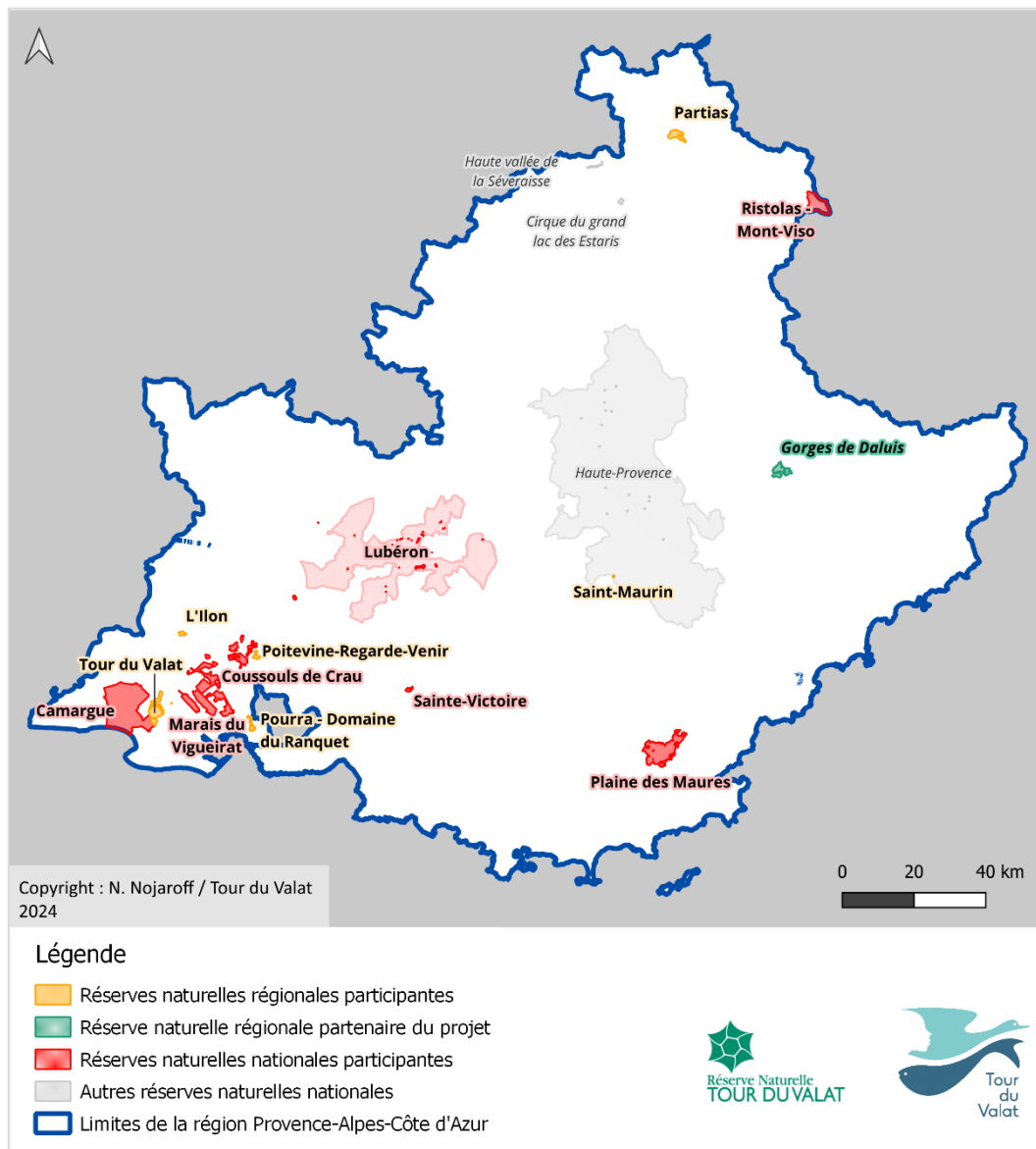


Figure 1 – Carte des réserves naturelles participant au projet Natur'Adapt Sud

### 3. Philosophie de la démarche Natur'Adapt

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

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

- Monter en compétence sur le climat ;
- Mieux connaître son aire protégée et le territoire environnant, et porter un autre regard dessus ;

Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique  
**Réserve naturelle de la Tour du Valat**

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

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

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

## II. Présentation du site

Au cœur de l'île de Camargue, entre la ville d'Arles et le littoral, le domaine de la Tour du Valat s'étend sur plus de 2800 hectares, dont **2164 sont classés en réserve naturelle régionale (RNR)**. La réserve de la Tour du Valat est ainsi située entre l'étang du Vaccarès et le Grand Rhône, sur la commune d'Arles dans les Bouches-du-Rhône (13). Y sont présents des **habitats naturels caractéristiques de la Camargue fluvio-lacustre**, principalement des espaces ouverts avec des marais, des montilles (pelouses sèches), des prés salés et des sansouïres. La grande diversité de milieux qui constituent le domaine est maintenue notamment grâce à la **préservation du site** et son mode de **gestion hydraulique**. En effet, dans le delta endigué du Rhône, l'important réseau de canaux et d'ouvrages hydrauliques permet l'alimentation en eau douce et la gestion des niveaux d'eau de certains espaces, tant agricoles que naturels.

Le domaine est géré par la **Fondation Tour du Valat**, institut de recherche sur les zones humides méditerranéennes reconnu d'utilité publique, qui en est également propriétaire. Dès 1984, une partie du site est agréée Réserve Naturelle Volontaire. En 2008, la majeure partie du domaine est classée en Réserve naturelle régionale, et en 2024, un nouvel acte de classement permet d'étendre la RNR sur 319 ha supplémentaires (soit 2164 ha au total). La gestion du domaine (réserve naturelle et terrains non classés) en vue de conserver sa biodiversité fait partie des buts de la Fondation Tour du Valat. (Nojaroff et Cohez, 2024)

### Echelle de la démarche

Le diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité est réalisé à **l'échelle de la Réserve naturelle régionale de la Tour du Valat**. Cependant, les terrains classés et non classés forment un ensemble de gestion cohérent, soumis à un même plan de gestion. La réflexion menée est donc aussi pertinente à l'échelle du domaine de la Tour du Valat. La principale différence est la présence plus importante d'activités humaines et de milieux anthropisés en dehors de la réserve. Ces éléments sont inclus dans la démarche, mais leur vulnérabilité propre au changement climatique ne sera pas analysée en tant que telle. Par ailleurs, 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 à une échelle élargie en Camargue. D'autre part, deux autres réserves naturelles du territoire mettent également en œuvre une démarche d'adaptation dans le cadre de Natur'Adapt Sud. Les réflexions du présent diagnostic, mais aussi par la suite celles concernant l'adaptation de la gestion, sont donc menées en lien étroit avec les réserves naturelles nationales de Camargue et des Marais du Vigueirat.

## Réserve naturelle régionale de la Tour du Valat

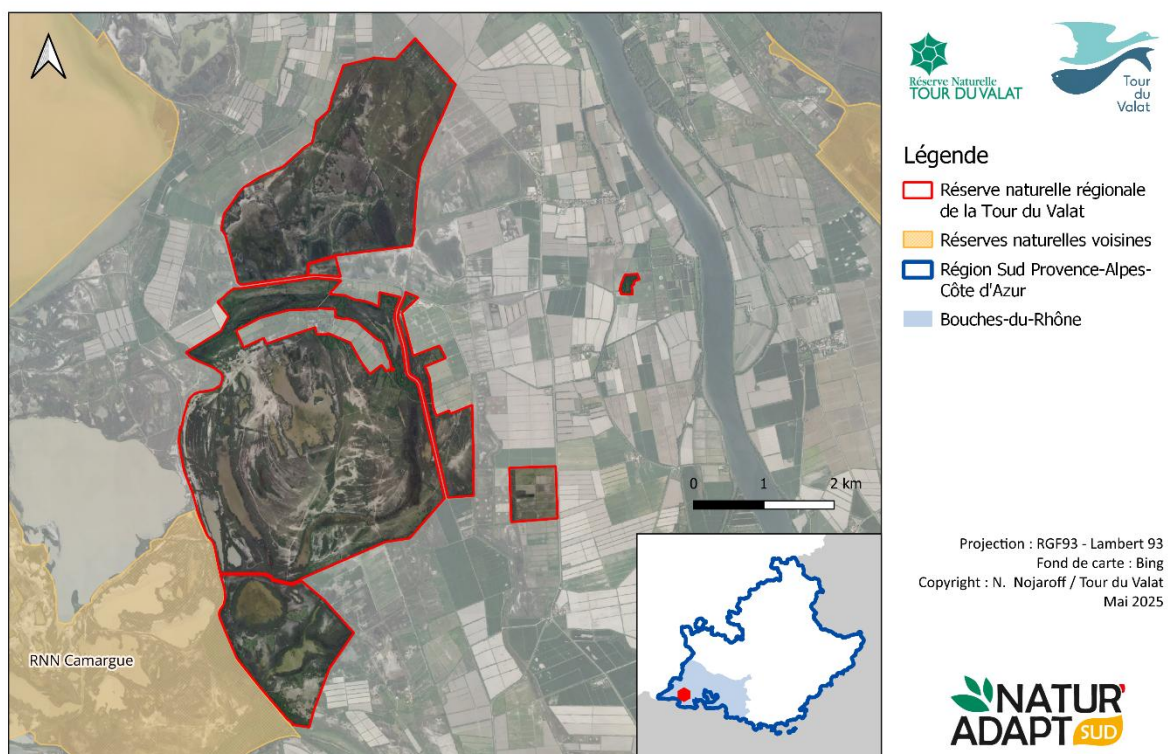


Figure 2 – Localisation de la Réserve naturelle régionale de la Tour du Valat

## 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) (cf. Figure 3).

# 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**.

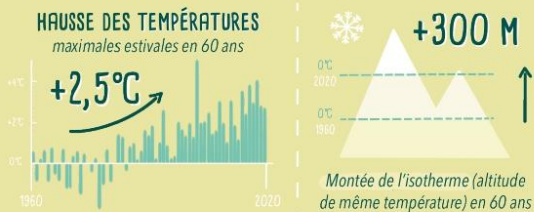


**AUTOMNE & PRINTEMPS**

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

Les paramètres et variables retenus pour l'analyse climatique de la Tour du Valat 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** : évapotranspiration, vent ;
- **Paramètres hydrologiques et marins** : débit et salinité du Rhône, niveau marin.

### MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DU CLIMAT RÉCENT

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 800m de la RNR. 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** (Météo-France) disponible pour cette station donne des statistiques et records sur la période 1991-2020 (Météo-France, 2023).

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

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

### MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DU CLIMAT FUTUR

Les données du climat futur sont principalement issues du **service climatique DRIAS** de Météo-France (Météo-France, 2024). Lorsqu'une autre source est utilisée, elle est indiquée à la suite de l'information concernée. Les projections du climat futur sont disponibles dans DRIAS à l'échelle des mailles SAFRAN (soit 64 km<sup>2</sup>). Pour la réserve naturelle régionale de la Tour du Valat, c'est la **maille n°3952** (=maille SAFRAN

n°9040) qui est utilisée, car elle couvre la majorité du site (environ les deux tiers Sud). Les valeurs sont par ailleurs très similaires dans les mailles adjacentes, notamment celles situées sur les réserves de Camargue et des Marais du Vigueirat.

