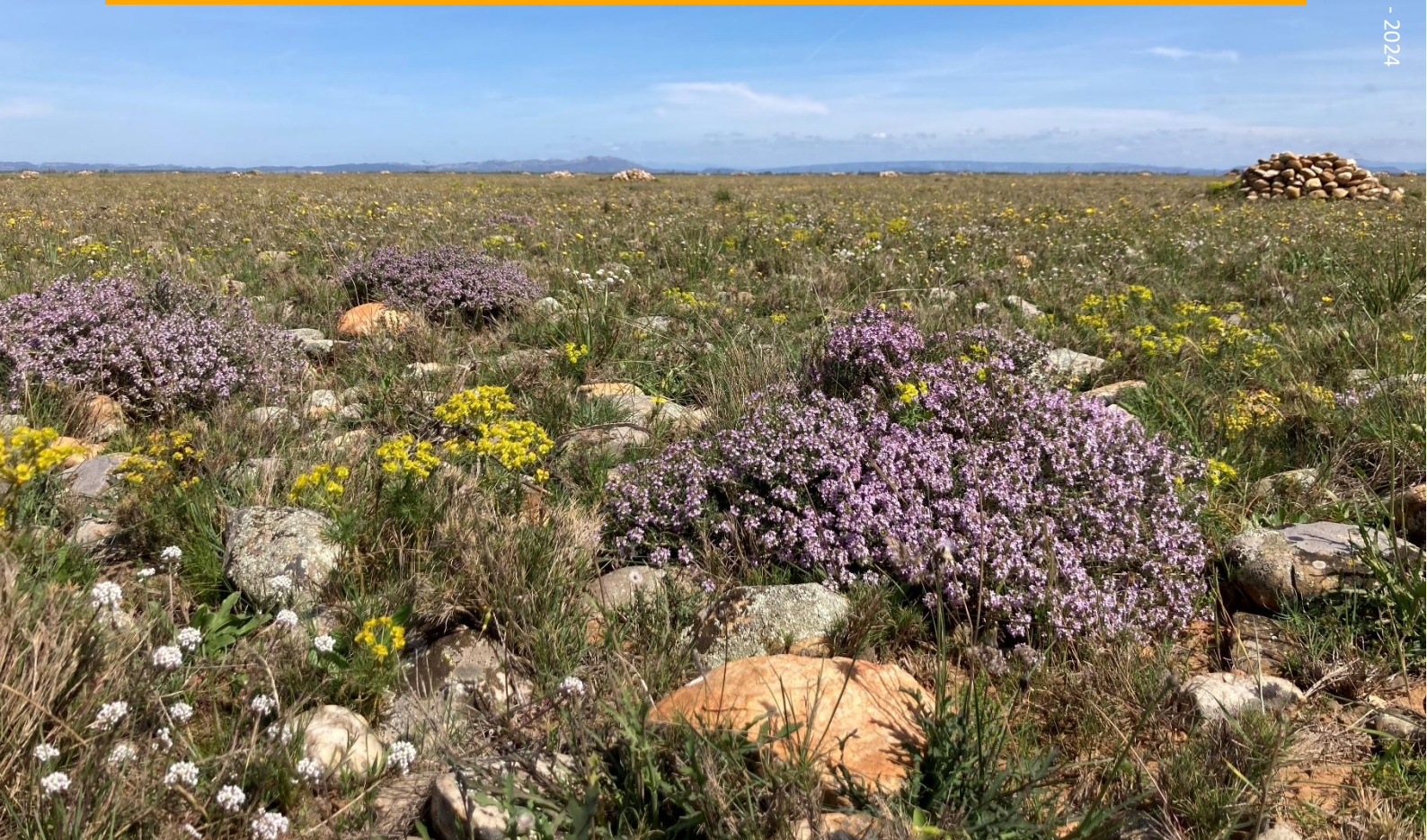


Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique

RÉSERVE NATURELLE NATIONALE DES COUSSOULS DE CRAU

© Delphine Lenôtre - 2024



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

Autrices

ABIS Ophélie – CEN PACA

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 :

GATEL Maëlle – CEN PACA

KELLER Laureen – CEN PACA

NOJAROFF Noémie – Tour du Valat

Contributeurs et relecteurs

BERTUS Vincent – CEN PACA

SAUGUET Fanny – CA13

WOLFF Axel – CEN PACA

Citation de l'ouvrage

ABIS O., GATEL M., KELLER L., NOJAROFF N., 2026. Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique – Réserve naturelle nationale des Coussouls de Crau. Projet Natur'Adapt Sud : Adaptation de de la gestion des réserves naturelles de Provence-Alpes-Côte d'Azur au changement climatique. 50 pages.

Table des matières

Résumé.....	3
I. Introduction.....	4
1. Le projet LIFE Natur'Adapt	4
2. Le projet Natur'Adapt Sud	4
3. Philosophie de la démarche Natur'Adapt	6
II. Présentation du site	7
III. Analyse climatique	9
1. Climat de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur	9
2. Méthodologie d'analyse du climat.....	11
Sélection des paramètres climatiques	11
Méthodologie d'analyse du climat récent.....	11
Méthodologie d'analyse du climat futur	11
3. Analyse du climat du site	13
Indicateurs de température	13
Indicateurs de précipitation	18
Autres paramètres climatiques	20
4. Synthèse des projections climatiques.....	23
IV. Analyse de vulnérabilité.....	25
1. Sélection des objets d'analyse	25
Critères de sélection.....	25
Objets d'analyse sélectionnés	26
2. Méthodologie d'analyse.....	27
Analyse détaillée du patrimoine naturel.....	27
Analyse de l'évolution des activités socio-économiques	29
Analyse de l'évolution des outils et moyens de gestion	30
3. Facteurs extérieurs.....	30
4. Résultats de l'analyse.....	31
Vulnérabilité et opportunité des objets du patrimoine naturel.....	31
Synthèse de l'analyse de vulnérabilité du patrimoine naturel.....	37
Évolutions potentielles des activités socio-économiques.....	38
Évolutions potentielles des outils et moyens de gestion	39
5. Nouveaux arrivants	42
V. Récit prospectif	43
Conclusion	47
Liste des acronymes	48
Bibliographie	49

Résumé

Située dans le département des Bouches-du-Rhône et cogérée par le CEN PACA et la Chambre d'Agriculture des Bouches-du-Rhône, la Réserve Naturelle Nationale des Coussouls de Crau, **vaste steppe semi-aride façonnée par le pastoralisme ovin et unique en France, accueille et protège des espèces steppiques emblématiques.**

L'analyse des projections climatiques futures jusqu'à la fin du siècle met en évidence **une poursuite du réchauffement, un allongement d'une saison estivale encore plus chaude et sèche**, ainsi qu'une variabilité accrue des précipitations, marquée notamment par une **intensification attendue des épisodes méditerranéens.**

Ces évolutions pourraient affecter le fonctionnement des écosystèmes et certaines composantes du patrimoine naturel, en particulier **les milieux humides et le Criquet de Crau, qui apparaissent comme les plus vulnérables.** Les **habitats xériques** de la réserve, tels que le coussoul et la Coustière, semblent certes **moins sensibles au changement climatique ; toutefois, leur composition pourrait progressivement évoluer et perdre de leur typicité.** Les espèces steppiques, globalement adaptées à des conditions plus rudes, pourraient néanmoins voir leurs populations locales affectées par la rapidité des évolutions climatiques et par la fréquence accrue des événements extrêmes, justifiant la poursuite et le renforcement des suivis. Enfin, les évolutions des activités socio-économiques, en particulier **d'éventuelles restrictions d'irrigation du foin de Crau influençant le pastoralisme ovin**, constituent également un enjeu majeur pour la réserve naturelle et sa gestion.

Ce diagnostic constitue une **première étape de réflexion sur l'adaptation de la gestion de la réserve naturelle au changement climatique** et servira ainsi de base à la construction d'un plan d'adaptation. Malgré les incertitudes et les lacunes de connaissances persistantes, ce travail fournit tout de même un outil de projection utile, permettant au gestionnaire de s'approprier pleinement la thématique du changement climatique et de **requestionner sa gestion actuelle.**

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. Le plan d'adaptation fait l'objet d'un second livrable.

2. Le projet Natur'Adapt Sud

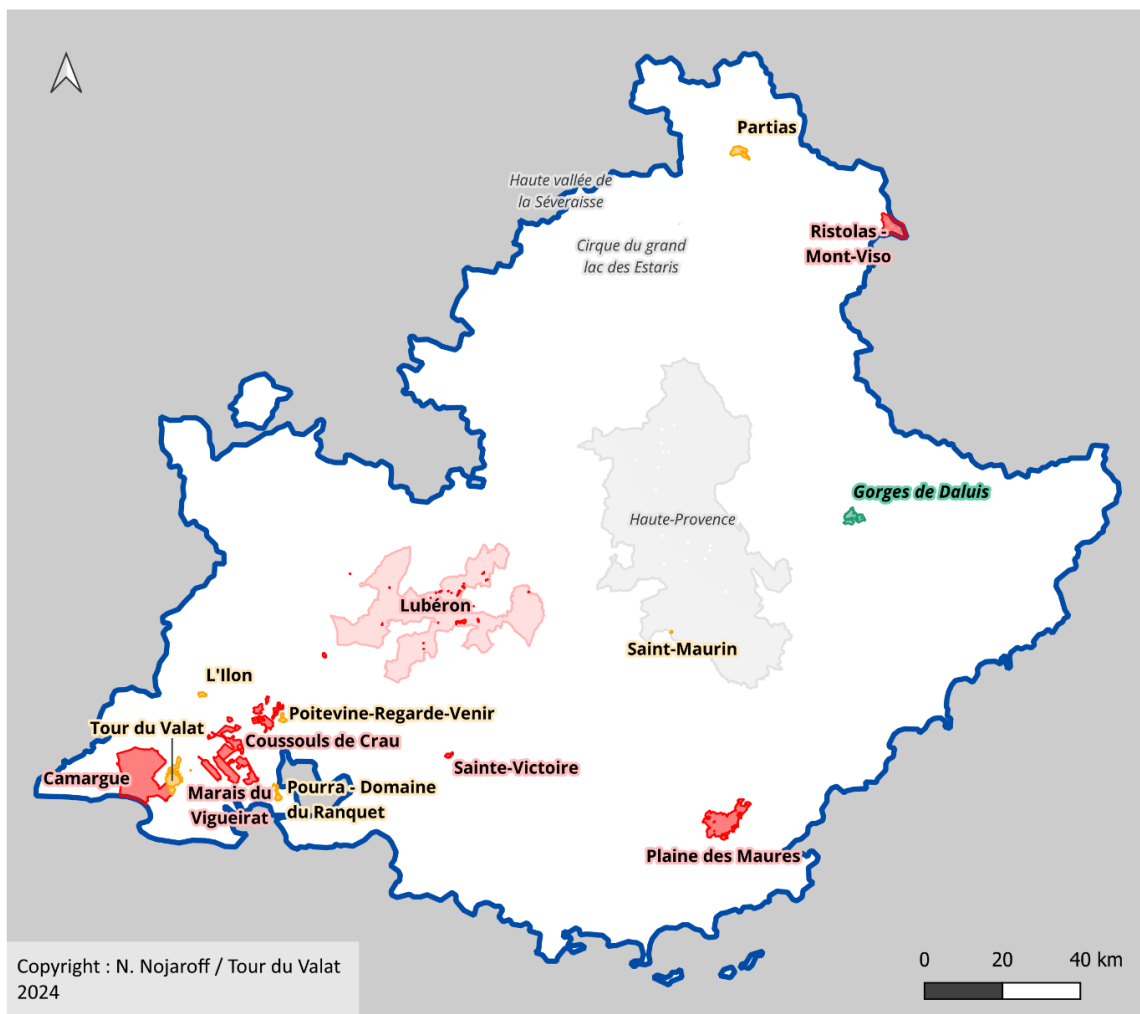
Le **projet d'adaptation de la gestion des réserves naturelles de Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) au changement climatique**, appelé **Natur'Adapt Sud**, est la déclinaison en région PACA de la démarche développée dans le cadre du LIFE sur 13 réserves volontaires (cf. Figure 1). Il répond à une volonté 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 Provence-Alpes-Côte d'Azur (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 (2024-2025) 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.