### ► **Scénarios de projection**

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

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

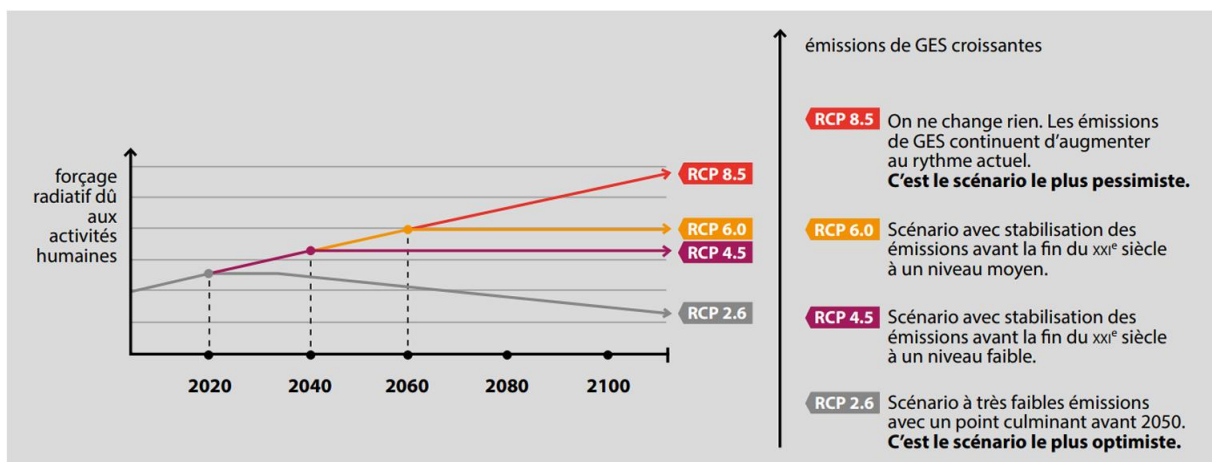


Figure 4 – Schéma des différents scénarios RCP (ONERC, 2015)

### ► **Pas de temps**

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

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

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

#### ► **Modèles climatiques**

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

### 3. Analyse du climat du site

#### INDICATEURS DE TEMPÉRATURE

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

#### ► **Température moyenne**

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

#### **Evolution récente**

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

Tableau 1 – Projections de l'évolution des températures moyennes sur la RNR Tour du Valat  
(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	17,1
	RCP 8.5		+ 2,3	17,4	+ 3,9	19,0
Eté	RCP 4.5	23,2	+ 1,9	25,1	+ 2,3	25,5
	RCP 8.5		+ 2,6	25,8	+ 4,4	27,7

### ► Température minimale

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

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

#### Evolution récente

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

#### Projections futures

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

Tableau 2 – Projections de l'évolution des températures minimales annuelles sur la RNR Tour du Valat  
(source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles)

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

### ► Température maximale

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

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

### Evolution récente

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

### Projections futures

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

Tableau 3 – Projections de l'évolution des températures maximales annuelles sur la RNR Tour du Valat  
(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	+ 2,1	21,2
	RCP 8.5		+ 2,3	21,4	+ 4,0	23,1

### ► Jours de forte chaleur

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

### Evolution récente

Les données disponibles ne nous renseignent pas sur le nombre de jours de forte chaleur à la 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 très rares** (Météo-France, 2024).

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

### Projections futures

Selon les projections futures, **les jours où la température dépasse 35 °C devraient devenir fréquents en été**. Le printemps et le début de l'automne pourraient également connaître quelques journées de forte chaleur. Ainsi, **d'ici 2050**, quel que soit le scénario, le nombre de journées de forte chaleur pourrait atteindre **5 à 8 jours en moyenne**. **D'ici 2100**, ce nombre pourrait augmenter **pour atteindre 6 à 20 jours en moyenne**, et donc encore plus certaines années.

Les modélisations proposées dans 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 en période estivale où ils devraient devenir la norme.

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

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

### ► Nuits tropicales

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

#### Evolution récente

Depuis 1920, la station météorologique de Marseille-Marignane enregistre une **augmentation du nombre de nuits tropicales par an**. Ces dernières concernent principalement les mois de juin à septembre, exceptionnellement mai et octobre (Infoclimat, 2025). D'après les modélisations disponibles sur DRIAS, il y aurait en moyenne 30 nuits tropicales par an à la Tour du Valat 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** (67 jours à l'horizon 2050), et **par 3,5 à long terme** (99 jours à l'horizon 2100). La température minimale en juillet et août ne descendrait alors presque plus sous les 20 °C la nuit, et une bonne partie des mois de juin et septembre serait aussi concernée, avec même quelques nuits tropicales dès le mois de mai.

Tableau 5 – Projections de l'évolution du nombre de nuits tropicales sur la RNR Tour du Valat (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	+ 34	64	+ 37	67
	RCP 8.5		+ 43	73	+ 69	99

### ► Jours de gel

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

#### Evolution récente

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

Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique

Réserve naturelle de la Tour du Valat

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 descendre à environ **5 par an** en moyenne, quel que soit le scénario étudié. Dans le scénario RCP 8.5, le nombre de jour de gel pourrait ensuite 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 RNR Tour du Valat  
(source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles)

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

## INDICATEURS DE PRÉCIPITATION

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

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

### ► Cumul des précipitations

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

### Evolution récente

La hauteur de précipitations annuelles à la Tour du Valat est plutôt faible : **568 mm en moyenne pour la période 1993-2022** (données de la station météorologique Tour du Valat). Cependant, le régime pluviométrique est caractérisé par une **grande variabilité interannuelle**, avec des cumuls annuels compris entre 252 mm (1989) et 1049 mm (1996). Il pleut généralement le plus en automne (83 mm en moyenne en octobre) et le moins en été (12 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 très faible (-8,8 %), 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 1963-1992 et 1993-2002 (de 10 à 28 %). A l'inverse, **les cumuls automnaux ont augmenté** de 18 % dans le même temps.

## 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, issues de la médiane des modèles climatique 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 en janvier-février et octobre-novembre, et diminuer de mai à septembre et en décembre. Les projections sont 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 RNR Tour du Valat  
(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	546	- 14	532	+ 45	591
	RCP 8.5		+ 20	566	+ 10	556
Hiver	RCP 4.5	133	+ 10	143	+ 25	158
	RCP 8.5		+ 14	147	+ 13	146
Printemps	RCP 4.5	129	- 9	120	- 5	124
	RCP 8.5		- 1	128	- 14	115
Eté	RCP 4.5	61	- 8	53	- 5	56
	RCP 8.5		- 9	51	- 17	44
Automne	RCP 4.5	222	- 6	216	+ 12	234
	RCP 8.5		+ 21	243	+ 11	233

### ► Jours de pluie

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

### Evolution récente

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

### Projections futures

Les projections climatiques nous montrent que le nombre de jours de pluie devrait **rester globalement stable dans le futur ou baisser légèrement**. A moyen terme, quel que soit le scénario, on devrait perdre en moyenne 2,5 jours de pluie d'ici 2050 (soit -4,2 %). A long terme, l'évolution est un peu plus incertaine :

dans le cas du scénario RCP 4.5 le nombre de jours de pluie resterait stable dans la seconde moitié du siècle ; dans le cas du scénario RCP 8.5 il diminuerait de 8 % sur la fin du siècle, du printemps à l'automne.

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

Nombre de jours de pluie (jours)						
Période	Scénario	Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
		Valeur de référence	Ecart à la référence	Valeur projetée	Ecart à la référence	Valeur projetée
Année	RCP 4.5	59	- 2,4	56,3	- 1,0	57,7
	RCP 8.5		- 2,7	56,0	- 7,4	51,3

### ► 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> centile 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 des précipitations passées ne permettent pas de connaître facilement leur évolution récente. Toutefois, les modélisations disponibles dans DRIAS utilisent comme valeur de référence 26 mm comme seuil des précipitations extrêmes et 7 jours de fortes précipitations par an (période 1976-2005) (Météo-France, 2024). Autrement dit, à la période de référence, les modèles estiment qu'il pleuvait 20 mm ou plus 7 jours/an en moyenne, dont 3,7 jours avec plus de 26 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 légèrement** dans le futur pour atteindre 30 mm en moyenne en fin de siècle (voir Tableau 9). Cette légère hausse serait continue dans le scénario RCP 8.5 ou plutôt tardive après une stabilité à moyen terme dans le scénario RCP 4.5. **Le nombre de jours de fortes précipitations devrait lui rester stable**, quel que soit le scénario d'émission et l'horizon temporel.

Concrètement, cela signifie que **les jours les plus pluvieux de l'année seront encore un peu plus pluvieux à long terme** (et possiblement aussi à moyen terme, selon le scénario d'émissions de GES). Ces conclusions concordent avec le fait qu'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 RNR Tour du Valat  
(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	26,4	+ 0,2	26,6	+ 3,7	30,1
	RCP 8.5		+ 2,0	28,4	+ 3,4	29,8

### ► Périodes de sécheresse

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

#### Evolution récente

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

#### Projections futures

Selon les projections futures, **quel que soit le scénario étudié, un allongement de quelques jours des plus longues périodes de sécheresse** est attendu d'ici la fin 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 RNR Tour du Valat  
(source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles)

Durée de la plus longue période de sécheresse (jours)						
Période	Scénario	Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
		Valeur de référence	Ecart à la référence	Valeur projetée	Ecart à la référence	Valeur projetée
Année	RCP 4.5	42	+ 2	44	+ 3	45
	RCP 8.5		+ 5	47	+ 10	52

## 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 donne 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 1105 mm par an (Météo-France, 2024). L'ETP dépend de nombreux paramètres du climat, dont la température, et **fluctue donc fortement selon les saisons**. Les modélisations mensuelles donnent des cumuls allant de 35 mm en décembre à 171 mm en juillet. Dépendant directement des températures, qui ont augmenté durant les dernières décennies, **l'évapotranspiration potentielle augmente globalement**.

### Projections futures

Les projections climatiques futures indiquent que **le cumul d'évapotranspiration potentielle augmentera tout au long de l'année**, et particulièrement de mai à septembre. A moyen terme, le cumul annuel d'ETP devrait avoir augmenté d'environ 7-8 %. A long terme, il pourrait se stabiliser dans le scénario RCP 4.5 ou continuer d'augmenter dans le scénario RCP 8.5. Cette évolution **aggraverait donc le déficit hydrique global**, accentuant notamment les **processus de salinisation** des sols et des plans d'eau.

Tableau 11 – Projections de l'évolution du cumul d'évapotranspiration potentielle sur la RNR Tour du Valat (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	1105	+ 80	1185	+ 82	1187
	RCP 8.5		+ 96	1201	+ 175	1280

### ► Vent

Plusieurs indicateurs se rapportent à l'analyse du vent : vitesse journalière, nombre de jours sans vent, nombre de jours de vents forts... Il est cependant établi (GREC-PACA, 2016), que les tendances sur le vent sont difficiles à apprécier. 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. 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. (Cohez *et al.*, 2016). Les pourcentages ci-dessus correspondent à la répartition du vent par direction selon les données Météo-France de la station météorologique de la Tour du Valat de 2002 à 2010.

D'après la fiche climatologique correspondante, la vitesse du vent est en moyenne de 4,6 m/s (soit 17 km/h), avec des rafales allant à plus de 100 km/h en moyenne 4,7 jour par an (sur la période 1991-2020). Les vents forts soufflent **plutôt en hiver et au début du printemps, de novembre à avril**. On compte en moyenne 5,3 jour avec des rafales à plus de 16 m/s (soit 58 km/h) au mois d'août, contre 11,8 jour au mois de mars, pour une moyenne annuelle de 105 jours.

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

### Projections futures

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

## PARAMÈTRES HYDROLOGIQUES ET MARINS

### ► Niveau marin

#### Evolution récente

La hausse du niveau de la mer s'est **accélérée fortement depuis les années 1960**, pour atteindre une élévation de 3,7 mm/an en moyenne à l'échelle mondiale sur la période 2006-2018, alors qu'elle était de 1,3 mm/an entre 1901 et 1971 (GIEC, 2021). « Une augmentation de 7 cm du niveau de la mer est déjà observée au droit du 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'accroître** 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, à travers 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 estime tout de même qu'une tempête qualifiée de centennale en 2022 sera 3 fois plus fréquente en 2050, et aura une occurrence entre 5 à 10 ans à l'horizon 2100 sur le littoral du Delta du Rhône (SYMADREM, 2024).

On estime alors à 99 % le risque d'avoir des entrées d'eau massives par submersion marine dans le grand delta du Rhône avant 2050 et à 65 % avant 2030 (SYMADREM, 2024). De plus, l'élévation du niveau de la mer (décrite ci-dessus) va aggraver la récurrence des phénomènes de submersion marine à l'avenir. Le BRGM a modélisé ce risque pour la Camargue dans une étude de 2017, complétée en 2019 (Paris *et al.*, 2017 ; Elineau *et al.*, 2019), 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, dont la vitesse est variable au sein du delta, renforce directement les impacts de la hausse du niveau marin et des submersions marines.

Les éléments non climatiques, comme la stratégie littorale du territoire, sont abordés dans le paragraphe sur les **Facteurs extérieurs** (p.33). En considérant l'ensemble des éléments à notre disposition au moment de la rédaction du présent diagnostic, l'hypothèse retenue concernant le risque de submersion marine sur la Réserve de la Tour du Valat est la suivante : **à moyen terme, en cas d'évènement extrême, des submersions marines ponctuelles commenceront à survenir**, sans que leur origine puisse aujourd'hui être anticipée (Sud du site, réseau de canaux, ...). D'ici à la fin du siècle, ces submersions marines toucheront de plus en plus souvent des surfaces de plus en plus importantes, de plus en plus longtemps.

#### ► **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.*** » (AERMC, 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 %.* » (AERMC, 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) (BRLi, 2022).

## Et la salinisation ?

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 4. Synthèse des projections climatiques

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

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

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

En parallèle de ces éléments climatiques, **le niveau marin continuera d'augmenter fortement**, plus ou moins rapidement selon les scénarios, entraînant la remontée du biseau salé dans le delta. L'augmentation de la fréquence des tempêtes devraient conduire à **des phénomènes de submersion marine de plus en plus fréquents et importants en Camargue**, dès le court terme, aggravés par le niveau marin élevé et la subsidence du delta. Ces événements toucheront inéluctablement la Tour du Valat, possiblement d'ici 2050. Ces phénomènes **accentueront également le processus de salinisation** des sols et eaux superficielles et souterraines.

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

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

Tableau 12 – Synthèse du climat futur sur la RNR de la Tour du Valat

	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	+2,3 °C +2,6 °C	+2,0 °C +2,3 °C	+3,9 °C +4,4 °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	+19 jours	
	↗ <b>du nombre de nuits tropicales** du printemps à l'automne.</b> Les températures minimales resteraient au dessus de 20°C tout l'été.	Nombre de nuits tropicales**	30 jours	+34 jours	+43 jours	+37 jours	+69 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	-9 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	546 mm 133 / 61 mm	-14 mm +10 / -8 mm	+20 mm +14 / -9 mm	+45 mm +25 / -5 mm	+10 mm +13 / -17 mm	
	Fortes incertitudes concernant les précipitations							
	Relative stabilité à <b>légère baisse du nombre annuel de jours de pluie.</b> Forte variabilité interannuelle.	Nombre de jours de pluie	59 jours	-2 jours	-3 jours	-1 jour	-7 jours	
	↗ <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	26,4 mm	=	+2 mm	+4 mm	+ 3 mm	
↗ <b>de la durée des périodes de sécheresse.</b>	Durée de la plus longue sécheresse	42 jours	+2 jour	+5 jours	+3 jour	+10 jours		
	↗ <b>du cumul d'évapotranspiration toute l'année.</b>	Evapotranspiration potentielle	1105 mm	+80 mm (+7,2%)	+96 mm (+8,7%)	+82 mm (+7,4%)	+175 mm (+15,8%)	
	↗ <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.</b> <b>Incertitudes concernant les crues.</b> Risque de 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 de la Tour du Valat 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.

Le choix des objets d'analyse du patrimoine naturel de la Tour du Valat a été réalisé par le gestionnaire. Parmi les enjeux identifiés dans le plan de gestion et autres éléments caractéristiques du site, seuls 14 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. A l'instar de la démarche déjà engagée dans le plan de gestion et dans la mesure du possible, le choix s'est porté sur des milieux, habitats ou communautés plutôt que sur des espèces.

##### ► *Activités socio-économiques*

Les activités socio-économiques sélectionnées sont celles ayant lieu sur le domaine de la Tour du Valat ou en périphérie et qui exercent une influence sur le site, son patrimoine naturel et 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, et ce qui est indispensable à la gestion du site (comme les infrastructures fonctionnelles).

## OBJETS D'ANALYSE SÉLECTIONNÉS

Au total, 25 objets d'analyse ont été sélectionnés et sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 13 – Objets d'analyse sélectionnés

Nom de l'objet	Description/Justification
<b>Patrimoine naturel</b>	
<b>Mares temporaires méditerranéennes</b>	Sur la Tour du Valat, les mares oligo-saumâtres sont très diverses et ont un fonctionnement hydraulique ne dépendant que des précipitations et de l'évapotranspiration (elles ne reçoivent pas d'autres apports d'eau). Elles sont douces ou très faiblement salées, et de superficie généralement inférieure à 1 ha. Elles sont réparties sur l'ensemble du site.
<b>Grands marais temporaires</b>	Ils font généralement plus de 10 ha. Leur fonctionnement est similaire à celui des mares, avec une durée d'inondation variable mais souvent plus longue (assec estival). Ils peuvent bénéficier d'apports d'eau volontaires. La végétation est dominée par des hélophytes. Les grands marais accueillent notamment <i>Lestes macrostigma</i> (odonate).
<b>Pelouses méditerranéennes</b>	Habitat herbacé à la végétation caractéristique, présent sur des milieux « hauts » topographiquement (quelques dizaines de centimètres peuvent suffire en Camargue). Sur la Tour du Valat, les pelouses sont principalement présentes sur les montilles sableuses et les montilles limoneuses. Une grande partie est actuellement colonisée ou menacée par les buissons de filaires.
<b>Prés salés annuels</b>	A l'interface entre sansouïres et pelouses, habitat ouvert et diversifié de plantes annuelles tolérantes au sel, comme l'Obione.
<b>Sansouïres</b>	Habitat arbustif bas se développant sur des sols salés subissant des périodes d'inondations annuelles +/- longues. Il présente différents faciès selon les hydropériodes, la salinité, la topographie, etc. Ce milieu s'étend sur de grandes superficies sur la RNR TdV, où il a la particularité de se développer sur des sols limoneux, moins salés qu'en contexte lagunaire, permettant le développement de quelques communautés de plantes annuelles.
<b>Lagunes temporaires</b>	Milieu temporaire saumâtre, les lagunes de la Tour du Valat sont peu nombreuses, et ne sont plus connectées à la mer mais accueillent un cortège végétal caractéristique. Certaines sont d'anciennes salines.
<b>Boisements (ripisylve et chênaie)</b>	En bordure des canaux qui sont en eau toute l'année, on trouve notamment des galeries à Peuplier blanc et Saule blanc. Cet objet contient aussi la chênaie de la Commanderie, parcelle située à part du reste de la RNR.
<b>Anatidés hivernants</b>	Le cortège d'anatidés hivernants regroupe des canards (sarcelles d'hiver, canards colverts et souchets, nettes rousses, etc.), les foulques, les oies cendrées, les cygnes (plutôt tuberculé). Les espèces ont des régimes variés (granivores, plancton, insectivores, herbivores, etc.) et peuvent être touchées par des maladies. Aujourd'hui la grippe aviaire est peu mortelle pour ces espèces.
<b>Hérons paludicoles nicheurs</b>	Ce cortège concerne principalement le Butor étoilé et le Héron pourpré (et le Blongios nain dans une moindre mesure). A la Tour du Valat, les roselières où ces hérons nichent dépendent aujourd'hui d'apports d'eau douce contrôlés.

<b>Rassemblements estivaux d'échassiers</b>	Les aigrettes, cigognes, ibis, spatules blanches et de nombreux limicoles se rassemblent en période estivale sur les marais en cours d'assèchement pour s'y alimenter.
<b>Cortège d'avifaune « steppique »</b>	Plusieurs espèces assez différentes sont regroupées dans ce cortège. La Glaréole à collier niche d'avril à juillet sur des milieux secs dénudés, proches de zones en eau pour s'alimenter. Le Faucon crécerellette niche depuis peu sur le site et bénéficie d'une dynamique de population favorable. L'Outarde canepetière, qui a besoin de végétation haute, et l'Œdicnème criard.
<b>Pélobate cultripède</b> ( <i>Pelobates cultripes</i> )	Crapaud qui a besoin d'une longue période de vie larvaire en eau douce (5-6 mois). Sur la Tour du Valat, il est présent sur la partie Sud (Etang Redon, Bomborinette).
<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 gérés hydrauliquement (canaux et marais) à la TdV.
<b>Communauté piscicole des canaux</b>	Ce cortège regroupe des espèces d'eau douce à saumâtre. On ne considère pas ici les espèces exotiques, qui représentent à peu près la moitié de la communauté. En fonction des connexions des canaux avec le Vaccarès, des espèces lagunaires ou marines peuvent aussi être présentes.
<b>Activités humaines</b>	
<b>Agriculture</b>	En Camargue, la riziculture est majoritaire, accompagnée par d'autres céréales, le tournesol, la luzerne et le maraichage, qui se développe depuis quelques années. Le riz, culture irriguée, a aussi pour rôle de dessaler les terres par ressuyage, et est directement lié à la gestion hydraulique du delta.
<b>Elevage</b>	La manade de la Tour du Valat (gérée en interne) compte environ 280 bovins de race Camargue et 35 chevaux de race Camargue, qui pâturent toute l'année sur le site. Deux éleveurs extérieurs font aussi pâturer leurs bovins sur la TdV (par convention).
<b>Chasse</b>	La chasse est interdite sur la RNR, mais les populations de sanglier sont régulées sur la réserve et le reste du domaine à travers des opérations de battues « classiques » (par le groupe de chasse de la TdV) ou à l'arc (convention avec les Archers de Camargue). Les marais du Verdier (hors RNR) sont aussi chassés (gibier d'eau). L'activité cynégétique est très présente sur les propriétés voisines et sur les drailles communales qui longent ou coupent le site.
<b>Accueil du public</b>	La Tour du Valat accueille des visites encadrées par ses salariés (dans le cadre de projets et partenariats notamment) ou par le Bureau des Guides Naturalistes (grand public en groupe, visites mensuelles de novembre à avril ou à la demande toute l'année). Le public peut aussi visiter la TdV lors d'évènements spéciaux internes (JPO, 70 ans) ou plus généraux (festival Camargue, ...). Plusieurs observatoires sont accessibles dans le cadre de ces visites. La plateforme d'observation du Grenouillet et les marais du Verdier (hors RNR) sont en accès libre au grand public.
<b>Recherche scientifique</b>	La recherche scientifique est au cœur des activités de La Tour du Valat, qui au-delà d'être gestionnaire de la RNR, est un institut de recherche sur les zones humides méditerranéennes. Certains suivis et expérimentations ont lieu sur la réserve.

Outils et moyens de gestion	
<b>Gestion des Espèces Exotiques Envahissantes</b>	De nombreuses EEE sont présentes sur le site : le Baccharis, la Lampourde d'Italie, et la Jussie sont arrachés et représentent le plus gros du travail de gestion des EEE ; l'Herbe de la pampa, l'Ailante du Japon, <i>Araujia sericifera</i> sont également contrôlées sur le site.
<b>Entretien des infrastructures</b>	Cet objet regroupe l'entretien des bâtiments (bureaux, habitations, ...), des accès au site (pistes, chemins), des infrastructures hydrauliques, des véhicules et du matériel nécessaire à la gestion.
<b>Gestion participative des marais du Verdier</b>	Les 120 ha des marais du Verdier sont gérés de manière participative par une association d'habitants du Sambuc et la Tour du Valat (propriétaire), avec un objectif de conservation de la forte valeur écologique du site, tout en permettant diverses activités (chasse, pêche, promenade) et projets collectifs.
<b>Conditions de travail de l'équipe de gestion</b>	L'équipe de gestion du Domaine au sens large (dont gestion de la RNR) est composée de 12 personnes, dont une majorité travaille essentiellement en extérieur.
<b>Gestion pastorale</b>	La gestion de certains milieux du site, et notamment le maintien de leur ouverture, se fait grâce au pâturage par du bétail (bovin et équin). 3 manades pâturent ainsi les terrains classés en RNR, dont la manade de la Tour du Valat, gérée en interne. Ce moyen de gestion est directement lié à l'activité humaine <i>Elevage</i> , présentée plus haut, mais concerne ici uniquement le but de gestion.
<b>Gestion hydraulique</b>	En Camargue, l'eau du Rhône est amenée <i>via</i> le réseau de canaux en période rizicole (avril à octobre). La Tour du Valat utilise l'eau de certains canaux pour compléter les niveaux d'eau de ses marais en avril-mai et retarder leur assec, ainsi qu'en septembre-octobre pour remettre en eau plus rapidement certains marais qui accueillent des oiseaux d'eau hivernants.

## 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 ?*

Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique

**Réserve naturelle de la Tour du Valat**

**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 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, Delphine NICOLAS, Anthony OLIVIER.

### ► **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

		Capacité d'adaptation			
Sensibilité	Exposition	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 CC sur le site.

*Ex : le sanglier présente une opportunité face au CC dans la Réserve de Camargue 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 leurs évolutions futures potentielles** en contexte de changement climatique. Contrairement à l'analyse du patrimoine naturel, on ne cherche pas ici à définir des niveaux de vulnérabilité, mais à tenir compte des évolutions possibles de ces activités afin d'obtenir une vision la plus complète possible de la réserve dans le futur.

Ces projections sont réalisées à dire d'experts, à savoir les acteurs concernés, et grâce à des recherches bibliographiques complémentaires et aux connaissances du gestionnaire. L'ensemble des acteurs concernés n'a pas pu être interrogé en raison de contraintes de temps et de disponibilité. Toutefois, 6 personnes ont pu être consultées pour échanger sur chacune des 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 : Arnaud BECHET, Raphaël BILLE, Frédéric BON, Julien BOURJAILLAT, Marion LOURENÇO et Anthony OLIVIER.

## 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 ainsi que quelques autres personnes impliquées. En particulier, nous remercions les collègues de la Tour du Valat qui ont accepté d'échanger dans le cadre de ce travail : Marion LOURENÇO, Virginie MAUCLERT, Anthony OLIVIER et Thibault SCHWARSHAUPT.