Sites participant au projet d'adaptation de la gestion des réserves naturelles de PACA au changement climatique



Légende

- Réserves naturelles régionales participantes
- Réserve naturelle régionale partenaire du projet
- Réserves naturelles nationales participantes
- Autres réserves naturelles nationales



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

3. Philosophie de la démarche Natur'Adapt

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

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

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

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

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

II. Présentation du site

La Réserve naturelle nationale (RNN) des Coussouls de Crau, créée en 2001, est située aux portes d'Arles, entre les Alpilles et la Méditerranée. Elle s'étend sur sept communes de l'ouest des Bouches-du-Rhône et couvre **7 500 ha de la plaine de Crau, une vaste steppe semi-aride caractérisée par une pelouse sèche très caillouteuse**, appelée « coussoul ».

Soumise à l'aridité du climat méditerranéen, au mistral et à un sol très peu profond, cette steppe dépourvue d'arbres constitue un **milieu très contraignant, mais exceptionnellement riche** : on peut trouver jusqu'à 70 espèces végétales sur un seul mètre carré.

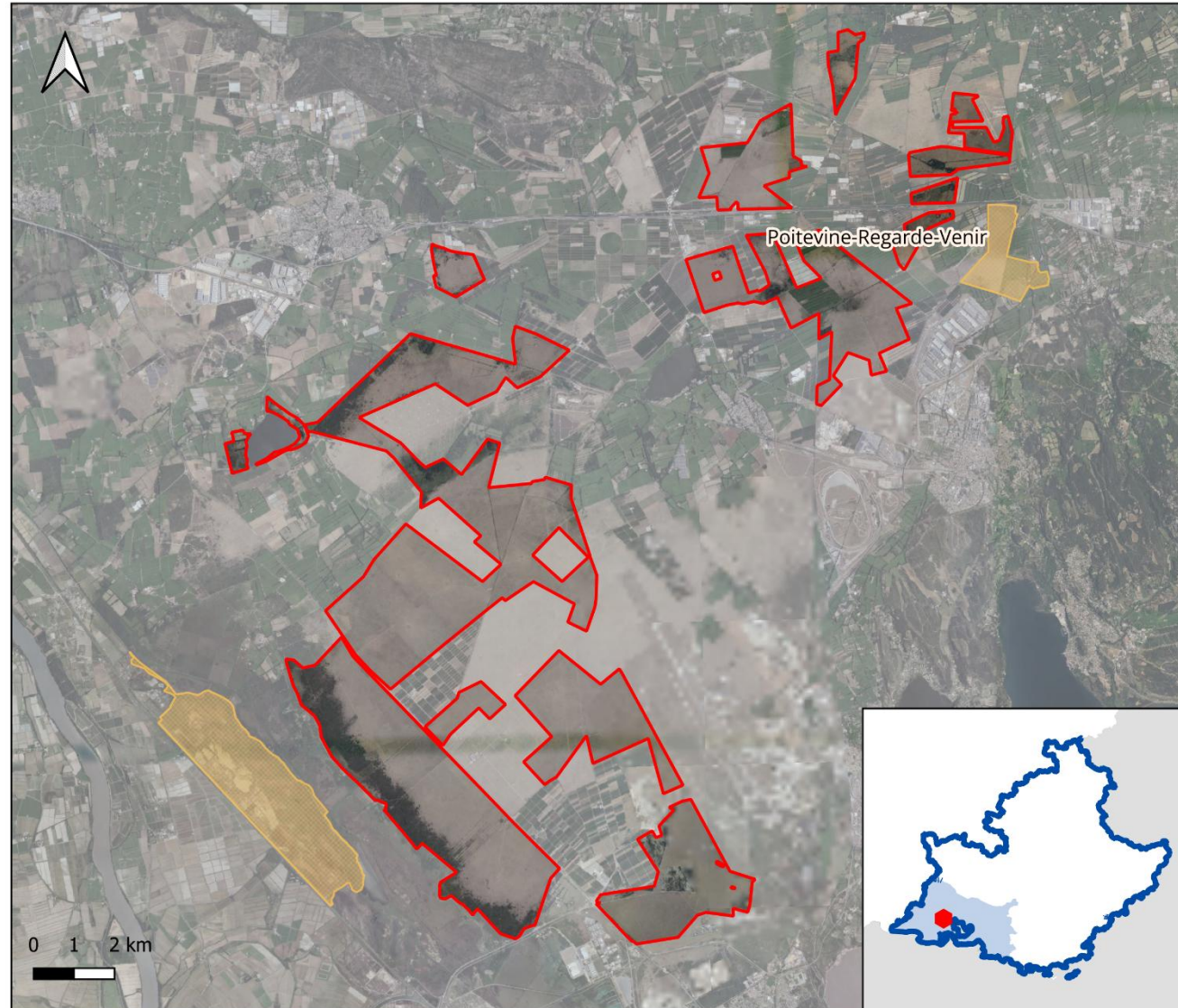
Depuis la fin du Néolithique, la végétation du coussoul a été façonnée par le pâturage ovin. Ce **pastoralisme extensif reste encore aujourd'hui le principal facteur structurant de cet écosystème**. Il en résulte une subtile hétérogénéité de végétation, modulée par l'intensité du pâturage, qui influence notamment la répartition de l'avifaune steppique. En effet, le coussoul accueille une **communauté d'oiseaux steppiques remarquable**, dont les seules populations françaises de deux espèces : le Ganga cata et l'Alouette calandre. **Deux insectes endémiques** vivent également dans la réserve, dont le rarissime Criquet de Crau, en danger critique d'extinction.

Cependant, cette steppe unique en France est fortement menacée par **diverses pressions : l'industrialisation, l'urbanisation et le développement d'une agriculture intensive** qui contribuent à la réduction des surfaces pastorales. Face à ce constat alarmant, les acteurs du monde agricole et de l'environnement ont décidé d'agir ensemble pour la préservation de ce territoire, en mettant en place une **gestion partagée entre le CEN PACA et la Chambre d'Agriculture des Bouches-du-Rhône**.

► *Échelle de l'étude*

L'analyse de vulnérabilité est réalisée au niveau du périmètre de la RNN des Coussouls de Crau. Cependant, une réserve naturelle fonctionne 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**, couvrant **l'ensemble de la plaine de Crau**. Cette approche permet ainsi d'intégrer l'ensemble des éléments situés à l'intérieur ou en périphérie de la réserve naturelle, qui influencent directement ou indirectement l'aire protégée.

Réserve naturelle nationale des Coussouls de Crau



Réserve Naturelle
COUSSOULS DE CRAU

CHAMBRE
D'AGRICULTURE
BOUCHES-DU-RHÔNE

Conservatoire
d'espaces naturels
Provence-Alpes-Côte d'Azur

Légende

- Réserve naturelle nationale des Coussouls de Crau
- Réserve naturelle voisine
- Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur
- Bouches-du-Rhône

Projection : RGF93 - Lambert 93

Fond de carte : Bing

Copyright : O. Abis / CEN PACA

Novembre 2025

NATUR
ADAPT SUD

Figure 2 : Localisation de la réserve naturelle nationale des Coussouls de Crau

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 de la Réserve naturelle. Cette analyse permet d'identifier de grandes tendances d'évolution pour un ensemble d'indicateurs du climat déterminants pour la réserve naturelle.

2 questions pour comprendre le changement climatique

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

La météo concerne les prévisions à court terme des conditions atmosphériques. Le **climat est la moyenne des conditions météorologiques, les extrêmes et les tendances sur le long terme**.

Les normales climatiques, calculées sur 30 ans, servent de référence pour analyser l'évolution du climat.

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

Bien que le climat ait toujours varié, le réchauffement observé depuis 1900 est essentiellement d'origine anthropique, en lien avec les modifications d'usage des sols (déforestation, bétonisation...) et les importantes émissions de gaz à effet de serre (GES) produites par les activités humaines. Le CO₂ est particulièrement préoccupant en raison de sa longévité dans l'atmosphère, jusqu'à des centaines d'années. Par conséquent, même si nous réduisons les 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).

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

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

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

SPÉCIFICITÉS DE LA RÉGION



ÉTÉ

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



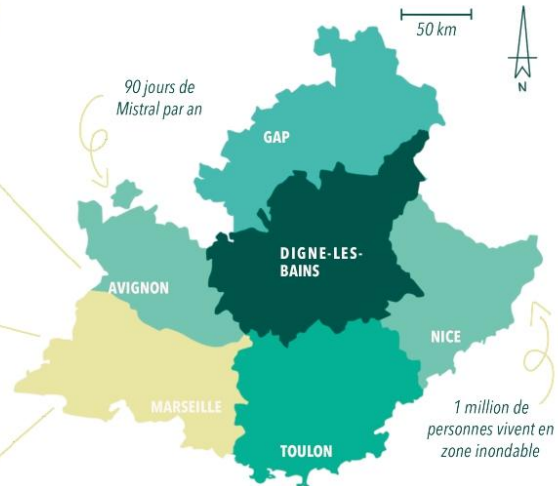
HIVER

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

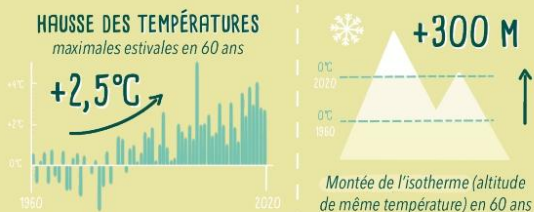


AUTOMNE & PRINTEMPS

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 : 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 RNN des Coussouls de Crau** 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**.

Les paramètres climatiques, telles que les températures et les précipitations, exerçant une influence directe sur la Crau ont évidemment été pris en compte. Le réseau de surface, composé principalement de canaux d'irrigation et de drainage, alimentés par la Durance, joue un rôle clé dans la recharge de la nappe de Crau. Par conséquent, l'évolution future du bassin versant de la Durance, en lien notamment avec les dynamiques climatiques et anthropiques, a également été intégrée à cette analyse.

Les 12 paramètres climatiques qui ont été retenus pour l'analyse climatique de la RNN des Coussouls de Crau sont les suivants :

- **Température atmosphérique** : moyenne, minimale, maximale, nombre de jours de forte chaleur, durée des vagues de chaleur, nombre de nuits tropicales
- **Précipitations** : cumul moyen, périodes de sécheresse
- **Autres paramètres** : évapotranspiration, vent, évolution dans le bassin versant de la Durance, nappe phréatique de Crau

Selon les paramètres, les données sont analysées sur un pas de temps annuel, mensuel et/ou saisonnier. Les saisons météorologiques retenues sont les suivantes : hiver (décembre, janvier et février), printemps (mars, avril et mai), été (juin, juillet et août), automne (septembre, octobre et novembre).

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DU CLIMAT RÉCENT

Les données utilisées dans le cadre de l'analyse du climat récent proviennent principalement **des services de Météo-France : Climat HD et Infoclimat**, au niveau des **stations de Marseille-Marignane et d'Istres**. Les périodes couvertes varient selon les paramètres climatiques, en fonction de la disponibilité des données : 1920-2024, 1947-2023 ou 1960-2023. Lorsqu'une autre source est utilisée, elle est indiquée à la suite de l'information concernée.