## 3. Facteurs extérieurs

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

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

#### ► **Stratégie littorale et gestion du trait de côte**

Le SYMADREM (Syndicat mixte interrégional d'aménagement des digues du delta du Rhône et de la mer) détient la compétence GEMAPI (Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations). Dans ce cadre, il initie un « Plan Littoral » dont la première étape est l'élaboration d'une stratégie sur le littoral du Grand Delta du Rhône, traitant de la submersion marine et l'érosion côtière (SYMADREM, 2024). Pour construire cette stratégie, et après une première phase de diagnostic, plusieurs scénarios prospectifs correspondant aux réponses possibles ont été construits et présentés aux acteurs du territoire. Le scénario le plus plébiscité actuellement (mi-2025), est celui d'une protection renforcée sur les quelques kilomètres de linéaire à enjeux urbanisés (10 km), et d'une protection en retrait du trait de côte sur le reste du littoral (90 km). Une protection en recul du trait de côte permettrait de lui redonner de la mobilité tout en garantissant un certain niveau de protection, notamment face au risque de submersion marine. Une fois le choix du récit validé, il sera décliné en scénario technique avec des actions prévues à différentes échéances. Le tout devrait être présenté aux instances concernées en 2026. Ce facteur extérieur dépend ainsi de décisions politiques et impacte directement la vulnérabilité du site et de presque tous les enjeux s'y trouvant.

#### ► **Agriculture et gestion hydraulique en Camargue**



Figure 4 – Rizières de la Tour du Valat  
© D. Cohez / RNR TdV

Le développement du maraichage en Camargue engendre des changements dans le fonctionnement du réseau hydraulique du delta (saisonnalité, volumes, ...). Si ces cultures nécessitent des apports d'eau réduits, le réseau hydraulique actuel reste adapté à la riziculture et ses besoins en eau plus importants, ce qui implique notamment beaucoup de pompage et de rejets d'eau douce, sur une période longue. Au-delà du coût des pompages pour les ASA, cela nécessite une organisation différente (période de travail des gardes et d'entretien du réseau), mais permet aussi des apports d'eau douce plus étendus dans l'année dans le

delta. Toutefois, le maraichage ne permet pas une désalinisation des terres par ressuyage comme le fait la riziculture, et nécessite donc de s'inscrire dans des rotations fréquentes. Tant que l'eau du Rhône est disponible, la période d'irrigation des rizières peut être adaptée en fonction des précipitations. Ainsi, malgré des difficultés croissantes, en particulier dans certains secteurs, l'agriculture camarguaise est relativement résiliente et devrait globalement persister à moyen terme, engendrant une nécessité de maintien voire d'augmentation du réseau de canaux permettant aujourd'hui la gestion hydraulique du site. Des aménagements structurants liés à ce secteur sont probables afin de permettre la poursuite de cette activité en Camargue : entretien plus fréquent des canaux, installation de nouvelles stations de pompage (pour irriguer ou pour assainir) ou modernisation des anciennes stations, modification des parcelles et des rotations de cultures, recours plus importants aux serres pour le maraichage, etc.

Par ailleurs, plusieurs projets sont actuellement en cours concernant les apports d'eau douce dans l'hydrosystème Vaccarès, notamment dans le cadre du Plan de sauvegarde du Vaccarès. En particulier, plusieurs prises gravitaires au Rhône sont envisagées pour apporter de l'eau douce dans le delta sans pompage, hors saison d'irrigation. Il reste important de noter que l'enjeu majeur en contexte de changement climatique sera l'apport d'eau douce en périodes d'étiage du Rhône (plus longues, précoces et intenses dans le futur), alors que plusieurs secteurs d'activité en dépendent directement, notamment en amont (agriculture, centrale nucléaire, industrie, ...).

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

Différentes espèces exotiques envahissantes se développent sur la RNR. 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 – Jussie sur la baisse du Rendez-vous  
© M. Lourenço / RNR TdV

#### ► **Pathogènes et maladies**

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

#### ► **Migrations**

De nombreuses espèces présentes sur la RNR 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.

## IMPORTANT

Il est aussi important de noter que, dans le cas de la Tour du Valat, le choix est fait de proposer une analyse en **deux scénarios** pour le patrimoine naturel : à court-moyen terme, en fonction des évolutions projetées du climat **avant les premiers coups de mer** ; et **une fois les premiers coups de mer** ayant atteints certaines parties de la Tour du Valat. En effet, la hausse du niveau marin et l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements provoquant des coups de mer impliquent un risque élevé que les submersions marines finissent par atteindre (même indirectement) la Tour du Valat. Il est probable que ce type d'évènement surviennent en hiver, mais il n'est pas aujourd'hui possible de savoir à quelle échéance cela aura lieu, tellement les **incertitudes sont nombreuses et importantes**, à la fois quant aux événements climatiques futurs et aux réponses du territoire face à ces risques. On ne sait pas non plus si les coups de mer atteindront la Tour du Valat par submersion (au Sud ou à l'Ouest du site) ou par le réseau de canaux par exemple. Cependant, il est très peu probable que les premiers coups de mer touchent l'ensemble du site.

## 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

#### ► *Mares temporaires méditerranéennes*

#### VULNERABILITE TRES FORTE

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



Figure 6 – Mare temporaire de la Tour du Valat  
© N. Nojaroff

Les mares temporaires seront **très vulnérables dès les premiers coups de mer**, à cause de la forte salinisation et du stock de sel durablement augmenté. Les impacts dépendront de la sensibilité des mares

touchées (qui est variable), de la fréquence des coups de mer suivants et des précipitations hivernales. Une partie des mares de la Tour du Valat se situe sur des zones qui ne seront *a priori* pas touchées par les premiers coups de mer.

### ► *Pelouses méditerranéennes*

#### VULNERABILITE TRES FORTE

L'un des principaux enjeux concernant ce milieu est le maintien de la lentille d'eau douce qui alimente la végétation, menacé à la fois par **les sécheresses** (rechargement insuffisant) et **la salinisation** (à laquelle les montilles sableuses sont moins sensibles). Plusieurs paramètres climatiques sont donc concernés : vent, précipitations, ETP, sécheresses, salinisation. Les espèces ligneuses (dont les filaires) pourraient souffrir en premier des évolutions à venir du climat, et en particulier de la salinisation. Cela pourrait ainsi réduire dans un premier temps la fermeture des pelouses, qui menace aujourd'hui ces milieux. La salinisation atteindra par la suite les espèces herbacées, et les cortèges actuels d'annuelles évolueront en favorisant des espèces



Figure 7 – Habitat 6220\* Pelouse sèche méditerranéenne à la Tour du Valat © D. Cohez / RNR TdV

moins sensibles aux nouvelles conditions abiotiques. La Gagée des Pouilles, plante patrimoniale peu sensible aux températures élevées et à la salinité, pourrait par exemple y voir une opportunité. Mais dans l'ensemble, il est probable que la communauté des pelouses actuelle régresse et que la diversité végétale diminue. De plus, dans les conditions actuelles d'endiguement du delta, ni les montilles limoneuses ni les montilles sableuses ne peuvent se déplacer ou être recrées naturellement. Enfin, il est probable que, certaines années, en fonction de la salinité et des précipitations, certaines pelouses **tendent vers des prés salés**, puis inversement.

Les pelouses sont des points topographiquement hauts localement, donc **pas inondables durablement en cas de coup de mer**. Dans le cas où les premières submersions marines inonderaient temporairement les milieux alentours, la nappe sous les pelouses pourrait être salinisée (temporairement si des précipitations importantes ont lieu ensuite), avec des conséquences limitées pour les plantes annuelles mais potentiellement plus fortes pour les filaires (mortalité possible). Dans le cas, plus improbable, d'une entrée d'eau de mer suffisamment importante pour inonder aussi les pelouses temporairement, les impacts négatifs directs concerneraient aussi les plantes annuelles, plus ou moins longtemps selon l'impact sur la banque de graine du sol.

### ► *Boisements (ripisylve et chânaie)*

#### VULNERABILITE TRES FORTE

Bien que les boisements de la Tour du Valat aient été considérés comme un unique objet au début de la démarche, l'analyse de vulnérabilité montre que leur sensibilité aux paramètres climatiques est bien différente. En effet, les ripisylves sont par exemple très dépendantes des niveaux d'eau des canaux qu'elles bordent et de leur très faible salinité, quand la chânaie des Dunes de la Commanderie n'est pas ou peu concernée par ces éléments, mais est très sensible au risque incendie. Cependant, les évolutions à venir du climat sont défavorables à l'ensemble de ces boisements. En effet, les précipitations et la disponibilité en eau douce du Rhône vont diminuer sur la période d'avril à septembre, pendant que les températures, les sécheresses et l'évapotranspiration vont fortement augmenter. Il existe donc un risque important **de déficit hydrique et de salinisation trop élevés** en période estivale pour maintenir les arbres hauts (saules et peuplier) en bordure des canaux « permanents ». D'autre part aux Dunes de la Commanderie, la **hausse du**

Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique

Réserve naturelle de la Tour du Valat

**risque incendie**, déjà existant, renforcera la vulnérabilité de la chênaie aux évolutions climatiques. Dans une moindre mesure, les sécheresses et la salinisation des sols pourraient à terme impacter la végétation, qui reste peu vulnérable aux remontées salines grâce à son substrat sableux et sa position topographique élevée.

Du fait de sa localisation et de son altitude, le site des Dunes de la Commanderie et sa **chênaie** ne seront **pas concernés par les premiers coups de mer**. En revanche, **les ripisylves** de la Tour du Valat sont **fortement menacées** par le risque de salinisation lié aux submersions marines. L'impact dépendra de leur emplacement et de l'origine de l'intrusion d'eau de mer, mais les ripisylves touchées verront probablement leur arbres (hors Tamaris) mourir du fait de la salinité soudaine dans les canaux qu'elles bordent.



Figure 8 – Roubine de l'Aube de Bouic et son boisement rivulaire © D. Cohez / RNR TdV

### ► *Pélobate cultripède* (*Pelobates cultripes*)

#### VULNERABILITE TRES FORTE

Le pélobate cultripède est particulièrement vulnérable au changement climatique du fait de sa phase de vie aquatique particulièrement longue, nécessitant des niveaux d'eau douce suffisants jusqu'à mi-juillet environ. Avec les évolutions projetées du climat (baisse des précipitations estivales, augmentation de l'ETP, baisse de la disponibilité en l'eau douce du Rhône à l'étiage), le **risque d'assec précoce** et de **réduction de la période d'inondation** est élevé pour les sites endoréiques, et reste important pour les sites gérés hydrauliquement à moyen terme. De plus, même si les sites de reproduction restent en eau assez longtemps, il ne faut pas non plus que la **salinité soit trop élevée**. Or celle-ci augmentera, que ce soit par remontée du biseau salé, par salinisation des canaux apportant l'eau, ou par augmentation de la concentration au moment de l'assec. Enfin, le pélobate est aussi menacé en phase terrestre par la salinisation des sols, qui pourrait lui être défavorable si elle devenait trop élevée, bien que ce risque soit limité sur les montilles sableuses qu'il utilise. Malgré une certaine adaptabilité quant à sa période de reproduction ou à la capacité de dispersion des jeunes lors d'années favorables, le Pélobate cultripède sera de plus en plus dépendant de la gestion hydraulique des sites (actuels ou potentiels) de reproduction.



Figure 9 – Pélobate cultripède (*Pelobates cultripes*) sur les montilles de la Cabane rouge © D. Cohez / RNR TdV

En cas de coup de mer touchant la Tour du Valat et les sites de reproduction du pélobate, deux hypothèses sont émises concernant l'impact possible sur sa population. Si le Pélobate se reproduit dans les mêmes plans d'eau que les autres années mais que ceux-ci sont salinisés à cause de l'entrée d'eau de mer, on devrait observer une **mortalité importante** dans la population. A l'inverse, si le Pélobate ne se reproduit pas cette année-là faute de site adéquat (les sites habituels étant trop salés), **les conséquences dépendront alors de la gestion hydraulique** mise en place suite au coup de mer et l'année suivante, ainsi que **des conditions** (climatiques et des milieux) **de l'année suivante**.

### ► Grands marais temporaires

#### VULNERABILITE FORTE

Les marais temporaires sont notamment caractérisés par leur hydropériode, elle-même déterminée par les précipitations, l'évaporation, l'ETP et l'alimentation en eau artificielle par les canaux. Leur eau douce à saumâtre est essentielle à la présence et au développement des communautés qui leur sont associées, bien que celles-ci soient dans l'ensemble assez tolérantes à des variations du régime hydrologique (hors Pélobate). 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. En cas de salinisation importante, les cortèges présents (invertébrés et flore notamment) pourraient évoluer pour tendre vers ceux des lagunes méditerranéennes, sans garantie de pouvoir retrouver un marais doux à saumâtre, malgré d'éventuelles précipitations intenses



Figure 10 – Marais temporaire de la RNR Tour du Valat au printemps © D. Cohez / RNR TdV

ou alimentation en eau douce volontaire. Les grands marais temporaires 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 de certains. La **gestion hydraulique** de ces marais est pourtant vulnérable elle aussi aux évolutions climatiques, puisqu'elle dépend de nombreux facteurs en amont du site (débits du Rhône en baisse à l'étiage, autres usages de la ressource en eau). A moyen terme, les marais temporaires sont donc considérés fortement vulnérables à la Tour du Valat.