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DU CLIMAT FUTUR

Les données utilisées dans le cadre de l'analyse du climat futur proviennent principalement du **service climatique DRIAS de Météo-France**. Les projections climatiques y sont disponibles à l'échelle des mailles SAFRAN, correspondant à une surface de 64 km². Bien que le territoire de la réserve naturelle chevauche 10 mailles différentes, une seule, la maille DRIAS n°4241, a été retenue pour représenter le climat de la réserve. Cette maille, située de manière relativement centrale, a été choisie car une analyse comparative des données climatiques des différentes mailles n'a révélé aucune différence significative. Ainsi, l'utilisation d'une seule maille est jugée représentative de l'ensemble du périmètre. Lorsqu'une autre source est utilisée, elle est indiquée à la suite de l'information concernée.

► **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 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 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.

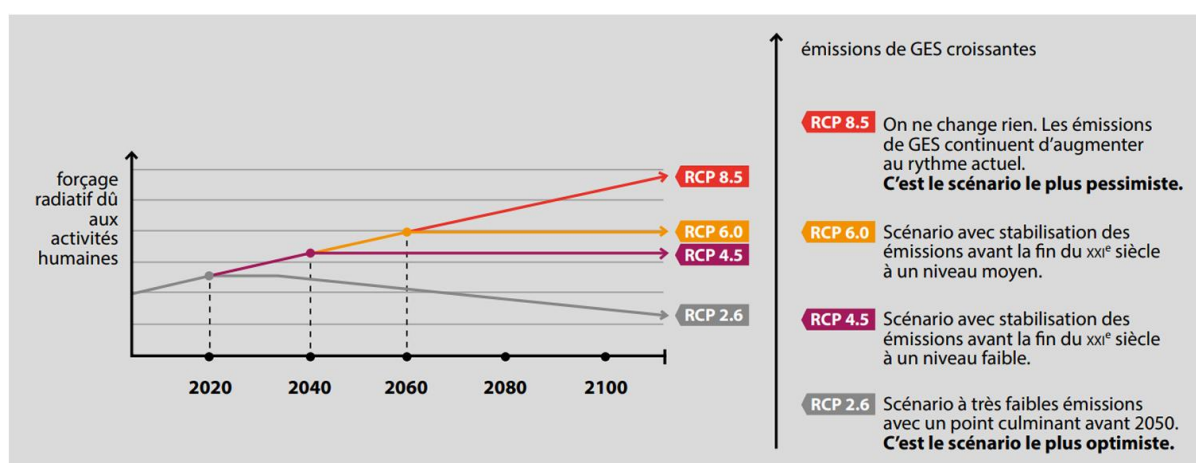


Figure 4 : Schéma des différents scénarios d'émission RCP (ONERC, 2015)

► 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.

► 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 sur le service climatique DRIAS (DRIAS 2020).

3. Analyse du climat du site

Les valeurs présentées dans les tableaux correspondent à la médiane des projections issues des modèles climatiques. Dans le texte, certaines valeurs issues de modèles présentant des variations plus importantes sont parfois mentionnées.

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**. À l'échelle mensuelle, cet indicateur correspond à la moyenne des températures moyennes journalières.

❖ **Evolution récente et projections futures**

Depuis 1960, la station météorologique de Marseille-Marignane enregistre une **augmentation de la température moyenne annuelle d'environ +0.3°C par décennie**. Depuis les années 1980, cette tendance s'est accélérée, avec des écarts de plus en plus marqués par rapport à la moyenne de référence (1961-1990). Ainsi, en 60 ans, la température moyenne annuelle a augmenté d'environ **+1.5°C** (Météo-France, 2025).

Quel que soit le scénario d'émissions ou le modèle climatique étudié, l'augmentation des températures moyennes devrait se poursuivre jusqu'à la fin du siècle. Selon la médiane des projections futures, une hausse annuelle de l'ordre de **+1.6°C** (scénario d'émissions modérées) à **+2.3°C** (scénario d'émissions non réduites) **est attendue d'ici 2050. D'ici 2100**, cette augmentation serait encore plus forte, avec une élévation comprise entre **+2°C et +4°C**, selon le scénario d'émissions considéré. Ce réchauffement serait **particulièrement marqué en été**, avec des températures moyennes estivales **pouvant atteindre +6°C d'ici la fin du siècle** selon certains modèles ; soit une moyenne de 30°C en été, contre 24°C actuellement.

Tableau 1 – Projections de l'évolution des températures moyennes annuelles sur la RNN des Coussouls de Crau
(source des données : DRIAS 2020 - médiane des modèles
RCP 4.5 : scénario d'émissions modérées / RCP 8.5 : scénario d'émissions non réduites)

		Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
			RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
ANNÉE	Ecart à la référence	-	+1.6°C	+2.3°C	+2°C	+4°C
	Température moyenne	14.4°C	16°C	16.7°C	16.4°C	18.4°C

► Température minimale quotidienne

La température minimale quotidienne correspond à **la température la plus basse enregistrée sur une période de 24 heures**. À l'échelle mensuelle, cet indicateur correspond à la moyenne des températures minimales quotidiennes.

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 et projections futures

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.

Cette tendance devrait également se poursuivre jusqu'à la fin du siècle. Les projections futures indiquent en effet **une hausse des températures minimales comparable à celle des températures moyennes** : de l'ordre de **+1.6°C à +2.3°C d'ici 2050** selon les scénarios, puis d'environ **+2.1°C à +4°C à l'horizon 2100**. Ce réchauffement concernerait toutes les saisons, avec un signal particulièrement marqué en été.

Il est également intéressant de noter qu'à l'horizon 2100, **les températures minimales futures pourraient correspondre aux températures moyennes actuelles**, ce qui témoigne de l'intensification du phénomène de réchauffement.

Tableau 2 : Projections de l'évolution des températures minimales annuelles sur la RNN des Coussouls de Crau
(source des données : DRIAS 2020 - médiane des modèles
RCP 4.5 : scénario d'émissions modérées / RCP 8.5 : scénario d'émissions non réduites)

		Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
			RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
ANNÉE	Ecart à la référence	-	+1.6°C	+2.3°C	+2,1°C	+4°C
	Température minimale	9,8°C	11.4°C	12.1°C	11.9°C	13.8°C

► **Température maximale quotidienne**

La température maximale quotidienne correspond à **la température la plus élevée enregistrée sur une période de 24 heures**. À l'échelle mensuelle, cet indicateur correspond à la moyenne des températures maximales quotidiennes.

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 et projections futures**

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.

Cette tendance devrait également se poursuivre jusqu'à la fin du siècle. Cette tendance devrait également se poursuivre jusqu'à la fin du siècle. Les projections futures indiquent en effet **une hausse des températures maximales comparable à celle des températures moyennes et minimales** : de l'ordre de **+1.6°C à +2.3°C d'ici 2050** selon les scénarios, puis d'environ **+2.1°C à +4°C à l'horizon 2100**. Ce réchauffement concernerait toutes les saisons, avec un signal particulièrement marqué en été.

Il est également intéressant de noter qu'à l'horizon 2100, **les températures moyennes futures pourraient atteindre les températures maximales actuelles**, ce qui témoigne de l'intensification du phénomène de réchauffement.

Tableau 3 : Projections des températures maximales annuelles sur la RNN des Coussouls de Crau
(source des données : DRIAS 2020 - médiane des modèles
RCP 4.5 : scénario d'émissions modérées / RCP 8.5 : scénario d'émissions non réduites)

		Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
			RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
ANNÉE	Ecart à la référence	-	+1.6°C	+2.3°C	+2.1°C	+4°C
	Température maximale	19.2°C	20.8°C	21.5°C	21.3°C	23.2°C

► **Nombre de journées estivales et de forte chaleur**

La température maximale journalière correspond à la température la plus élevée enregistrée sur une période de 24 heures.

On considère **qu'une journée est estivale quand la température maximale quotidienne est supérieure à 25°C**. **Le nombre de journées de forte chaleur correspond au nombre de jours lors desquels la température maximale enregistrée sur une journée (nuit exclue) est supérieure à 35°C**.

❖ **Evolution récente et projections futures**

Depuis 1960, la station météorologique d'Istres a enregistré une **tendance générale à l'augmentation du nombre de journées estivales, pour lesquelles la température maximale dépasse 25°C**. Jusqu'aux années 2000, ce nombre ne dépassait pas 120 jours par an. Cependant, au cours des dernières décennies, plusieurs années ont atteint 130 à 140 journées chaudes. Les années les plus récentes, 2022 et 2023, ont même vu ce nombre grimper à 145-150 jours (Météo-France, 2025).

En revanche, sur la période 1976-2005, les journées de forte chaleur, pour lesquelles la température maximale dépasse 35°C, étaient relativement rares et limitées à la saison estivale. Selon les projections futures, ces journées devraient devenir plus fréquentes en été, et pourraient également survenir au printemps et en début d'automne. D'ici **2050**, la médiane des modèles climatiques estime que le nombre de journées de forte chaleur pourrait augmenter de **8 à 12 jours entre mai et septembre**, selon le scénario d'émissions considéré. **A l'horizon 2100, si les émissions ne sont pas réduites**, cette augmentation pourrait atteindre **jusqu'à 31 jours par an, voire jusqu'à 48 jours** selon les modèles les plus chauds.

Tableau 4 : Projections du nombre de journées de forte chaleur ($T^{\circ}\text{C max} > 35^{\circ}\text{C}$) sur la RNN des Coussouls de Crau (source des données : DRIAS 2020 - médiane des modèles RCP 4.5 : scénario d'émissions modérées / RCP 8.5 : scénario d'émissions non réduites)

		Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
			RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
ANNÉE	Ecart à la référence	-	+8 jours	+12 jours	+7 jours	+29 jours
	Nombre de journées de forte chaleur	2 jours uniquement en été	10 jours	14 jours	9 jours	31 jours
			de mai à septembre			

► Nombre de jours d'une vague de chaleur

Pour chaque date du calendrier, une température de référence est calculée au regard de la moyenne des températures enregistrées (ou modélisées) sur la période de référence pour ladite journée. Autrement dit, on peut considérer qu'il s'agit de la température « attendue » à cette date.

Selon DRIAS, **une vague de chaleur est une période de, plus de 5 jours consécutifs lors desquels la température est supérieure de 5°C à la température maximale de référence pour ces mêmes dates.**

Le nombre de jours d'une vague de chaleur fait état du nombre de jours, dans une séquence de plus de 5 jours consécutifs, où la température maximale est supérieure de 5°C à la température maximale de référence. Il s'agit donc d'un indicateur de durée et non pas d'un indicateur de fréquence des vagues de chaleur ou de leur intensité.

❖ Evolution récente et projections futures

Depuis 1947, en Provence-Alpes-Côte-d'Azur, les vagues de chaleur se sont multipliées et allongées au cours des dernières décennies (Météo-France, 2025).

Selon les projections futures, ces phénomènes extrêmes devraient devenir **encore plus fréquents, notamment en été et en début d'automne**. Les vagues de chaleur, qui ne dépassaient pas 5 jours consécutifs sur la période 1976-2005, devraient voir **leur durée augmenter**. Cette tendance serait particulièrement marquée d'ici la fin du siècle, notamment en été. Dans le scénario d'émissions non réduites, la médiane des modèles climatiques indique que la durée **des vagues de chaleur estivales pourrait atteindre 30 jours consécutifs**. Certains modèles estiment même que cette durée pourrait atteindre jusqu'à 42 jours.

Tableau 5 : Projections de la durée moyenne d'une vague de chaleur sur la RNN des Coussouls de Crau

(source des données : DRIAS 2020 - médiane des modèles

RCP 4.5 : scénario d'émissions modérées / RCP 8.5 : scénario d'émissions non réduites

Hiver : D, J, F / Printemps : M, A, M / Été : J, J, A / Automne : S, O, N)

		Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
			RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
HIVER	Ecart à la référence	-	+2 jours	+4 jours	+3 jours	+14 jours
	Durée vague de chaleur	5 jours	7 jours	9 jours	8 jours	19 jours
PRINTEMPS	Ecart à la référence	-	+2 jours	+4 jours	+3 jours	+13 jours
	Durée vague de chaleur	5 jours	7 jours	9 jours	8 jours	18 jours
ÉTÉ	Ecart à la référence	-	+4 jours	+8 jours	+6 jours	+25 jours
	Durée vague de chaleur	5 jours	9 jours	13 jours	11 jours	30 jours
AUTOMNE	Ecart à la référence	-	+3 jours	+7 jours	+7 jours	+20 jours
	Durée vague de chaleur	5 jours	8 jours	12 jours	12 jours	25 jours

► Nuits tropicales

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

❖ Evolution récente et projections futures

Depuis 1920, la station météo de Marseille-Marignane, semble enregistrer une **augmentation du nombre de nuits tropicales entre mai et septembre** (Infoclimat, 2025).

Selon les projections futures, quel que soit le scénario étudié, cette tendance devrait se poursuivre jusqu'à la fin du siècle. D'ici 2050, la médiane des modèles estime que le nombre de nuits tropicales, sur la période de mai à septembre, **pourrait tripler et atteindre entre 45 et 66 jours**. A l'horizon 2100, selon le scénario d'émissions non réduites, ce nombre pourrait augmenter **jusqu'à 82 jours, voire 104 jours selon les modèles climatiques les plus chauds**. Autrement dit, les **températures estivales pourraient rester durablement élevées, y compris la nuit**, avec des minimales ne descendant plus en dessous de 20°C pendant une grande partie de l'été. Quelques nuits tropicales sont également attendues au printemps et en automne.

Tableau 6 : Projections du nombre de nuits tropicales ($T^{\circ}\text{C min} > 20^{\circ}\text{C}$) sur la RNN des Coussouls de Crau
(source des données : DRIAS 2020 - médiane des modèles
RCP 4.5 : scénario d'émissions modérées / RCP 8.5 : scénario d'émissions non réduites)

		Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
			RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
ANNÉE	Ecart à la référence	-	+27 jours	+48 jours	+32 jours	+64 jours
	Nombre de nuits tropicales	18 jours uniquement en été	45 jours	66 jours	50 jours	82 jours

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 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 et projections futures

Depuis 1960, le **cumul annuel de précipitations**, enregistré à la station météorologique de Marseille-Marignane, ne présente **pas de tendance marquée**. Les précipitations sont caractérisées par une grande variabilité, tant intra- qu'interannuelle. Le cumul de précipitations au printemps, en été et en hiver, semble légèrement en baisse, tandis que le cumul automnal semble légèrement augmenter (Météo-France, 2025). Cette hausse pourrait notamment être liée à l'intensification des épisodes méditerranéens, qui surviennent principalement en automne.

Concernant les projections futures, il reste difficile d'identifier des tendances nettes concernant l'évolution des précipitations, notamment en raison de divergences entre les résultats des différents modèles climatiques.

Néanmoins, malgré ces incertitudes, la médiane des modèles climatiques fait ressortir quelques tendances. Le **cumul annuel de précipitations devrait globalement peu évoluer**¹, bien que de légères évolutions dans la répartition saisonnière semblent se dessiner. En effet, quel que soit le scénario d'émissions retenu et l'horizon temporel considéré (2050 ou 2100), **une diminution du cumul de précipitations pourrait se produire au printemps et en été, tandis que le cumul hivernal aurait tendance à augmenter**. En ce qui concerne l'automne, aucune tendance marquée ne se dégage, cette saison semble donc rester la plus

¹ D'après les projections des modèles utilisés dans cette analyse. Toutefois, d'autres modèles et scénarios projettent des diminutions du cumul annuel de précipitations.

pluvieuse de l'année. La stabilité du cumul automnal, associée à l'augmentation hivernale, pourrait s'expliquer par une **intensification des épisodes méditerranéens en fin d'automne et début d'hiver**. Le léger décalage de ces événements pourrait notamment s'expliquer par l'augmentation des températures atmosphériques et de la température de la mer Méditerranée (CREPET, 2021).

Tableau 7 : Projections des cumuls annuel et saisonniers de précipitations sur la RNN des Coussouls de Crau

(source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles

RCP 4.5 : scénario d'émissions modérées / RCP 8.5 : scénario d'émissions non réduites

Hiver : D, J, F / Printemps : M, A, M / Été : J, J, A / Automne : S, O, N)

		Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
			RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
ANNÉE	Ecart à la référence	-	-21 mm (-3.5%)	-5 mm (-0.8%)	+41 mm (+7 %)	-42 mm (-7%)
	Cumul	579 mm	558 mm	574 mm	620 mm	537 mm
HIVER	Ecart à la référence	-	+19 mm (+15%)	+13 mm (+10%)	+36 mm (+28%)	+13 mm (+10%)
	Cumul	129 mm	148 mm	142 mm	165 mm	142 mm
PRINTEMPS	Ecart à la référence	-	-18 mm (-13%)	-17 mm (-12%)	-4 mm (-3%)	-21 mm (-15%)
	Cumul	141 mm	123 mm	124 mm	137 mm	120 mm
ÉTÉ	Ecart à la référence	-	-16 mm (-21%)	-12 mm (-16%)	-18 mm (-23%)	-22 mm (-29%)
	Cumul	77 mm	61 mm	65 mm	59 mm	55 mm
AUTOMNE	Ecart à la référence	-	-7 mm (- 3%)	-1.5 mm (-0.5%)	+24 mm (+10%)	-12 mm (-5%)
	Cumul	233 mm	226 mm	231.5 mm	257 mm	219 mm

► Périodes de sécheresse

L'indicateur période de sécheresse recense **le nombre maximum de jours consécutifs, sur une période donnée (mois, saison, année) pour lesquels les précipitations quotidiennes sont inférieures à 1mm.**

❖ Evolution récente et projections futures

Sur la période 1976-2005, la plus longue période de sécheresse de l'année durerait, en moyenne, 41 jours. Les modélisations saisonnières nous montrent que les périodes de sécheresses sont en moyenne plus longues en été.

Selon les projections futures, quel que soit le scénario étudié, un **allongement de quelques jours** des périodes de sécheresse est attendu au printemps, en été et en automne d'ici la fin du siècle. En effet, si les émissions ne sont pas réduites, la médiane des modèles estime que les périodes de sécheresses estivales pourraient atteindre **jusqu'à 44 jours, voire 54 jours** selon certains modèles. A l'inverse, une diminution de quelques jours est attendue en hiver.

Tableau 8 : Projections de la durée maximale des périodes de sécheresse saisonnières sur la RNN des Coussouls de Crau (source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles
RCP 4.5 : scénario d'émissions modérées / RCP 8.5 : scénario d'émissions non réduites
Hiver : D, J, F / Printemps : M, A, M / Été : J, J, A / Automne : S, O, N)

		Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
			RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
HIVER	Ecart à la référence	-	-1 jour	-2 jours	-2 jours	-2 jours
	Jours	24 jours	23 jours	22 jours	22 jours	22 jours
PRINTEMPS	Ecart à la référence	-	+1 jour	+1 jour	+1 jour	+3 jours
	Jours	21 jours	22 jours	22 jours	22 jours	24 jours
ÉTÉ	Ecart à la référence	-	+3 jours	+1 jour	+5 jours	+11 jours
	Jours	33 jours	36 jours	34 jours	35 jours	44 jours
AUTOMNE	Ecart à la référence	-	+0 jour	+0 jour	+1 jour	+2 jours
	Jours	19 jours	19 jours	19 jours	20 jours	21 jours

AUTRES PARAMÈTRES CLIMATIQUES

D'autres paramètres climatiques intéressants pour l'évolution du climat de la réserve naturelle sont également analysés dans ce document.

► **Évapotranspiration potentielle**

L'évapotranspiration potentielle peut se définir comme **la somme de la transpiration du couvert végétal et de l'évaporation théorique du sol**.

Cet indicateur est un cumul de l'évapotranspiration potentielle sur une période donnée.

Cependant, l'évapotranspiration potentielle est calculée pour une végétation basse (type gazon), elle ne prend pas en compte la variabilité liée au type de sol et de la végétation (FAO, 1998). De plus, du fait qu'elle soit en condition non-limitante, elle a souvent une valeur supérieure à l'évapotranspiration réelle.

❖ **Evolution récente et projections futures**

Bien que l'évapotranspiration potentielle fluctue selon les saisons, les projections climatiques futures suggèrent que **le cumul de l'évapotranspiration potentielle pourrait augmenter tout au long de l'année**. D'ici la fin du siècle, la médiane des modèles estime que la hausse annuelle pourrait varier de +7.5 à +18%, selon le scénario d'émissions considéré. Cette augmentation est visible toute l'année, elle est néanmoins un peu moins marquée au printemps.

Tableau 9 : Projections du cumul annuel de l'évapotranspiration potentielle sur la RNN des Coussouls de Crau
(source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles
RCP 4.5 : scénario d'émissions modérées / RCP 8.5 : scénario d'émissions non réduites)

	Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)		
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	
ANNÉE	Ecart à la référence	-	+83 mm (+8%)	+105 mm (+10%)	+80 mm (+7.5%)	+190 mm (+18%)
	Cumul de l'évapotranspiration	1073 mm	1156 mm	1178 mm	1153 mm	1263 mm

► Vent

Plusieurs indicateurs se rapportent à l'analyse du vent : vitesse journalière, nombre de jours sans vent, nombre de jours de vents fort.... Il est cependant établi (GREC-SUD, 2016), que les tendances sur le vent sont difficiles à apprécier. Aussi, le choix a été fait dans la présente étude de ne pas utiliser de modélisations d'indicateur du vent mais de traiter cet élément en posant des hypothèses de travail.

❖ Evolution récente et projections futures

Depuis 1997, à la station du Grand Carton, les épisodes très venteux (vent supérieur à 30 km/h) se répartissent essentiellement sur l'hiver et le printemps (novembre à avril). Le vent dominant est le mistral (95 jours NW/NNW en 2006, dont 41 jours à plus de 20 km/h). C'est un vent froid et sec qui dévale la vallée du Rhône. Du fait de l'absence d'arbres, le mistral est fortement ressenti en Crau sèche. Il a un fort pouvoir évaporant, et il n'est pas rare qu'il assèche en quelques jours les herbes fraîchement poussées au printemps. Le mistral joue donc un rôle primordial dans le climat de la Crau, car il accentue fortement l'aridité du milieu pour les plantes et les animaux.

Bien qu'il soit difficile d'apprécier des tendances sur le vent, une analyse de la fréquence des vents forts a permis de mettre en évidence qu'entre 1974 et 2014, leur évolution (notamment celle du mistral) n'est pas significative. À ce jour, aucune étude prospective ne permet d'anticiper une évolution future de ce paramètre climatique.

► Climat futur sur le territoire Durancien

❖ Projections climatiques futures

Au sein du **bassin versant de la Durance, d'importantes modifications du cycle de l'eau sont attendues en lien avec les changements climatiques** : diminution de l'enneigement, augmentation des besoins en eau des plantes, diminution des précipitations estivales et des débits se traduisant par une augmentation de la sécheresse des sols et des étages estivaux (des baisses du débit estival de -30% d'ici 2050 à -60% d'ici 2080) (SMAVD, 2024).