En cas de coup de mer atteignant les marais temporaires du site, leur évolution devrait être similaire à ce qui est exposé ci-dessus : salinisation puis évolution vers de la lagune méditerranéenne avec modification des cortèges. La différence principale est la **soudaineté du phénomène de submersion** entraînant la salinisation. Avec leur capacité de rétention d'eau importante, les marais garderont l'eau salée longtemps et un stock de sel important. La gestion hydraulique pourrait cependant permettre de nuancer les impacts de ces premiers coups de mer pour les marais concernés.

### ► Anatidés hivernants

#### VULNERABILITE FORTE

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 les canards siffleur et souchet). En revanche, les températures plus élevées pourraient être défavorables aux espèces pour lesquelles la Camargue est une limite chaude de leur aire de répartition (cygne tuberculé, 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,



Figure 11 – Oiseaux d'eau sur le marais du Saint-Seren © D. Cohez / RNR TdV

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. Bien que ces marais puissent aujourd'hui être alimentés en eau douce, 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 dans le delta de Camargue. De plus, la **salinisation** des nappes et de l'eau de surface pourrait à terme être défavorable à certaines 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 à la Tour du Valat 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.

Les premiers coups de mer ne devraient pas être trop catastrophiques pour les anatidés hivernants sur la Tour du Valat. En effet, les marais étant déjà en eau (douce) en hiver (période la plus probable de survenue des submersions marines), l'impact sur leurs niveaux d'eau ou leur salinité devrait rester faible. D'autant que les marais de la Tour du Valat sont plutôt des remises (moins sensibles que les zones de gagnage). Certaines espèces comme les Oies cendrées pourraient être dérangées par un tel phénomène, mais l'ensemble du cortège d'anatidés hivernants n'est *a priori* **pas beaucoup plus vulnérable aux premiers coups de mer qu'aux autres évolutions du climat** à moyen terme.

#### ► 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 (bien meilleure pour le Héron pourpré que pour le Butor étoilé). Les choix et possibilité de gestion (hydraulique en particulier, pastorale aussi) pourront également influencer l'aspect des roselières et leur adéquation avec les besoins de ces espèces en période de reproduction.



Figure 12 – Butor étoilé (*Botaurus stellaris*)  
© D. Cohez / RNR TdV

Dans le cas d'un premier coup de mer **en hiver** et d'une gestion hydraulique permettant de faire baisser la salinité ensuite, l'**impact** sur les hérons paludicoles **pourrait être limité** : les conditions (niveaux d'eau, salinité et roseaux) pourraient encore être satisfaisantes au printemps pour les accueillir. En revanche les impacts seront bien plus importants s'il n'y a **pas d'apports d'eau douce suffisants** par la suite (précipitations importantes ou apports artificiels), ou encore si le coup de mer est **plus tardif**, avec dans ce cas un impact fort sur les roseaux, voire un échec de la reproduction.

### ► *Cistude d'Europe (Emys orbicularis)*

#### 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



Figure 13 – Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*) © D. Cohez / RNR TdV

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.

La Cistude étant sensible à la salinité, l'impact des premiers coups de mer sur les populations de la Tour du Valat **dépendra des milieux touchés par les entrées d'eau salée**. Même si les marais et canaux utilisés par l'espèce n'étaient pas directement inondés en cas de submersion, le risque principal viendrait d'une arrivée d'eau salée par le réseau de canaux d'irrigation et de drainage circulant sur et autour du site.

### ► *Communauté piscicole des canaux*

#### VULNERABILITE FORTE

Ce cortège comporte des espèces très différentes (d'eau douce à saumâtre, beaucoup d'exotiques) qui ont donc une sensibilité variable : les espèces indigènes sténohalines sont par exemple très sensibles, comme les œufs. Si le cortège peut supporter des variations des conditions climatiques sur un temps court, il est probable qu'une exposition prolongée soit bien plus critique. Si la hausse de **température de l'eau** pourrait être favorable à certaines espèces dans un premier temps, il est possible que des seuils hauts soient atteints lors des épisodes de très fortes chaleurs estivales. Les températures élevées pourraient aussi augmenter le **risque d'anoxie** pour les poissons des canaux, en lien avec la présence de polluants. En raison de la disponibilité en eau douce probablement très limitée en période d'étiage (pas d'eau ou un refus de pomper de l'eau salée), les **niveaux d'eau** dans les canaux pourraient aussi diminuer. Cette situation, aggravée par l'évaporation et l'évapotranspiration très élevées l'été, serait défavorable aux espèces aquatiques présentes, voire catastrophique en cas d'assec de certains canaux habituellement en eau. Enfin, la **salinisation de l'eau** est probable à terme, que ce soit par pompage d'eau saumâtre dans le Rhône (avancée du coin salé), par l'influence du biseau salé ou par remontée d'eau



Figure 14 – Carpes communes en train de frayer © D. Cohez / RNR TdV

saumâtre à salée dans les canaux depuis leur exutoire (Vaccarès principalement). Ce phénomène sera défavorable aux **espèces d'eau douce**, qui **pourraient disparaître du cortège** en laissant place d'abord aux espèces exotiques moins sensibles, puis petit à petit à des espèces plus lagunaires. L'évolution du cortège dépend aussi de nombreux facteurs non climatiques, dont beaucoup sont aussi extérieurs à la maîtrise du gestionnaire (pollution, gestion hydraulique et agriculture à l'échelle du delta, présence d'EEE et de pathogènes, etc.).

Les premiers coups de mer touchant les canaux (directement ou non) seront un facteur supplémentaire entraînant la **disparition des espèces d'eau douce** et la modification du cortège présent en faveur des poissons d'eau saumâtre à salée.

### ► **Prés salés annuels**

#### INCERTAIN



Figure 15 – Prés salés annuels de Campouceu sur la RNR Tour du Valat © D. Cohez / RNR TdV

Les prés salés annuels sont particulièrement déterminés par **l'hydropériode et la salinité**. La hausse de salinité à venir n'est donc pas une menace pour cet habitat. En revanche, la situation est plus nuancée pour l'hydropériode. A l'hiver et au printemps, il faut suffisamment d'eau pour assurer la germination puis la croissance des plantes annuelles qui le compose (dont dépend également la reproduction de ces espèces). Avec des précipitations très incertaines, en possible hausse l'hiver, et une évapotranspiration en hausse toute l'année, les conséquences sur les prés salés annuels sont **très incertaines**. En moyenne, on

peut s'attendre à ce que ces deux paramètres se compensent à l'hiver, permettant une bonne germination, mais à ce que les conditions soient moins favorables au printemps. Lors d'années sèches, on pourrait observer des difficultés de germination ou de croissance, mais aussi des changements dans les communautés végétales (les espèces les plus adaptées s'exprimant mieux). Il faut aussi noter que d'autres habitats comme les pelouses ou les friches pourraient, en fonction des conditions climatiques, **évoluer vers du pré salé** à la faveur de la salinisation.

L'**impact des premiers coups de mer** sur cet habitat devrait être **faible**, puisqu'il n'est pas menacé ni par une submersion temporaire à l'hiver, ni par une hausse de salinité.

### ► **Rassemblements estivaux d'échassiers**

#### INCERTAIN

Les rassemblements estivaux d'échassiers nécessitent principalement des **niveaux d'eau bas** (ni trop hauts ni un assèchement) en période post-nuptiale, c'est-à-dire en été et jusqu'au début de l'automne. Ainsi, ils ne sont pas sensibles à la salinité (qui peut même favoriser certaines espèces) ou aux températures élevées. En revanche, l'équilibre des paramètres déterminant l'état des plans d'eau qu'ils fréquentent lors de leur présence est fragile. Ainsi, les **précipitations incertaines** (mais en baisse l'été) et **l'ETP en hausse** annoncent des assèchements estivaux probablement plus précoces et plus longs. Si l'assèchement précoce des marais sera **défavorable** aux échassiers, l'évolution des paramètres pourrait aussi être **favorable** à des niveaux d'eau bas dans les marais les plus inondés. La **disponibilité en eau** dans les canaux pour la gestion hydraulique est aussi un paramètre à prendre en compte. Si elle risque de baisser fortement en période d'étiage, il faut rappeler que la présence d'eau dans les canaux est liée à un usage agricole, qui nécessite de l'eau douce (contrairement aux échassiers post-nuptiaux). De plus, les marais où ces derniers sont présents sont

également identifiés comme sites d'accueil des oiseaux d'eau hivernants, pour lesquels la gestion hydraulique doit aussi être adaptée. En tenant compte de tous ces éléments, il semble aujourd'hui **complexe de conclure à une vulnérabilité ou une opportunité** des rassemblements estivaux d'échassiers à la Tour du Valat. De plus, comme pour d'autres objets analysés ici, il faut rappeler que les conditions d'accueil à la Tour du Valat ne jouent qu'une part dans la présence de ce cortège, qui dépend également des conditions rencontrées dans le reste du cycle migratoire.



Figure 16 – Rassemblements d'échassiers exploitants les vasières d'un marais de la RNR © D. Cohez / RNR TdV

Les premiers coups de mer pourraient être **plutôt positifs** pour les rassemblements estivaux d'échassiers. En faisant gonfler les niveaux des plans d'eau l'hiver, ils permettraient potentiellement un maintien en eau plus longtemps (si les marais n'étaient pas déjà pleins), avec un apport d'eau salée favorable à certaines espèces du cortège (mais peut-être moins de Cigognes blanches et de Spatules).

### ► Sansouïres

#### INDIFFERENT

Il existe différents types de sansouïres selon les hydropériodes, la salinité ou la topographie. A la Tour du Valat, l'essentiel des sansouïres se trouve sur des sols limoneux, moins salés que sur le littoral, et présente ainsi des communautés riches en plantes annuelles de contexte non lagunaire. La **salinisation** des sols pourrait donc faire évoluer le cortège de plantes **sans menacer l'habitat**, mais avec potentiellement une diminution de la richesse floristique actuellement liée au contexte fluvial. La diminution du nombre de **jours de gel** sera favorable aux espèces sensibles comme les salicornes, mais le risque est déjà faible aujourd'hui. Enfin, une évolution de **l'hydropériode** pourrait être observée en lien avec l'évolution



Figure 17 – Sansouïre sur la Tour du Valat © D. Cohez / RNR TdV

(incertaine) des précipitations et de la hausse d'ETP notamment. Les sansouïres sont adaptées aux sécheresses estivales caractéristiques du climat méditerranéen, mais leur prolongation en marge de la période estivale (assèchement plus rapide au printemps, remise en eau tardive à l'automne) pourrait être défavorable à certaines espèces. Le risque d'assec hivernal est lui considéré faible au vu de la hausse probable des précipitations hivernales. Malgré une évolution possible de cet habitat sur la Tour du Valat, les sansouïres du site sont globalement considérées comme **ni vulnérables ni en opportunité** face au changement climatique.

Un coup de mer pourrait **modifier la composition** des sansouïres : par exemple de *Sarcocornia fructicosa*, espèce sensible à la salinité très présente aujourd'hui, vers *Arthrocnemum macrostachyum*, moins sensible. L'habitat se rapprocherait alors dans sa composition des sansouïres de la Réserve naturelle nationale de Camargue (plus salées). Une autre conséquence pourrait être l'augmentation des surfaces de salicornes annuelles.

### ► Cortège d'avifaune « steppique »

#### OPPORTUNITE MOYENNE

Le cortège d'avifaune « steppique » comporte plusieurs espèces aux exigences écologiques différentes. Toutefois, on estime que **l'assèchement** global des milieux, lié à la hausse des températures, d'ETP et aux précipitations incertaines voire en baisse au printemps, sera plutôt favorable à ces espèces. Ainsi, des sites qui s'assèchent aujourd'hui trop tard pour accueillir ce cortège (notamment les Glaréoles à collier en nidification) sècheront plus rapidement dans la saison, devenant favorables sur de plus grandes surfaces.