Actuellement, la ressource en eau produite chaque année par le bassin versant durancien varie entre 3 et 6 milliards de m³. Les projections climatiques indiquent une **diminution globale de cette ressource, estimée à -10% dans un scénario de réchauffement modéré et jusqu'à -30% dans le scénario le plus « pessimiste »** ; soit une perte de l'ordre de 0.4 milliards à 1.2 milliards de m³ par an.

L'agriculture irriguée de basse Durance serait particulièrement impactée, avec une **augmentation de la fréquence et de la durée des restrictions d'usage**. En effet, l'activation du protocole de gestion de crise de

la Commission Exécutive de la Durance (CED), aujourd'hui mobilisé environ une année sur dix pendant un mois, pourrait concerner jusqu'à six années sur dix, avec des restrictions pouvant durer jusqu'à six mois.

Par ailleurs, la **consommation moyenne de la réserve agricole de Serre-Ponçon augmenterait**, jusqu'à atteindre 260 millions de m³/an, contre 100 millions de m³/an actuellement. Le protocole de gestion de crise de la CED ne serait donc plus suffisant pour en limiter la consommation. Les projections futures permettent également de mettre en évidence **l'apparition d'années sèches successives qui amèneraient des difficultés à renouveler l'intégralité des stocks dans les grandes retenues**.

A territoire figé, autrement dit, en supposant que les besoins en eau et les règles de gestion restent identiques à ceux d'aujourd'hui, le climat futur engendrerait **des tensions croissantes sur le partage de la ressource**, aussi bien dans les territoires dépendants de ressources locales que dans ceux alimentés par les infrastructures hydrauliques du système Durance-Verdon. Or, il est probable que les besoins en eau évoluent également à la hausse, sous l'effet du changement climatique (pression accrue sur l'eau potable, augmentation des besoins en irrigation...) et des dynamiques démographiques (SMAVD, 2024).

► **Nappe phréatique de Crau**

La nappe phréatique de Crau présente un fonctionnement hydrologique particulier, reposant à 30% sur la recharge naturelle par les précipitations et à 70 % sur une recharge artificielle, liée à l'irrigation gravitaire des prairies de Foin de Crau. Cette culture utilise l'eau acheminée depuis la Durance via un réseau de canaux. Ce système engendre une dynamique saisonnière inversée par rapport à d'autres nappes : une période de hautes eaux en été, correspondant à la saison d'irrigation, et une période de basses eaux en hiver.

A l'horizon 2050, selon le scénario médian du GIEC, une **diminution de 20% des précipitations est attendue**, accompagnée d'une augmentation de l'évapotranspiration, **réduisant l'efficacité de la recharge naturelle**. A ceci s'ajoute **une diminution de la ressource en eau provenant de la Durance et donc des volumes d'eau alloués pour l'irrigation**, redirigés vers d'autres usages prioritaires. Cette situation pourrait être accentuée par la réduction progressive des surfaces de prairies irriguées, en lien avec l'évolution des pratiques agricoles et les choix d'aménagement du territoire (SYMCRAU, 2024).

La **qualité de la nappe est aujourd'hui relativement bonne**, puisqu'elle bénéficie d'un effet de dilution des éventuels polluants permis par l'importante recharge par irrigation gravitaire des prairies de foin de Crau, dont l'exploitation utilise très peu d'intrants. Toutefois, cet aquifère peu profond et non protégé par une couche imperméable demeure très vulnérable. Des analyses menées depuis plusieurs décennies révèlent une **augmentation progressive de la minéralisation, témoignant d'une lente dégradation**, ainsi qu'une présence croissante de phytosanitaires, d'hydrocarbures et de micropolluants minéraux. La **baisse des apports en eau et la transformation des modes de culture pourraient accélérer cette détérioration** (SYMCRAU, 2024).

Enfin, la proximité de la mer rend la nappe **particulièrement sensible à l'intrusion saline, notamment en basse Crau**. Si aucune tendance nette à la progression du biseau salé n'a encore été constatée, des intrusions ponctuelles ont déjà été observées. L'équilibre reste donc fragile, et pourrait être rompu par une baisse durable des niveaux d'eau dans les canaux, une diminution de la recharge douce, une modification de la gestion hydraulique du barrage anti-sel de Fos-sur-Mer, ou encore par l'élévation du niveau marin (Villesseche, 2019).

4. Synthèse des projections climatiques

Les projections climatiques futures convergent vers une poursuite du réchauffement global jusqu'à la fin du siècle, avec une intensité variable selon le scénario d'émissions considéré. Si les émissions ne sont pas réduites, une hausse des températures de l'ordre de **+2°C est attendue d'ici 2050**, pouvant atteindre **+4°C d'ici 2100**. Les hivers seront donc plus doux, avec une forte diminution du nombre de jours de gel, tandis que les **étés connaîtront un réchauffement particulièrement prononcé**, avec des températures moyennes estivales pouvant dépasser de plus de 6°C les moyennes actuelles.

Certains phénomènes, comme les journées de forte chaleur² et les nuits tropicales³, jusqu'ici cantonnées principalement à l'été (juin à août), pourraient s'étendre au printemps et en début d'automne, traduisant un **allongement de la saison estivale**. Les épisodes de forte chaleur, marqués par des températures **maximales très élevées et des minimales ne descendant plus sous les 20°C la nuit**, pourraient ainsi devenir de plus en plus fréquents, voire s'apparenter à la norme en fin de siècle.

Concernant les **précipitations, les projections demeurent plus incertaines** en raison des divergences entre modèles climatiques, ce qui rend difficile l'identification de tendances nettes. Néanmoins, certaines tendances semblent quand même se dessiner : le cumul annuel devrait peu évoluer, la **saison estivale devrait rester très sèche**, tandis que les **hivers pourraient devenir plus humides**, en lien avec une intensification et un décalage vers la fin de l'automne et le début de l'hiver **des épisodes méditerranéens**⁴. L'automne resterait quant à lui la saison la plus pluvieuse. Toutefois, en raison des fortes températures, des périodes de sécheresse prolongées et d'une évapotranspiration accrue, ces précipitations pourraient ne pas être suffisamment efficaces pour compenser le déficit hydrique.

Ce déséquilibre accentuerait le stress hydrique de la végétation, **augmentant sa sensibilité au feu de végétation**. Bien qu'aucune tendance nette ne soit identifiée concernant l'évolution du vent, déjà bien présent dans le climat méditerranéen, ce facteur pourrait renforcer la sécheresse ressentie et contribuer à aggraver le risque incendie.

Ainsi, l'ensemble de ces évolutions projette un climat dont les **caractéristiques méditerranéennes s'accroissent : étés longs, chauds et secs, hivers plus doux et parfois plus humides et accentuation des extrêmes**. À l'horizon 2100, le territoire pourrait ainsi se rapprocher des conditions climatiques actuelles du **sud du bassin méditerranéen**.

² Journées pour lesquelles la température maximale est supérieure à 35°C.

³ Journées pour lesquelles la température ne descend pas en dessous de 20°C, y compris la nuit.

⁴ Episodes de très fortes précipitations sur une durée courte.

Tableau 10 : Synthèse climatique de la RNN des Coussouls de Crau

	Tendances générales	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
	<p>↗ des températures moyennes, minimales et maximales. Hausse plus importante en été. Délimitation entre saisons moins nette et allongement de la période estivale.</p>	14,4°C (annuel)	Annuelle : +1,6° C Jusqu'à +2°C en été	Annuelle : +2,3°C Jusqu'à +3°C en été	Annuelle : +2°C Jusqu'à +3°C en été	Annuelle : +4°C Jusqu'à +5,5°C en été
	Mêmes tendances pour les moyennes, les minimales et les maximales					
	↗ du nombre de journées de fortes chaleur* principalement en été.	2 jours en été	+8 jours	+12 jours	+7 jours	+29 jours
	↗ de la durée des vagues de chaleur** et augmentation de la fréquence des événements, notamment en été et début d'automne.	5 jours consécutifs	Jusqu'à +4 jours en été	Jusqu'à +8 jours en été	Jusqu'à +6 jours en été	Jusqu'à +25 jours en été
↗ du nombre de nuits tropicales*** du printemps à l'automne. Les températures minimales resteraient au dessus de 20°C tout l'été.	10 jours en été	+17 jours	+25 jours	+21 jours	+52 jours	
	<p>Peu d'évolution du cumul annuel mais : ↗ du cumul de précipitations en hiver. ↘ du cumul de précipitations au printemps et en été. Intensification des épisodes méditerranéens.</p>	580 mm (annuel)	-5% (-20 mm)	-1% (-5 mm)	+7% (+40 mm)	-7% (-40 mm)
	Fortes incertitudes concernant les précipitations					
↗ de la durée des périodes de sécheresse du printemps à l'automne.	Entre 19 et 33 jours consécutifs selon les saisons	Jusqu'à +3 jours en été	Jusqu'à +1 jour en été	Jusqu'à +5 jours en été	Jusqu'à +11 jours en été	
↗ du cumul d'évapotranspiration , notamment en été et début d'automne.	Annuel : 1073 mm	+7% (+75 mm)	+9% (+100 mm)	+8% (+90 mm)	+18% (+190 mm)	

*Température maximale > 35°C

**Nombre de jours au cours desquels la température maximale dépasse d'au moins 5°C la température maximale de référence

***Température minimale > 20°C

IV. Analyse de vulnérabilité

1. Sélection des objets d'analyse

L'ensemble des éléments composant la RNN des Coussouls de Crau 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 catégories : 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 sur 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 différentes composantes pour déterminer leur évolution potentielle, en particulier sous l'effet du changement climatique. Ces composantes peuvent interagir entre elles et sont donc analysées de manière croisée. Les résultats permettront de nourrir le récit prospectif du site.

CRITÈRES DE SÉLECTION

Les objets d'analyse sélectionnés correspondent aux éléments les plus représentatifs et/ou structurants de chaque composante mais aussi à des éléments emblématiques 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.

► *Activités socio-économiques*

Les activités socio-économiques sélectionnées sont celles ayant lieu sur la RNN des Coussouls de Crau ou en périphérie et qui exercent une influence ou une pression directe sur le site et sa gestion.

► *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, ce qui occupe une grande partie du temps du gestionnaire (comme les suivis scientifiques), et ce qui est indispensable à la gestion du site.

OBJETS D'ANALYSE SÉLECTIONNÉS

Au total, 15 objets d'analyse ont été sélectionnés et sont présentés dans le Tableau 11.

Tableau 11. Objets d'analyse sélectionnés

Nom de l'objet	Description/Justification
Patrimoine naturel	
Coussouls (habitat)	La steppe de Crau, appelée localement « coussoul », couvre 85 % de la réserve naturelle. Ce milieu steppique, endémique, a été au centre de la délimitation du périmètre de protection, notamment parce qu'il constitue l'habitat principal des espèces animales emblématiques de la Crau.
Espèces inféodées au milieu steppique	La faune des coussouls constitue la plus grande richesse patrimoniale de la réserve naturelle. On y trouve des espèces qui, en France, sont observées principalement, voire exclusivement, en Crau, comme le Ganga cata et l'Alouette calandre, parmi les plus menacées du territoire.
Criquet de Crau	Espèce endémique de la plaine de Crau et en danger critique d'extinction, le Criquet de Crau est concerné par le projet LIFE SOS Criquet de Crau, qui vise à assurer sa sauvegarde.
Espèces à affinité de milieux ouverts	La faune des coussouls représente la plus grande richesse patrimoniale de la réserve naturelle. On y trouve notamment des espèces un peu plus ubiquistes, mais dont une proportion significative des effectifs nationaux se concentre en Crau, comme l'Outarde canepetière, le Faucon crécerellette ou encore l'Œdicnème criard. Le Lézard ocellé, espèce menacée, appartient également à cette catégorie.
Coustière	Bien que restreinte à une bande étroite entre les coussouls et les marais, la chênaie de coustière, forêt sclérophylle dominée par le chêne vert, constitue un milieu très riche du point de vue botanique. Elle offre également un habitat favorable à de nombreuses espèces.
Milieus humides	Bien qu'ils ne représentent qu'une faible superficie de la réserve naturelle, les milieux humides (canaux, mares temporaires, berges d'étang...) accueillent une biodiversité remarquable, en particulier grâce à la transition entre milieux secs et humides. Ils jouent également un rôle écologique essentiel.
Activités humaines	
Pâturage ovin	La végétation du coussoul a été façonnée par le pâturage ovin. Ce pastoralisme extensif reste encore aujourd'hui le principal facteur structurant de cet écosystème. Il en résulte une subtile hétérogénéité de végétation, modulée par l'intensité du pâturage, qui influence notamment la répartition de l'avifaune steppique.
Foin de Crau et gestion de l'eau	Le foin de Crau est une production traditionnelle issue de prairies irriguées par les eaux de la Durance, dans la plaine de Crau. Le vaste réseau d'irrigation présent dans la plaine est spécialement destiné à cette culture.

Fréquentation et loisirs	La réserve naturelle est accessible à la visite, mais demeure un espace peu fréquenté, hormis par quelques promeneurs et naturalistes. Un parcours de découverte est notamment en place.
Chasse	La chasse est autorisée dans certains secteurs de la réserve naturelle, selon les modalités définies dans un plan de gestion cynégétique spécifique.
Outils et moyens de gestion	
Surveillance, police et gestion des autorisations	Les gardes de la réserve naturelle assurent tout au long de l'année des missions de surveillance et de police afin de veiller au respect de la réglementation, de rencontrer les usagers et de les sensibiliser aux enjeux de la réserve. Des travaux réalisés au sein de la réserve naturelle font l'objet de demandes d'autorisation, transmises au comité consultatif.
Connaissance et suivis scientifiques	Des suivis scientifiques protocolés sont menés pour améliorer la connaissance de certains taxons, suivre leur comportement et l'évolution de leurs populations. Une chargée de mission scientifique supervise la mise en place des protocoles et l'analyse des données.
Animation et sensibilisation	Au sein de la réserve et de l'écomusée de la Crau, des actions d'animation et de sensibilisation sont menées, notamment par une garde-animatrice, afin d'informer le public sur les enjeux de la réserve naturelle et de lui faire découvrir l'histoire et les particularités de la plaine de la Crau. Ces activités pédagogiques s'adressent à différents publics (grand public, scolaires, étudiants et naturalistes) à travers des visites guidées, ateliers et animations adaptées.
Maintien des milieux ouverts, gestion des invasives et libre évolution	Le maintien des milieux ouverts de la réserve naturelle est assuré principalement par le pâturage ovin, qui empêche la végétation de se densifier. Par ailleurs, des réflexions sont en cours pour mettre en place des actions visant à limiter le développement de l'olivier. Enfin, des interventions ponctuelles sont organisées pour contrôler les espèces exotiques envahissantes, comme la Jussie.
Accompagnement des éleveurs	Un accompagnement est réalisé afin de connaître les différentes pratiques de pâturage sur la réserve naturelle, tout en sensibilisant les éleveurs aux enjeux de conservation. L'absence de règles strictes en matière de pâturage permet de conserver une diversité de pratiques, et donc une hétérogénéité des milieux, favorable à la biodiversité.

2. Méthodologie d'analyse

ANALYSE DÉTAILLÉE DU PATRIMOINE NATUREL

► *Analyse par questionnaire*

La méthodologie Natur'Adapt propose d'évaluer la vulnérabilité des objets et pressions 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 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 pourraient évoluer ces paramètres dans le futur ? Cette évolution est-elle favorable ou défavorable à l'élément considéré ?*

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

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

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

→ *Quels sont les facteurs extérieurs pouvant limiter ou favoriser la vulnérabilité de l'élément, et quelles pourraient 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 changement climatique 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 pour chaque composante, et **croisées avec les connaissances de l'équipe gestionnaire et/ou d'experts de certaines thématiques**, tels que Thierry DUTOIT (CNRS) et Oscar HADJ-BACHIR (CEN PACA), sollicités dans le cadre de la démarche.

► Grille d'évaluation

Une fois les informations récoltées, leur croisement dans la matrice suivante (proposée dans le guide Natur'Adapt) permet de donner une idée du degré de vulnérabilité ou d'opportunité au changement climatique pour chaque objet du patrimoine naturel. Le choix de l'appréciation reste subjectif et est le reflet du point de vue du gestionnaire au moment de l'analyse.

Dans certains cas, le niveau de vulnérabilité ou d'opportunité n'a pas pu être déterminé et est alors indiqué comme « **incertain** ». Ce résultat traduit généralement de fortes incertitudes, notamment liées aux projections climatiques mais aussi des lacunes de connaissances concernant les effets directs et indirects du changement climatique sur l'objet concerné. Un résultat incertain ne doit pas être confondu avec un niveau « **neutre** », qui signifie que l'objet étudié devrait être peu affecté par le changement climatique.

Enfin, il convient de rappeler que l'évaluation présentée est propre au site considéré et ne peut pas être généralisée à des contextes différents.

Tableau 12 : Matrice d'évaluation de la vulnérabilité des objets du patrimoine naturel au changement climatique

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

ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACTIVITÉS SOCIO-ÉCONOMIQUES

L'analyse des activités socio-économiques ayant lieu dans et autour de la réserve naturelle a consisté à **envisager leurs évolutions potentielles, en particulier celles liées au changement climatique**. Ces réflexions visent notamment à analyser leur impact potentiel sur le patrimoine naturel et les outils et moyens de gestion.

Ces projections ont été établies à **dire d'experts et grâce à des recherches bibliographiques complémentaires**. Tous les acteurs du territoire n'ont pas pu être interrogés en raison de contraintes de temps ou de disponibilité. Néanmoins, plusieurs experts ont été consultés, notamment Coralie SILVESTRE, Pascal DUMOULIN et Guillaume BERNARD (SMAVD), Yann ARGOUARC'H (SYMCRU), Didier TRONC (Comité du foin de Crau), ainsi qu'Alice VACHE et Jean-Louis PLAZY (FDSH13), afin d'apporter des éléments relatifs à l'évolution de la ressource en eau et de sa gestion. La majorité des éleveurs dont les troupeaux pâturent en Crau ont également été consultés pour discuter de l'évolution de leurs pratiques dans un contexte de changement climatique.

ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES OUTILS ET MOYENS DE GESTION

Pour cette composante, l'analyse consiste à **anticiper les effets potentiels de l'évolution du climat et des activités humaines sur les outils et moyens de gestion de la réserve** naturelle. Ces réflexions visent notamment à analyser si la gestion actuelle est toujours adaptée dans un contexte de changement climatique.

Les projections ont été réalisées en grande partie à dire d'experts, à savoir **l'équipe gestionnaire** de la réserve naturelle.

3. Facteurs extérieurs

Les facteurs extérieurs regroupent les activités anthropiques situées en dehors du socio-écosystème de la réserve naturelle, ainsi que d'autres facteurs susceptibles d'influencer, directement ou indirectement, les objets analysés. Les facteurs extérieurs, ainsi que leurs éventuelles évolutions futures, qui sont pris en compte dans l'analyse sont décrits ci-dessous. Ces derniers correspondent aux éléments prépondérants identifiés lors de la réflexion mais la liste reste non exhaustive.

Il convient également de noter que les activités socio-économiques et les moyens de gestion identifiés dans la démarche peuvent eux-mêmes agir comme facteurs extérieurs, influençant le patrimoine naturel de la réserve et sa gestion.

► Industrie, urbanisation et infrastructures

Le territoire de Fos-sur-Mer, de l'étang de Berre et des zones connexes fait l'objet de **nombreux projets d'aménagement**, portés notamment par les objectifs de réindustrialisation, de décarbonation industrielle et par la croissance démographique de la métropole marseillaise. Cette dynamique vers un modèle industriel bas carbone s'accompagne d'une croissance spatiale soutenue des activités urbaines, industrielles et logistiques.

Même encadrée par les documents de planification urbaine, cette extension **accentue les pressions sur les espaces naturels périphériques, notamment la plaine de Crau**. Les effets de ce développement se traduisent par un mitage progressif des prairies de foin de Crau et des coussouls, affectant directement le fonctionnement écologique de la RNN des Coussouls de Crau. L'artificialisation et la conversion des terres entraînent **la fragmentation des habitats et la régression des milieux ouverts steppiques**, essentiels à la préservation de nombreuses espèces patrimoniales.

Parmi les projets les plus préoccupants, on citera notamment :

- La ligne à très haute tension entre Fos-sur-Mer et Jonquières-Saint-Vincent traverse plusieurs zones protégées, avec des impacts potentiels importants sur la biodiversité. Ce type d'infrastructure crée des **risques accrus de collisions pour des espèces menacées** (Outarde canepetière, Ganga cata, Aigle de Bonelli, etc.), **perturbe les voies de migration et fragilise les continuités écologiques** (Gestionnaires de réserves naturelles, 2024).

- La future liaison Fos–Salon-de-Provence, qui pourrait consommer d'importantes surfaces de pelouses sèches et de prairies de fauche, contribuerait, elle aussi à renforcer la pression sur les milieux naturels en accentuant l'urbanisation et la fragmentation des habitats.

Ainsi, l'accumulation de projets d'infrastructures et de développement économique autour du bassin de Fos–étang de Berre, bien qu'inscrite dans une logique de transition énergétique et de développement territorial, accentue les tensions sur les milieux naturels, agricoles, et les espèces sensibles.

► **Autres activités agricoles hors RNCC (maraichage, arboriculture)**

Dans un contexte de fragilisation croissante de la filière du foin de Crau, le **développement de cultures plus rentables et indépendantes de l'irrigation gravitaire, telles que le maraichage et l'arboriculture, prend de l'ampleur en plaine de Crau** (SYM CRAU, 2024).

Ces cultures, bien qu'elles restent sensibles aux aléas climatiques (perturbations dans les périodes de croissance, absence de froid hivernal propice au repos végétatif, perte de bourgeons et de rendement au-delà de 35°C, altération de la qualité et de la quantité des fruits...) **présentent néanmoins une capacité d'adaptation plus marquée** (GREC-SUD, 2016). En effet, certaines espèces comme l'amandier ou le pistachier sont particulièrement convoitées pour leur relative résilience à la sécheresse. Cette résilience est renforcée par **l'introduction de nouvelles variétés, des pratiques culturales adaptées et l'utilisation de systèmes d'irrigation plus économes**, notamment le goutte-à-goutte (MOREL and GATEAU, 2023).

Bien que plus efficaces et moins consommatrices en eau de surface, ces techniques ne participent pas à la recharge de la nappe phréatique de Crau, contrairement à l'irrigation gravitaire. Elles peuvent même **accentuer les prélèvements dans un contexte de réchauffement climatique, marqué par une augmentation de l'évapotranspiration et des besoins en eau pendant la période d'irrigation**. Ce changement progressif des usages agricoles, en particulier en périphérie de la réserve naturelle, entraîne des conséquences environnementales importantes : **perte d'habitats favorables à la faune steppique, fragmentation des corridors écologiques, et risques de dégradation de la qualité de l'eau souterraine**. À terme, ces évolutions pourraient affecter les milieux humides dépendants de la nappe, ainsi que les espèces animales et végétales qui y sont liées.