Figure 18 – Glaréole à collier (*Glaucopis pratensis*) © D. Cohez / RNR TdV

En revanche, qu'ils soient présents pour la reproduction ou non, les oiseaux nécessiteront tous le **maintien de zones en eau** pour s'abreuver, voire se nourrir. L'impact de la salinisation est quant à lui difficile à évaluer pour l'ensemble de ces espèces. Par ailleurs, il a déjà été observé sur les parcelles accueillant les Glaréoles au printemps que la combinaison des précipitations hivernales importantes et de la présence des troupeaux permet un travail du sol favorable à la nidification de ces oiseaux, rendant inutile un passage mécanique par le gestionnaire pour obtenir le même résultat.

Les conséquences des premiers coups de mer sont également **difficiles à anticiper**, et seront probablement très différentes **selon la période** à laquelle ils surviendront. En effet, une submersion de certains secteurs par de l'eau de mer avant la période de reproduction pourrait éventuellement favoriser une végétation clairsemée favorable à certaines espèces (mais pas à toutes !). En revanche, si les premiers coups de mer surviennent un peu plus tard et touchent les secteurs de nidification, cela pourrait entraîner l'échec de la reproduction.

### ► Lagunes méditerranéennes

#### OPPORTUNITE FORTE

Les lagunes de la Tour du Valat sont assez **peu sensibles** aux évolutions du climat, car une salinisation accrue, ou un assèchement plus précoce et prononcé par exemple, ne changeront pas sa nature d'habitat. En revanche, ces changements pourraient être favorables aux cortèges caractéristiques des lagunes méditerranéennes déjà présents, qui pourraient se développer. En effet, ce milieu est **adapté à la salinité et aux alternances de phases sèches et inondées**, y compris avec une variabilité interannuelle importante. De plus, la salinisation des sols et des nappes pourrait entraîner la **transformation progressive** d'autres milieux (comme les mares temporaires méditerranéennes) **en lagune**, suite à l'évolution des cortèges qui s'y exprimeront. On considère donc que les lagunes temporaires de la Tour du Valat présentent une **opportunité au changement climatique** à moyen terme.

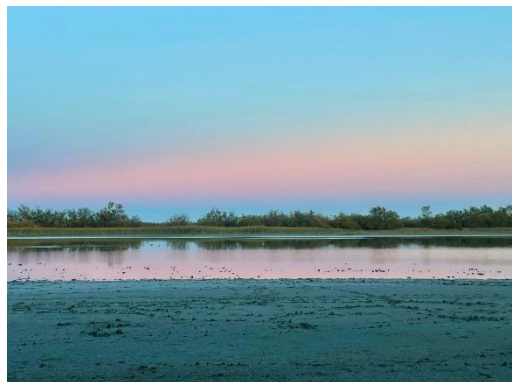


Figure 19 – Saline de la Tour du Valat © N. Nojaroff

Les premiers coups de mer, comme les suivants, pourraient **optimiser le fonctionnement** des lagunes du site. En effet, elles sont aujourd'hui désignées comme telles de par le cortège végétal caractéristique qui s'y exprime grâce à la salinité existante, mais elles ne présentent pas de connexion avec la mer (qui définit

aussi une lagune). Les submersions marines pourraient ainsi rapprocher cet habitat de son fonctionnement « naturel », voire accélérer son extension sur de nouveaux secteurs.

## EVOLUTION POTENTIELLE DES ACTIVITES SOCIO-ÉCONOMIQUES

Les échanges avec des personnes impliquées dans chacune des activités humaines sélectionnées ont été particulièrement intéressants, et ont permis de nourrir l’analyse, mais aussi de commencer à identifier des pistes d’adaptation envisagées pour ces activités dans le futur.

### ► **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 du Rhône deviendra une contrainte majeure pour les agriculteurs, variable à la fois selon les débits du fleuve (avec des risques élevés d’étiages sévères et prolongés), sa salinité (risque accru de remontée du biseau salé), mais aussi le cout 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 nécessite des apports d’eau réduits, 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.

### ► **Élevage**

La salinisation, les températures élevées et la faible disponibilité en eau douce l’été vont compliquer l’abreuvement du bétail, et potentiellement diminuer la valeur fourragère des milieux. Les bêtes seront aussi encore plus fortement impactées par les insectes hématophages, et notamment par les zoonoses qu’ils véhiculent. Les conditions climatiques (températures extrêmes, humidité dans l’air) seront plus difficiles à supporter l’été, tant par le bétail que par les hommes qui les élèvent. En hiver, les précipitations élevées pourraient aussi augmenter le risque de noyade à la naissance des veaux ou engendrer des difficultés d’accessibilité à la ressource fourragère. Actuellement, peu d’évolutions sont envisagées de manière générale par cette activité face à ces contraintes. Certains élevages pourraient décider d’apporter artificiellement de l’eau pour l’abreuvement des bêtes là où ce n’est pas déjà le cas. Cependant, cette solution n’est pas envisageable actuellement pour l’ensemble de la manade de la Tour du Valat, dont le bétail pâture sur des surfaces immenses dans un objectif de gestion des milieux. Le sujet de l’alimentation en eau du bétail risque donc de devenir une contrainte majeure pour la manade de la Tour du Valat en période estivale, dès le court à moyen terme.



Figure 20 – Tri de taureaux Camargue © C. Suard

### ► **Chasse**

L’évolution des activités de chasse au gibier d’eau soulève des incertitudes, notamment liées aux changements attendus à terme dans la composition des cortèges d’oiseaux d’eau. Pour le sanglier en revanche, les acteurs envisagent une augmentation de la population en raison du changement climatique et un besoin plus fort de régulation. Un report partiel des activités cynégétiques du gibier d’eau vers le sanglier peut donc être envisagé à terme. L’hypothèse d’une réduction de l’activité de chasse, notamment

en raison de conditions plus difficiles en été et de la diminution du nombre de chasseurs, n'est pas non plus à exclure.

#### ► **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. 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.

#### ► **Recherche scientifique**

A la Tour du Valat, institut de recherche, le changement climatique est déjà un sujet de recherche, mais vise aussi à être intégré complètement dans les autres thématiques de recherche à court terme. Le changement climatique fera assurément émerger de nouvelles questions de recherche, pas ou peu traitées jusque-là. De plus, comme pour l'accueil du public ou les activités de gestion, les évolutions du climat risquent de modifier ou réduire les périodes (sur l'année, dans la journée) où le terrain est accessible, praticable et favorable pour mettre en place des expérimentations et suivis, et de rendre ce travail plus pénible.

### **EVOLUTION POTENTIELLE DES OUTILS ET MOYENS DE GESTION**

#### ► **Gestion hydraulique**



Figure 21 – Ouvrage de gestion de l'eau sur la Tour du Valat

© D. Cohez / RNR TdV

La gestion hydraulique est centrale en Camargue. Dans le contexte actuel d'endiguement du delta, les apports d'eau douce proviennent uniquement des précipitations ou du réseau hydraulique artificiel. Les évolutions du climat, et en particulier l'augmentation à venir de l'évaporation des plans d'eau et de l'évapotranspiration par les plantes, impliqueront des besoins en eau plus importants pour maintenir la gestion actuelle. Or, les risques de salinisation et de baisse de la disponibilité en eau douce pourraient rendre difficile voire impossible le maintien à terme de la gestion hydraulique actuelle. Enfin, des facteurs extérieurs comme le coût de l'eau et du pompage, les choix d'aménagements hydrauliques du delta ou l'agriculture locale influenceront directement son évolution et les possibilités de gestion du site.

#### ► **Gestion pastorale**

Les évolutions possibles des contraintes sur l'activité d'élevage présentées plus haut s'appliquent aux manades pâturent sur le domaine de la Tour du Valat. La gestion des milieux de la réserve par le pâturage pourrait donc se retrouver très rapidement 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 pourraient évoluer différemment (modification des cortèges végétaux, possible réduction de la fermeture des milieux). Ces évolutions restent incertaines et conditionnées entre autres à des choix du gestionnaire.

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

Dans le contexte de changement climatique, le phénomène de salinisation des sols et des eaux pourrait impacter négativement certaines espèces exotiques envahissantes sensibles au sel (comme la Jussie). 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.

#### ► **Entretien des infrastructures**

Les évolutions du climat devraient entraîner un besoin accru d'entretien des infrastructures et des véhicules. En effet, des températures plus élevées, des écarts thermiques et hydrométrique plus importants et une salinisation accrue pourraient causer une usure plus rapide de certaines matières composant les différentes infrastructures. Les risques d'usure des véhicules et des infrastructures (bâtiments, portaux, martelières, ...) liée aux sécheresses (poussière et rétractation du sol) seront également plus élevés. Les précipitations intenses en automne-hiver pourraient demander un entretien plus régulier des pistes. En revanche, la période où il est possible d'intervenir sur les infrastructures hydrauliques pourrait à terme être étendue.

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

Les conditions de travail de l'équipe de gestion de la Réserve font déjà l'objet d'adaptations aux contraintes locales, mais celles-ci vont se durcir dans le futur en lien avec le changement climatique, en particulier en période estivale. En plus des fortes chaleurs (qui vont s'intensifier mais aussi s'étaler plus longuement sur l'année), on devrait observer une hausse des maladies émergentes, causant un risque sanitaire pour les personnes exposées. D'autres risques, comme le risque incendie, devraient également augmenter, et l'accès au site à certaines périodes de l'année et de la journée devrait être plus compliqué. On peut alors prévoir une réduction des fenêtres d'intervention sur le terrain (suivis, actions de gestion et travaux, surveillance, etc.) à certaines périodes, dégradant les conditions de travail de l'équipe et compliquant la réalisation des missions du gestionnaire telles qu'envisagées aujourd'hui.



Figure 22 – Chantier à l'observatoire du Saint-Seren  
© M. Lourenço / RNR TdV

#### ► **Gestion participative des marais du Verdier**

Dans le contexte de changement climatique, les difficultés rencontrées par les différents acteurs du territoire (gestionnaires d'espaces naturels, éleveurs, chasseurs, pêcheurs, etc.) toucheront également les membres de l'association des Marais du Verdier et leurs différentes activités, exacerbant potentiellement les tensions préexistantes, notamment sur les sujets de l'irrigation du site et des besoins et envies pour sa gestion. Comme sur le reste de la Tour du Valat, les conditions climatiques deviendront plus dures pour les travaux de gestion (réalisés aux marais du Verdier par des bénévoles). Certaines activités présentes aujourd'hui pourraient éventuellement être difficiles voire impossibles à maintenir selon l'évolution des milieux et du climat.

## **SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE DE VULNÉRABILITÉ**

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

Les résultats de l'analyse de vulnérabilité et d'opportunité du patrimoine naturel de la réserve naturelle régionale de la Tour du Valat peuvent être résumés sous la forme du schéma page suivante (cf. Figure 23). 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.

L'analyse de vulnérabilité effectuée montre que la majorité des objets du patrimoine naturel analysés dans le cadre du DVO de la Tour du Valat sont **fortement à très fortement vulnérables** au changement climatique. Cela concerne essentiellement des **enjeux liés à la présence d'eau douce**, menacés par la salinisation croissante des eaux et des sols, la réduction de la disponibilité en eau douce pour la gestion hydraulique, et à terme les submersions marines. A l'inverse, deux objets présentent **une opportunité**, moyenne ou forte, aux évolutions climatiques ; il s'agit respectivement du cortège d'oiseaux steppiques et des lagunes méditerranéennes. Enfin, les sansouïres de la Tour du Valat ne semblent pas menacées ou favorisées par les changements à venir à moyen terme. Il n'en est pas de même pour les prés salés annuels et les rassemblements estivaux d'échassiers, dont la **vulnérabilité incertaine** traduit une analyse complexe et un futur qui pourrait tout aussi bien tendre vers la vulnérabilité que vers l'opportunité, voire l'un puis l'autre, selon les évolutions de la réserve.

► ***Synthèse des évolutions potentielles des activités économiques et des outils et moyens de gestion***

Concernant les activités socio-économiques, toutes devraient pouvoir **se maintenir à moyen terme**, mais probablement avec **des adaptations aux contraintes** nouvelles ou accrues liées au changement climatique. Ainsi, le maintien du maraîchage (dans des zones pas trop salinisées) et de la riziculture est probable, tout comme l'accueil du public, sûrement plus compliqué mais toujours possible. Parmi les adaptations envisagées, on pourrait par exemple observer une évolution des rotations de cultures, ou un report partiel des activités cynégétiques du gibier d'eau vers le sanglier. Enfin, le sujet de l'alimentation en eau du bétail en période estivale risque de devenir une contrainte majeure, particulièrement pour la manade de la Tour du Valat, dès le court à moyen terme. En effet, le risque de salinisation et de baisse de la disponibilité en eau douce pourrait rendre **difficile voire impossible le maintien à terme de la gestion hydraulique** actuelle. Avec les évolutions prévues du climat, les conditions de travail de l'équipe de gestion de la Réserve (et des bénévoles des Marais du Verdier) vont se durcir, en particulier en période estivale, malgré les adaptations déjà existantes aux contraintes locales. On anticipe aussi une réduction des fenêtres d'intervention sur le terrain, que ce soit pour les suivis, les travaux, ou le contrôle des EEE par exemple. En revanche, la fenêtre d'intervention sur les infrastructures hydrauliques pourrait à terme être étendue, alors que le besoin d'entretien des infrastructures et des véhicules ne devrait faire qu'augmenter.