4. Résultats de l'analyse

Les résultats de l'analyse des effets du changement climatique sur les différents objets du patrimoine naturel sont présentés ci-dessous pour chaque composante. Il est toutefois important de noter 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 dans le plan d'adaptation. Les réflexions pourront être amenés à évoluer dans le futur à mesure que les connaissances se développent sur la réserve naturelle et au sein de la sphère scientifique.

VULNÉRABILITÉ ET OPPORTUNITÉ DES OBJETS DU PATRIMOINE NATUREL

► **Espèces à affinité agricole/milieus ouverts**

NIVEAU DE VULNÉRABILITÉ INCERTAIN

Les espèces à affinité pour les milieux ouverts et agricoles qu'on retrouve en Crau semblent **globalement bien adaptées aux milieux xériques et aux fortes températures**. On les retrouve notamment dans la péninsule ibérique et dans certains pays maghrébins où les conditions climatiques sont plus extrêmes qu'en France. Néanmoins, il est difficile de savoir jusqu'à quel seuil les populations locales sont tolérantes à la sécheresse et aux températures élevées.



Figure 3 : Lézard ocellé ©Wendy Whitfield - CEN PACA

En effet, des études sur l'Outarde canepetière montrent que les **températures extrêmes peuvent impacter la reproduction (précocité accrue, durée réduite et succès moindre)**, notamment lorsque celle-ci ne coïncide plus avec les périodes de ressources optimales (del Portillo et al., 2024). La **mortalité et la croissance des oisillons** peuvent également être affectées. Chez le Faucon crécerellette, une mortalité accrue et une moindre prise de masse des jeunes ont été observées en conditions de températures extrêmes, possiblement en lien avec la moins bonne thermorégulation des oisillons couverts de duvet, contrairement aux Rolliers d'Europe qui naissent nus et présentent une mortalité plus faible (Catry et al., 2015). À l'inverse, des études sur des espèces comparables **au Lézard ocellé suggèrent qu'il pourrait bénéficier d'une hausse des températures, avec une activité, une reproduction et une survie accrues**, mais qu'au-delà d'un certain seuil de tolérance, des effets négatifs sur l'incubation et le succès des pontes pourraient apparaître.

Les impacts du changement climatique pourraient être partiellement compensés si d'autres habitats adaptés restent disponibles, ou au contraire amplifiés en cas de disparition ou de dégradation des milieux. Certaines espèces emblématiques, comme l'Outarde canepetière, sont **particulièrement sensibles à la perte d'habitat, qui pourrait se poursuivre avec l'industrialisation et le changement d'usage des sols**.

Ainsi, entre leur capacité d'adaptation physiologique, les limites face aux conditions extrêmes et les incertitudes liées au maintien des habitats autour de la réserve naturelle, il reste difficile de déterminer précisément le niveau de vulnérabilité des espèces de milieux ouverts de la Crau face au changement climatique, d'autant que les espèces choisies appartiennent à des familles et même des groupes taxonomiques variés.

► **Criquet de Crau**

VULNÉRABILITÉ TRÈS FORTE

Le Criquet de Crau, **espèce endémique des pelouses steppiques de la plaine de Crau**, est étroitement lié à ce milieu xérique façonné par le pastoralisme extensif. Cette activité a façonné la végétation du coussoul et est donc aujourd'hui indispensable pour conserver la flore et la faune de cette steppe.



Figure 4 : Criquet de Crau ©Emeline Pujolas - CEN PACA

Après avoir subi un déclin dramatique au cours du XXe siècle, en grande partie dû à la destruction de son habitat, l'espèce reste aujourd'hui en situation critique : seules trois sous-populations subsistent sur l'ensemble de son aire de répartition, extrêmement restreinte. Le changement climatique représente une menace supplémentaire pour cette espèce. **Des sécheresses prolongées, l'augmentation des températures et une fréquence accrue des événements extrêmes pourraient affecter directement le cycle de vie des individus**.

En effet, une étude sur d'autres espèces de criquets a mis en évidence que la combinaison de températures élevées du sol et d'une faible humidité a un effet négatif sur le développement, la survie et l'éclosion des œufs (Wu et al., 2021).

Son écologie spécialisée, sa faible capacité de dispersion (le Criquet de Crau est incapable de voler), sa dépendance à un habitat très spécifique, ainsi que la petite taille de la population, **limitent fortement ses capacités d'adaptation**. Ces éléments font donc de lui une espèce fortement vulnérable aux effets du changement climatique.

► **Milieux humides**

VULNÉRABILITÉ TRÈS FORTE

Les milieux humides, fortement dépendants de l'eau, sont particulièrement vulnérables au changement climatique. En Crau, ils sont alimentés par la nappe phréatique ou l'irrigation, et donc étroitement liés à la gestion de la ressource en eau de la Durance. La baisse attendue de cette ressource entraînera des tensions entre usages et pourrait conduire à **des restrictions ou à des modifications de la période d'irrigation, impactant directement l'équilibre et le fonctionnement de ces écosystèmes**.



Figure 5 : Canal de Vergière ©Delphine Lenôtre - CEN PACA

Toutefois, tant que l'irrigation sera maintenue, les canaux devraient rester alimentés, mais pourraient subir une **baisse des débits, un abaissement des niveaux d'eau et une élévation de la température**. Ces changements pourraient favoriser l'eutrophisation et le développement d'espèces exotiques envahissantes comme la Jussie. De telles modifications affecteraient la flore et la faune dépendantes de ces milieux.

Le canal de Vergière, riche en **odonates, pourrait ainsi voir son cortège évoluer** sous l'effet du changement climatique. Les espèces lotiques y sont globalement plus résilientes que celles des eaux stagnantes, mais les généralistes, plus tolérantes aux variations hydrologiques, seront avantagées au détriment des spécialistes, plus vulnérables (Cerini, 2019).

En revanche, les **trous d'eau et mares temporaires, particulièrement vulnérables** à la sécheresse, surtout en cas de baisse du niveau de la nappe, subiront une augmentation de la fragmentation des habitats, ce qui est très défavorable à des groupes sensibles comme les amphibiens.

► **Coustière**

VULNÉRABILITÉ MOYENNE

A moyen terme, la coustière, en périphérie du coussoul, semble présenter une vulnérabilité moyenne au changement climatique. En effet, ce milieu est aujourd'hui composé **d'espèces végétales déjà bien adaptées à des conditions sèches et chaudes**, telles que le chêne vert et la filaire à feuilles étroites qui semble déjà s'étendre.

Néanmoins, à plus long terme, **la répétition d'années sèches, la précocité et la durée accrue des sécheresses estivales pourraient générer un stress hydrique chronique**. Cela affaiblirait progressivement les peuplements, les rendant plus sensibles aux maladies, aux attaques de pathogènes, et au dépérissement. De plus, les jeunes plants ne disposant pas d'un système racinaire suffisamment ancré auront du mal à se maintenir et se développer, affectant directement la régénération des peuplements.

Par ailleurs, le risque incendie constitue une menace majeure. Le climat méditerranéen, déjà marqué par des vents fréquents, pourrait voir ce facteur s'accroître avec le changement climatique, bien que les évolutions du vent restent incertaines. Les **incendies pourraient d'abord entraîner une ouverture temporaire des milieux, suivie d'une recolonisation rapide par des espèces pyrophiles telles que le pin d'Alep et le cyste cotonneux**. Cette dynamique, qui s'auto-entretient, pourrait à long terme favoriser une homogénéisation des peuplements et augmenter le risque de feux récurrents, au détriment des chênaies plus diversifiées.

Un autre facteur aggravant est le **risque de remontée du biseau salé**, lié notamment à la **baisse du niveau des canaux d'irrigation**. Cette intrusion saline dans la nappe phréatique pourrait affaiblir les arbres de la coustière, en **ralentissant notamment la croissance des chênes verts**, voire en entraînant la **mortalité sur le long terme** (Wu, 2021).

Ainsi, bien que relativement résiliente à court terme, la coustière pourrait subir, à plus long terme, **d'importantes transformations structurelles et compositionnelles**, entraînant des conséquences en cascade sur la faune, notamment pour les espèces inféodées aux lisières.

► Coussouls

VULNÉRABILITÉ MOYENNE

Bien que la végétation du coussoul, pelouse sèche méditerranéenne, soit **globalement bien adaptée à la sécheresse et à la faible pluviométrie**, elle reste sensible aux variations de la ressource en eau. Certaines espèces, notamment annuelles, montrent une capacité de résilience en redémarrant leur cycle végétatif dès les premières pluies.

À court terme, le coussoul devrait donc rester structuré. Toutefois, **l'allongement et la répétition des sécheresses estivales, combinés à des pluies plus tardives**, pourraient **modifier la composition floristique du coussoul, en richesse spécifique et en abondance relative**.

Ces conditions tendraient à favoriser les espèces annuelles et géophytes, dotées de banques de graines ou de réserves souterraines, au détriment de certaines espèces pérennes plus sensibles, comme le thym ou la lavande. Cette **dynamique floristique, marquée par une prédominance d'espèces adaptées à une forte variabilité hydrique, rappelle celle observée dans les dehesa et montado de la péninsule Ibérique**, systèmes agrosylvopastoraux traditionnels constitués de pâturages arborés associant élevage extensif et biodiversité herbacée adaptée aux fortes contraintes hydriques. Le Brachypode rameux, espèce pérenne emblématique, semble relativement résilient grâce à son enracinement profond et une dormance estivale partielle, mais son seuil de tolérance à plusieurs années de sécheresse reste incertain. Une éventuelle diminution de cette plante, aujourd'hui considérée comme une ressource pastorale « fiable », pourrait ainsi amener certains éleveurs à revoir leurs modes de gestion.

Certaines zones, comme le Centre Crau, semblent plus vulnérables en raison de la faible profondeur des sols et de leur éloignement aux canaux d'irrigation, qui contribuent ailleurs à maintenir une



Figure 6 : Crau sèche à l'automne ©Delphine Lenôtre - CEN PACA

certaine humidité du sol. Par ailleurs, les friches, issues de sols retravaillés, pourraient rencontrer encore plus de difficultés à évoluer vers du coussoul fonctionnel.

La vulnérabilité du coussoul face au changement climatique est ainsi jugée moyenne. La **structure de type pelouse sèche devrait se maintenir**. En revanche, l'aridification attendue pourrait entraîner une réorganisation progressive du cortège floristique : régression des espèces les plus sensibles à la sécheresse, augmentation de celles plus tolérantes et, à terme, une potentielle disparition de certaines espèces caractéristiques. **Ces changements pourraient modifier la composition de la pelouse et conduire à une perte de sa typicité actuelle**. Les trajectoires futures dépendront toutefois de facteurs extérieurs, notamment **de l'évolution des pratiques et périodes de pâturage, susceptibles d'impacter l'hétérogénéité du milieu**.

A plus long terme, le développement des oliviers pourrait conduire à une **dynamique de fermeture progressive de certains secteurs**. A l'inverse, les restrictions d'irrigation pourraient, quant à elles, freiner potentiellement l'embroussaillage, par les ronces notamment.

► *Espèces steppiques*

OPPORTUNITÉ FORTE

Les espèces steppiques présentes en Crau, telles que le **Ganga cata** et l'**Alouette calandre**, sont **caractéristiques des milieux xériques et ouverts, adaptées aux fortes températures**. Elles sont en France en limite nord de leur aire de distribution. On les retrouve notamment dans la péninsule ibérique et dans certains pays maghrébins où les conditions climatiques sont plus extrêmes qu'en France.