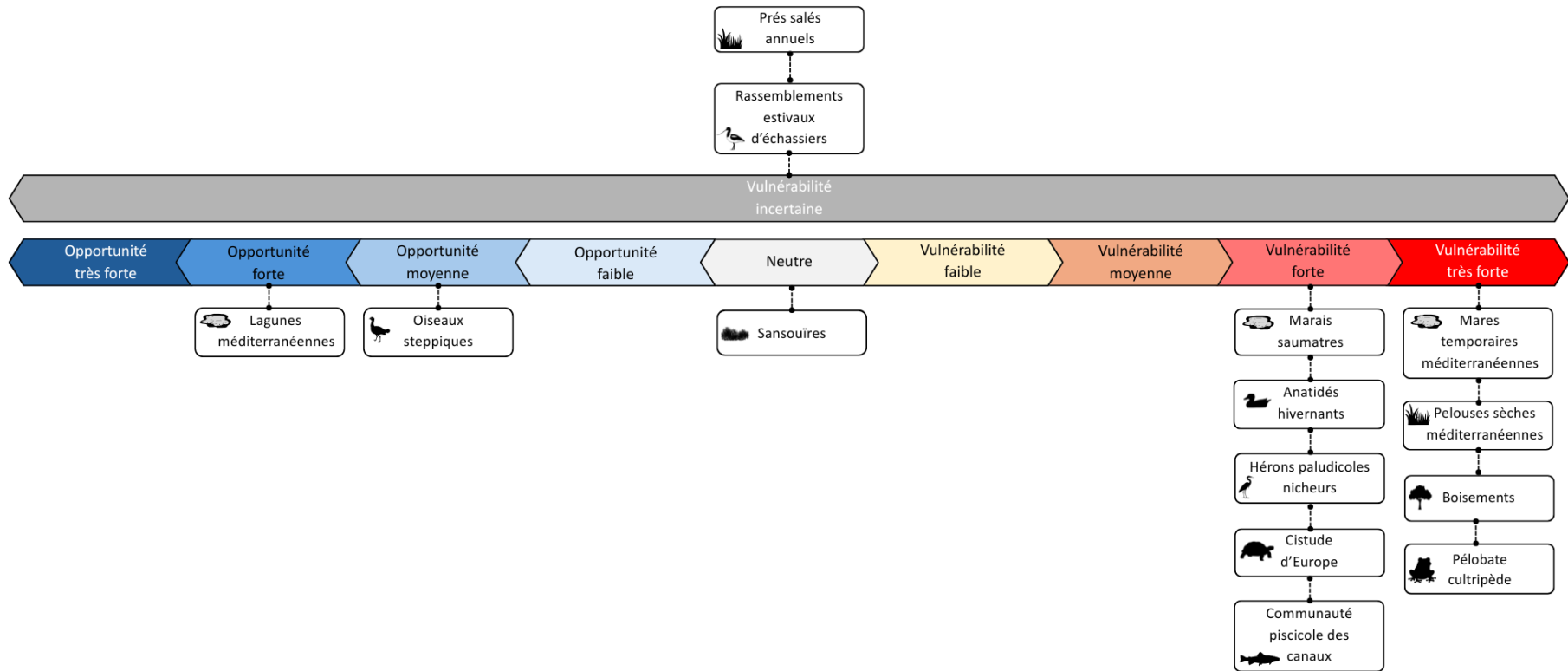


Figure 23 – Schéma synthétique des résultats de l'analyse de vulnérabilité et opportunité au changement climatique des objets du patrimoine naturel de la RNR Tour du Valat

## 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. La Tour du Valat est située 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, il est possible de citer le cortège de lagune salée de bord de mer (avocette, bécasseau cocorli, ...), qui est devenu plus fréquent sur le site avec des effectifs plus importants. Quant aux futurs arrivants potentiels, des espèces méridionales, encore très rares voire exceptionnelles ou absentes en Camargue, pourraient devenir plus fréquentes (Sarcelle marbrée, espèces steppiques comme les Alouettes calandre, calandrelle ou pispolette). Certaines espèces aujourd'hui de passage pourraient devenir nicheuses (Chevalier gambette, Fuligule nyroca), et des actuelles nicheuses ou migratrices risquent de rester sur le site pour hiverner (Sarcelle d'été, Blongios nain, Crabier chevelu, Echasse blanche) comme c'est déjà observé pour les Hirondelles, la Huppe fasciée ou le Chevalier Sylvain. Ces nouvelles espèces pourraient ainsi renforcer et adapter les cortèges actuels, pour la plupart jugés vulnérables au changement climatique dans leur composition actuelle.



Figure 24 – Chevalier gambette (*Tringa totanus*)... bientôt nicheur sur la RNR ?  
© D. Cohez / RNR TdV

**Chez les arthropodes**, on peut tout d'abord citer l'Anax porte-selle (*Hemianax ephippiger*) dont les preuves de reproduction se multiplient avec d'importantes émergences observées récemment, alors que la reproduction de l'espèce n'était pas connue localement il y a encore une vingtaine d'années. De même, le Conocéphale africain (*Conocephalus conocephalus*), dont l'arrivée est probablement liée au changement climatique, est présent depuis quelques années en grande quantité en Camargue. 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. Cela pourrait par exemple être le cas de l'Agrion de Graell (*Ischnura graellsii*). 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 voisines.



Figure 25 –*Ophrys tenthredinifera* (Ophrys tenthredinifera) © D. Cohez / RNR TdV

**Côté flore**, l'arrivée de l'Ophrys tenthredinifera sur le site a peut-être été favorisée par les évolutions du climat. Les évolutions à venir des habitats de la réserve, et notamment la possible évolution de certains milieux vers des lagunes méditerranéennes, pourrait permettre au cortège végétal associé de se développer. On pourrait ainsi observer par exemple de nouvelles stations de *Cressa cretica* sur le site. De même, avec les submersions marines et les entrées d'eau de mer, des espèces inféodées à des milieux plus littoraux pourraient apparaître à la Tour du Valat : des saladelles (comme *Limonium gerardianum*, aujourd'hui présente à la Réserve de Camargue) ou encore des algues marines.

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 un jour la Tour du Valat accueillera-t-elle des Tortues caouannes ?



Figure 26 – Tortue caouanne (*Caretta caretta*), trouvée morte sur une plage de Camargue © D. Cohez / RNR TdV

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, en particulier avec les submersions marines et la marinisation 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.

## V. Récit prospectif

Difficile de prédire ce qui se passera en Camargue ces prochaines décennies. A terme, la Camargue sera recouverte par la mer, cela paraît inéluctable. La question est plutôt de savoir quand cela arrivera. Des aménagements, probablement très coûteux et temporaires, permettront peut-être de retarder l'échéance. Nous nous attendons à ce que cette arrivée de la mer ne se fasse pas en une seule fois, de manière brutale, mais plutôt par à coup, par des entrées de coups de mer plus ou moins fortes lors de tempêtes hivernales, comme cela se produit déjà sur les parties de la Camargue situées au sud de la digue à la mer.

D'ici là, cela va bouger – cela a déjà commencé d'ailleurs – et l'objectif ici est d'imaginer ce qui pourrait se passer sur la RNR de la Tour du Valat. Comment le site va évoluer dans ce contexte, à quoi ressemblera-t-il demain ?

Aujourd'hui, le site est relativement fonctionnel et présente ainsi des milieux très résilients et capables de supporter des variations importantes d'hygrométrie, de salinité, de sécheresse. La biodiversité qui s'y exprime est déjà adaptée et même dépendante de ces conditions variables.

Le changement climatique risque d'amplifier encore plus ces variations. Pour simplifier, les événements « extrêmes », à savoir dans notre cas forte sécheresse, canicule, épisode méditerranéen engendrant des inondations, seront probablement plus fréquents et de plus grande ampleur.

On peut donc s'attendre à avoir des événements extrêmes en dehors des plages de variations acceptables par un certain nombre d'espèces. Par exemple, une forte sécheresse avec des remontées de sel importantes ne laissera que peu de chance aux espèces de milieux doux.

Aussi, pour cet exercice, nous avons opté pour tenter d'imaginer à quoi pourrait ressembler le site dans 3 scénarios purement fictifs de conditions un peu « extrêmes ». Le but n'est pas de sombrer dans le catastrophisme mais d'anticiper ce que pourrait devenir le site dans ces différents cas :

- Une forte canicule avec sécheresse drastique ;
- Des épisodes méditerranéens intenses provoquant de fortes inondations ;
- L'arrivée des 1ers coups de mers.

Laissons donc part à notre imagination fertile et débordante, projetons-nous dans un futur proche et moins proche et regardons cette fiction pour ce qu'elle est : une possibilité...

**Le 19 juillet 2042, 17h30**

6<sup>ème</sup> jour où les températures dépassent les 45°C. La nuit ça ne descend pas en-dessous de 28°C. Le mois de juin a été particulièrement sec, une petite averse orageuse (3mm), rien d'autre. Une légère brise marine monte chaque après-midi, apportant une petite sensation d'air humide mais assèche encore plus la croûte terrestre. Les zones de sols nus dans les sansouïres sont blanches, dû aux fortes remontées de sel. Le Rhône connaît un débit très faible depuis plusieurs semaines, l'enneigement des Alpes n'était pas au rendez-vous cette année, pas de fonte, pas de hausse de débit. Cumulé à très peu de systèmes dépressionnaires, l'eau amenée par le Rhône diminue fortement. Les stations de pompage de l'Aube de Bouic et du Sambuc se sont de nouveau arrêtées car elles pompent trop de sel. Le niveau du canal a fortement baissé, mais surtout il se salinise et atteint les 8 à 10 g/l. Les Saules blancs et Peupliers blancs encore présents le long du canal sont en train de mourir les uns après les



Figure 27 – Marais asséché en période estivale – Août 2017  
© D. Dohez / RNR TdV

autres, et même les Pins commencent à jaunir. Entre le sel et le manque d'oxygène dans l'eau, des poissons meurent sur certains tronçons de canaux. Les pelouses sont complètement jaunies, la végétation a grillé et séché. A chaque pas, des quantités de criquets d'envolent, mangeant les derniers brins d'herbes. Les filaires commencent aussi à griller, plutôt par les remontées de sel. Les sansouïres et prés salés tiennent mieux malgré le blanchissement important du sol. La forte sécheresse a fortement ameubli le sédiment, on a l'impression de marcher sur du sable gris très fin. La plupart des marais sont secs, les stations de *Cressa cretica* se sont nettement étendues, elles profitent encore plus de ces conditions. La microfaune, elle, est au repos, profondément enfouie dans les fentes de retraits, attendant patiemment le retour des pluies. De nombreux odonates (*Anax* principalement) viennent pondre dans les fentes de retraits, attirant les faucons profitant de cette abondance.

La conséquence la plus problématique est pour le troupeau. Les taureaux ont été sortis de leur clos : plus moyen d'y avoir de l'eau douce et fraîche. Ils sont passés dans les prés, qui avaient été arrosés au printemps et non fauchés en juin. Les années précédentes avaient déjà été compliquées même si ce n'était pas aussi rude. Mais entre les 3 lots du troupeau de bovins et les deux troupeaux de chevaux, ça fait du monde sur quelques prés. On ne pourra pas les garder ainsi tout l'été, surtout qu'on ne peut plus arroser les prés. En attendant, ils sont alimentés en eau douce par les abreuvoirs automatiques



Figure 28 - Cristallisation de sels dans les Relongues sud - Août 2017 © D. Cohez / RNR TdV

sur l'eau de la ville, mais le piétinement autour des points d'eau est très impactant et dégrade fortement les prés. Cette concentration de bétail à proximité des bâtiments attire une quantité impressionnante d'insectes piqueurs, surtout des taons.

Le travail de l'équipe est aussi complexe. Difficile de tenir en journée en plein cagnard avec de telles chaleurs. Les horaires ont été adaptés pour ceux qui le veulent, certains commencent donc à 6h du matin et rentrent à l'atelier travailler en intérieur après 10h.

Pourtant, on essaye de profiter de ces conditions pour réparer quelques fuites sur des digues de canaux. Habituellement inaccessible car trop mouillé, on peut enfin accéder dans le marais du Rendez-vous et aller boucher cette fuite qui dure depuis des années.

### **Le 18 décembre 2042, 14h45**

3<sup>ème</sup> épisode méditerranéen de grande ampleur. Les Bouches-du-Rhône et le Gard sont en alerte rouge selon Météo-France. Après les 112 et 175 mm des deux épisodes précédents, celui-ci est impressionnant. Il est déjà tombé 142 mm depuis 5 heures et les prévisions annoncent encore quelques heures de pluies soutenues. Les marais avaient bien commencé à se remplir, nous sommes assurés d'avoir de bons niveaux d'eau tout l'hiver et le printemps prochain.

Complexité supplémentaire, la mer est également très haute et empêche toute sortie du Vaccarès. Le canal du Fumemorte ne joue plus son rôle de canal de drainage, les terres agricoles ne s'écoulent plus via le canal, c'est même plutôt l'inverse, en tout cas sur les terres basses. De fait, certains exploitants, comme à chacun de ces événements pluviométriques intenses, sortent les pelles mécaniques et tentent désespérément de curer les roubines, espérant ainsi écouler les parcelles agricoles. Mais avec une mer aussi haute, un Vaccarès qui déborde et qui remonte dans le canal, les eaux ne sortent plus...

Le canal déborde largement sur la voie communale rendant l'accès à la Tour du Valat particulièrement risqué. Avec le voisin (manade Bon), nous avons piqueté le bord de route pour éviter de se mettre dans le canal, la route d'accès étant sous l'eau.

C'est la même chose sur la bordure ouest de la RNR, où les sansouïres des Tirasses, de la Baisse salée et de la Saline débordent sur la D36b. Un chasseur local qui a voulu tenter le passage avec son 4x4 a fini dans le fossé du côté de Fiélouse, pas très loin de la porte de la Baisse Salée.

Sur le site, les marais sont connectés entre eux via les sansouïres, toutes recouvertes d'au moins 30 à 40 cm d'eau. La Baisse Salée, la Saline, les Relongues sud et nord, la Baisse des Sarcelles, le Tamarguiron, le Saint-Seren, tous sont connectés et ne forment plus qu'un vaste plan d'eau de plus de 1000 ha. Toute cette partie de la RNR est même connectée avec l'étang du Fournelet. Il faut dire que celui-ci était particulièrement haut avant ces fortes précipitations, suite à l'aboutissement du projet de phytoépuration. Le scénario est le même sur Giraud : les marais Daillade, Sarcelles, Grenouillet et la Braude sont interconnectés.

Seules les montilles restent hors de l'eau, formant de petits îlots de pelouses vertes au milieu de vastes plans d'eau.

Les canards et grues se sont dispersés sur toutes ces étendues. Le comportement des oiseaux d'eau n'est plus du tout le même. Plus vraiment de remises diurnes où les oiseaux sont concentrés sur les plans d'eau, tout est redistribué. Le prochain comptage mensuel va être sacrément galère : d'abord car se déplacer en waders dans ces immensités n'est pas aisé mais surtout car les oiseaux sont partout en petit nombre et se déplacent de-ci de-là dès qu'on approche. Cela demande de modifier notre organisation habituelle.

Contrairement aux évènements précédents, cette fois-ci les prés sont complètement sous l'eau. Les juments ont été déplacées sur l'Esquineau, les montures ont été lâchées en urgence dans les dunes de la Commanderie et les jeunes chevaux ont été amenés au Petit Saint Jean temporairement. Mais le principal problème, ce sont les bovins. Les vaches ont été remises dans le clos des Faïsses. Les mâles sont encore sur le pâturage d'hiver, où les montilles du Saint-Seren, Campouceu et quelques secteurs des Abeilles sont hors d'eau, mais on ne pourra pas les tenir longtemps d'autant qu'ils piétinent fortement les prés salés, sansouïres et mares temporaires. Le gardian apporte quelques ballots à l'entrée du clos au niveau des Abeilles et on a en plus ouvert Grand Badon et le Plateau sud pour qu'ils puissent avoir les pelouses de Ferigoulet et quelques bordures en plus. On a dû renforcer la double porte au niveau du pont de Campouceu pour éviter que les mâles soient attirés par les vaches de l'autre côté du canal.

Le labo est fermé car l'accès est trop complexe, et la plupart des salariés sont en télétravail. L'eau inonde légèrement la bergerie, le hangar et le labo poissons. Les autres bâtiments ne sont pas inondés mais l'eau n'est pas loin.

Ces conditions favorisent la faune et la flore aquatique. On peut s'attendre à une fantastique saison de reproduction. Généralement, dans de tels cas, ces nappes d'eau vont voir exploser les populations de cladocères, copépodes, branchiopodes, batraciens, odonates et ... moustiques bien sûr.

En revanche, pour la faune terrestre, c'est catastrophique. Peu de carabes, orthoptères, araignées et escargots ont dû échapper à ces inondations. Sans parler des micromammifères et des lapins. Et dire que pour ces derniers, les derniers comptages montraient une légère tendance à la hausse...

## Addendum

Ironie du sort, alors que nous étions en train d'imaginer ce scénario pour 2042, l'hiver 2025/2026 a vu tomber 400 mm en 2,5 mois (204 mm en décembre, 75 mm en janvier et 120 mm les quinze premiers jours de février). Le site connaît des niveaux très hauts et ces conditions nous ont permis de mieux visualiser les impacts potentiels de ce type d'évènement. Nous avons déjà connu des hivers avec des niveaux d'eau proche (2003, 2009) mais sans en mesurer réellement l'impact et surtout sans qu'il n'y ait aucune possibilité d'évacuation de l'eau, ce qui est le cas cette année 2026. Les réseaux sont totalement saturés et la mer étant bien plus haute que le Vaccarès, plus rien ne peut sortir. Nous avons donc largement profité de ces conditions hivernales pour revoir et réécrire notre scénario « inondation » en fonction des observations récentes, le rendant encore plus crédible et plausible, peut-être finalement à plus court terme qu'anticipé...



Figure 29 –Enganes inondées au bord de la D36b - Février 2026  
© D. Cohez / RNR TdV

### Le 2 avril 2068, 10h35

Ça fait 2 mois qu'un 3<sup>ème</sup> coup de mer est survenu, quelques jours avant la journée portes ouvertes, qu'on a dû annuler à la dernière minute. Une petite tempête de sud-est, pas trop méchante, ça soufflait mais rien d'exceptionnel. La mer, par contre, avait une cote très élevée. Ce petit coup de vent a poussé les eaux par-dessus la digue à la mer, a gonflé le Vaccarès qui lui-même est remonté via le Fournelet et le canal du Fumemorte. Les ouvrages à l'embouchure du Fumemorte n'ont pas résisté et ont cédé ; l'eau est remontée par le canal et a débordé. L'impact sur le site est très différent des inondations habituelles par la pluie. Ces dernières sont souvent généralisées et noient indépendamment toutes les parties basses du site. Là c'est une lame d'eau qui est arrivée par le Fournelet, est passé par-dessus la D36b et a inondé tout le secteur de la Saline, la Baisse Salée et les Tirasses et s'est étendue vers le Plateau sud jusqu'au Saint-Seren.

De l'autre côté, c'est le Fumemorte qui a débordé (surtout au niveau des escrachadous) et a submergé les enganes sur Giraud via les canaux du Cazeau et du Pravedel.

Depuis, l'eau s'est retirée, laissant de véritables laisses de mers à certains endroits. Les vagues ont fortement érodées certaines bordures de marais ou les levadons des canaux, engendrant des brèches à plusieurs endroits. Nous nous questionnons sur l'intérêt de réparer encore.

Certaines sansouïres sont encore inondées d'eau de mer. Des couples de Chevaliers gambettes se cantonnent autour. L'espèce est maintenant nicheuse sur la RNR, tout comme l'Huitrier pie. En plein passage prénuptial de limicoles, des groupes de bécasseaux et chevaliers se joignent aux rassemblements d'aigrettes et spatules et exploitent les dépressions inondées dans lesquelles se sont retrouvés piégés divers amphipodes et poissons. On a même trouvé des crabes verts dans plusieurs dépressions et un hippocampe a été capturé dans une mare lors du suivi batracien. Quelle aurait été la tête de l'ancien ingénieur de recherche qui a réalisé ce suivi des têtards pendant 40 ans s'il avait capturé cet hippocampe ? Moins réjouissant, le Crabe bleu a bien fait son apparition dans ce qu'on peut appeler dorénavant les lagunes de la Tour du Valat.

Les roselières se sont salinisées. Elles avaient déjà fortement diminué après les remontées salines via la nappe et les sécheresses à répétition sans possibilités d'irrigation par l'eau douce. Cette fois, le phragmite persiste encore mais on ne peut plus vraiment parler de roselières. D'ailleurs, les Hérons pourprés, Butors et Blongios ont déserté le site. Quelques Luscinioles et Talèves subsistent en bordure des marais les moins salés, là où les phragmites se mélangent aux Scirpes du littoral et forment encore des bandes de végétation plus denses.

Les marais sont colonisés par des herbiers de *Ruppia*, d'*Althénia*, de *Tolypella salina*, tandis que le branchiopode *Phallocryptus spinosus* a complètement remplacé les *Chirocephalus diaphanus* et *Tanymastix stagnalis*. Dès que les niveaux baissent, on assiste à des rassemblements d'échassiers (Avocettes, Echasses, Aigrettes, Flamants) accompagnés par les inlassables Goélands railleurs. Les Sternes naines fréquentent aussi beaucoup le site, tentant de s'installer sur certaines bordures de marais.

De véritables laisses de mers ont été déposées en contrebas de certaines montilles ou reste accrochées sur des clôtures en barbelés. Nous passons pas mal de temps à parcourir ces laisses pour ramasser les déchets plastiques amenés par la mer. Les groupes de Flamants attirent les touristes qui veulent les approcher au plus près. Difficile de leur faire comprendre que la RNR n'est pas accessible, ils ont l'impression d'être en bord de mer et de pouvoir aller où ils veulent.

Dans de telles conditions, impossible de garder les troupeaux sur le site : ils sont partis en estive plus tôt.



Figure 30 – La RNR Tour du Valat submergée par la mer... image générée par IA

## Liste des acronymes

<b>ASA</b>	Associations Syndicales d'Assainissement
<b>BRGM</b>	Bureau de recherches géologiques et minières
<b>CC</b>	Changement climatique
<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>GEMAPI</b>	Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations
<b>GES</b>	Gaz à effet de serre
<b>GIEC</b>	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
<b>GREC-Sud</b>	Groupe régional d'experts sur le climat en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur
<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>SYMADREM</b>	Syndicat mixte interrégional d'aménagement des digues du delta du Rhône et de la mer
<b>TdV</b>	Tour du Valat
<b>TRACC</b>	Trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique

## Bibliographie

- AGENCE DE L'EAU RHÔNE-MÉDITERRANÉE-CORSE, 2023. *Les débits d'étiage du Rhône en baisse sous l'effet du changement climatique. Quels enjeux pour l'avenir ?* Communiqué de presse. 2023.
- 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., DUVAİL 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. [Consulté le 7 mars 2023]. Disponible à l'adresse : <https://naturadapt.com/groups/communaute/documents/556/get>
- 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.
- FRANCE NATURE ENVIRONNEMENT OCCITANIE-MEDITERRANEE, 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.
- 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)
- GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'EVOLUTION DU CLIMAT, 2021. *Changement climatique 2021 Les bases scientifiques physiques : contribution du groupe de travail I au sixième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Résumé à l'intention des décideurs. Genève, Suisse : GIEC. ISBN 978-92-9169-258-3.
- 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, 2023. *Fiche climatologique - Statistiques 1991-2020 et records. Arles (13)*. [en ligne]. 6 juin 2023. Disponible à l'adresse : [https://donneespubliques.meteofrance.fr/FichesClim/FICHECLIM\\_13004003.pdf](https://donneespubliques.meteofrance.fr/FichesClim/FICHECLIM_13004003.pdf)
- MÉTÉO-FRANCE, 2024. *DRIAS, Les futurs du climat*. [en ligne]. 2024. [Consulté le 6 novembre 2024]. Disponible à l'adresse : <https://www.drias-climat.fr/>

- MÉTÉO-FRANCE, 2025a. CLIMAT HD par Météo-France. [en ligne]. 2025. [Consulté le 12 janvier 2025]. Disponible à l'adresse : <https://meteofrance.com/climathd>
- MÉTÉO-FRANCE, 2025b. Quel est l'impact du changement climatique sur les épisodes méditerranéens ? [en ligne]. 5 septembre 2025. [Consulté le 3 février 2026]. Disponible à l'adresse : <https://meteofrance.com/le-changement-climatique/quel-climat-futur/quel-est-limpact-du-changement-climatique-sur-les>
- NOJAROFF N. et COHEZ D., 2024. *Plan de gestion 2024-2033 – Réserve naturelle régionale de la Tour du Valat*. Tour du Valat, Arles, France.
- 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