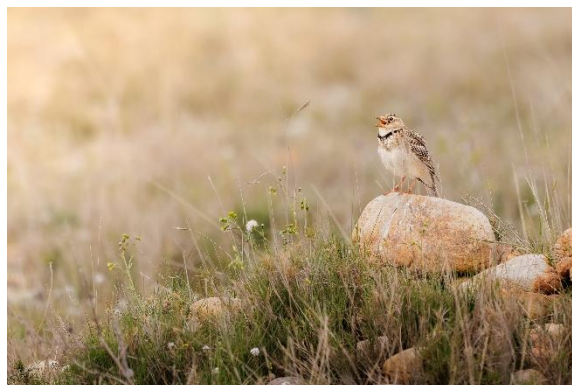


Figure 7 : Alouette calandre ©Damien Cerdan

Le Ganga cata, en particulier, est bien adapté aux fortes chaleurs grâce à une bonne thermorégulation, une activité principalement tôt le matin et en fin de journée, ainsi qu'une capacité à parcourir plusieurs kilomètres pour trouver de l'eau. Cependant, les périodes de sécheresse prolongées pourraient limiter ces capacités. L'Alouette calandre, plus flexible dans son alimentation, peut aussi consommer des insectes, ce qui lui confère un avantage en cas de raréfaction des ressources végétales.



Figure 8 : Ganga cata ©Hugo Deglorges - CEN PACA

Par ailleurs, si les pratiques de pâturage évoluent en réponse aux conditions climatiques et à l'état du coussoul, une **végétation rase et parsemée pourrait continuer à bénéficier à ces espèces**. À long terme, un pâturage toujours présent mais plus ponctuel, hivernal, ou avec un départ plus précoce des troupeaux vers les zones de montagne, pourrait notamment limiter la pression en période de reproduction, tout en assurant le maintien des milieux ouverts.

Ainsi, bien que **l'augmentation des températures et une possible extension des surfaces de pelouses sèches puissent représenter une opportunité** pour les espèces thermophiles, ces perspectives positives restent à relativiser. Les menaces liées à la perte et à la fragmentation des milieux restent préoccupantes. Le développement d'infrastructures, l'extension de l'arboriculture, l'embroussaillage progressif et la fermeture des milieux constituent des pressions majeures, en particulier en dehors de la réserve naturelle, limitant ainsi l'expansion potentielle des populations.

SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DE VULNÉRABILITÉ DU PATRIMOINE NATUREL

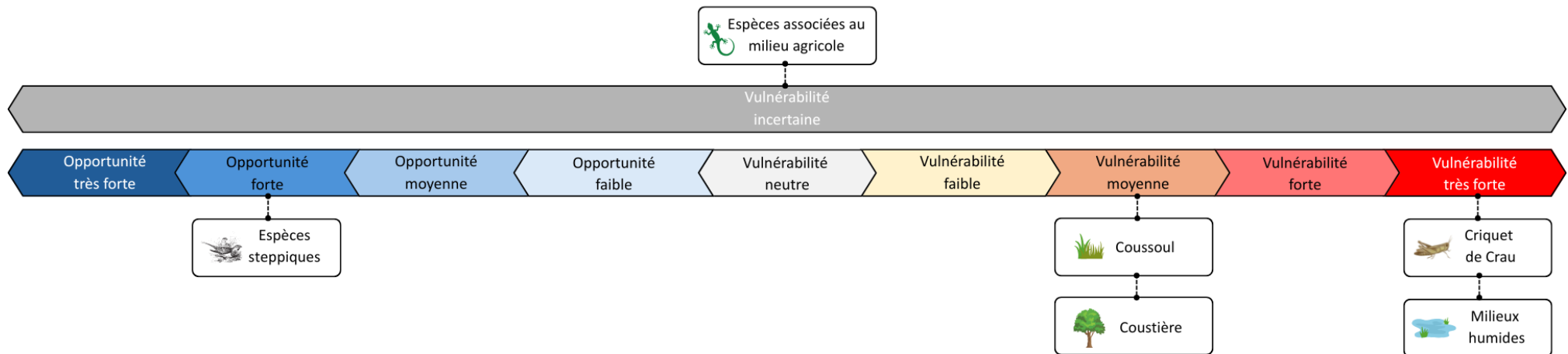


Figure 5 : Schéma synthétique des résultats de l'analyse de vulnérabilité au changement climatique du patrimoine naturel

ÉVOLUTIONS POTENTIELLES DES ACTIVITÉS SOCIO-ÉCONOMIQUES

► *Pâturage ovin*

Les pratiques de pâturage, étroitement liées aux conditions climatiques, sont amenées à évoluer avec le changement climatique, aussi bien en plaine de Crau que dans les Alpes. La disponibilité de la ressource alimentaire en Crau sèche, fortement conditionnée par la météo et variable d'une année à l'autre, contraint déjà les éleveurs et bergers à ajuster leurs pratiques. Chaque année étant différente, la conduite des troupeaux doit être adaptée en conséquence.

En plaine de Crau, les projections annoncent des printemps de plus en plus secs et des étés précoces et prolongés. Cela risque de réduire rapidement la disponibilité de l'herbe et d'accentuer les tensions sur l'accès à l'eau. Ces évolutions pourraient conduire à un **pâturage plus hivernal, avec des arrivées plus précoces en Crau ou des passages plus ponctuels** selon la ressource et les besoins du troupeau, ainsi qu'à des **départs plus précoces vers les pâturages alpins**, dont la végétation se développera également plus tôt.

Les **marges de manœuvre des éleveurs sont aussi limitées par d'autres facteurs que le climat**, comme les contraintes liées au métier de berger. Pour y faire face, certaines stratégies d'adaptation sont déjà mises en place ou pourraient l'être : compléter les rations, réduire la taille des troupeaux pour ajuster la pression de pâturage, organiser le pâturage tôt le matin ou tard le soir, installer des clôtures, favoriser le pâturage tournant, mettre en place des points d'abreuvement supplémentaires ou transporter de l'eau sur certaines zones.

Le pâturage en Crau est donc appelé à évoluer sous l'effet du changement climatique, mais il reste difficile d'anticiper précisément ces évolutions tant elles varient d'une année à l'autre, selon les parcelles, les choix des éleveurs, les moyens disponibles et les contraintes spécifiques. Dans ce contexte d'incertitude et de diversité des situations, **maintenir un lien fort avec les éleveurs apparaît essentiel**. La mise en place de temps d'échanges et de concertation permettrait, ainsi, de partager des conseils, des retours d'expérience et des pratiques d'adaptation, tout en favorisant **l'émergence de solutions collectives**. La **réalisation d'essais sur certaines parcelles** pourrait également constituer un levier intéressant pour tester de nouvelles pratiques et en évaluer la pertinence.

► *Foin de Crau et gestion de l'eau*

Le modèle économique de la filière de foin de Crau traverse une **période de fragilisation croissante**. Moins rentable qu'auparavant, elle est confrontée à **une série de difficultés structurelles** : baisse du cheptel français, augmentation des surfaces fourragères dans d'autres régions, générant davantage de concurrence sur le marché national (en particulier après plusieurs années pluvieuses ayant favorisé les stocks), crise dans le secteur des chevaux de course, et vieillissement des producteurs de foin de Crau. À ces facteurs s'ajoute une **pression foncière accrue liée au développement de l'arboriculture**, perçue comme plus rentable et moins contraignante. Le **coût élevé de l'irrigation et l'entretien du réseau** constituent également des obstacles importants au maintien de l'activité.

Le **changement climatique vient accentuer ces fragilités** : augmentation des températures et évapotranspiration accrue, **restrictions croissantes sur l'usage de l'eau**... Ces aléas compliquent la gestion de l'irrigation, notamment en cas de printemps et/ou d'automne pluvieux, où maintenir l'irrigation pour assurer la recharge de la nappe peut entraîner un excès d'humidité et nuire à la végétation. De plus, la **baisse du débit dans les canaux, combinée à des prises d'eau situées trop haut**, complique l'irrigation des prés, et souligne la nécessité de moderniser le réseau hydraulique, ce qui représente un coût important pour les exploitants. Le développement **d'espèces exotiques envahissantes**, parfois favorisées par les nouvelles conditions climatiques, dégrade également la qualité et la rentabilité du foin. Si l'évolution des régimes de vent reste incertaine, certains témoignages évoquent une impression de baisse du mistral, qui

jusque-là favorisait le séchage nocturne du foin, et une hausse des vents humides du sud, moins favorables pour la production.

L'avenir de la filière dépendra largement des **choix politiques du territoire** et de la mise en œuvre de **solutions techniques et financières**. Cela implique non seulement la modernisation des infrastructures d'irrigation, mais aussi une réflexion sur le **partage équitable des coûts liés à la gestion et à l'entretien du réseau hydraulique**, entre l'ensemble des acteurs bénéficiant directement ou indirectement du maintien de la recharge de la nappe. Enfin, la remise en cause de cette filière **impacterait également la pérennité des élevages ovins et donc le pastoralisme en Crau sèche**.

► *Fréquentation et loisirs*

La réserve naturelle est actuellement peu fréquentée, attirant principalement **quelques promeneurs occasionnels et surtout des naturalistes au printemps**. Cette tendance ne devrait pas évoluer de manière significative d'ici 2050. En effet, les **fortes chaleurs attendues risquent de dissuader les visiteurs, d'autant que l'absence quasi totale de zones ombragées limite le confort**. Les rares visiteurs qui se rendront sur place adapteront probablement leurs horaires, **priviliégiant les saisons et moments de la journée les plus frais**, comme cela est déjà observé, notamment pour l'observation naturaliste.

► *Chasse*

La pratique de la chasse au petit gibier **pourrait théoriquement se maintenir**, à condition que les espèces ciblées soient toujours présentes, que leurs populations résistent aux conditions climatiques plus rudes (sécheresses, fortes chaleurs...) et que les chasseurs demeurent suffisamment actifs.

Toutefois, cette activité pourrait connaître un déclin progressif, notamment en raison du **vieillessement des chasseurs**, même si un maintien partiel reste envisageable à moyen terme. Des demandes d'aménagements cynégétiques (citernes avec abreuvoir, cultures d'hiver...) pourraient ainsi augmenter afin de préserver artificiellement les populations.

L'évolution future de cette pratique **reste difficile à anticiper**, car elle dépend à la fois des dynamiques humaines et de l'état écologique des populations de gibier.

ÉVOLUTIONS POTENTIELLES DES OUTILS ET MOYENS DE GESTION

► *Connaissances et suivis scientifiques*

Les conditions climatiques ont un impact majeur sur les suivis scientifiques, tant sur le comportement et la dynamique des espèces que sur la réalisation des inventaires et protocoles. En effet, sous l'effet **des fortes températures**, les **individus pourraient se montrer plus actifs aux moments les plus frais de la journée**, tôt le matin ou en soirée, ce qui nécessite **d'adapter les plages horaires et les périodes de prospection**.

Ces changements peuvent également se traduire par la **disparition de certaines espèces ou l'arrivée de nouvelles**, ce qui pourrait amener à **requestionner certains protocoles** existants. Dans ce contexte, il devient pertinent d'**orienter les suivis davantage vers la fonctionnalité des écosystèmes**.

Par ailleurs, les conditions météorologiques extrêmes, telles que les vents forts, la chaleur extrême ou les pluies intenses peuvent limiter l'activité des espèces observées, **réduire la visibilité et compromettre la qualité des relevés**. Les conditions rudes pourraient également rendre les suivis plus contraignants, voire dangereux pour l'équipe, en particulier lors de canicules prolongées. Les capacités d'adaptation de l'équipe dépendront donc des moyens humains et financiers disponibles.

Cette évolution est déjà perceptible dans certains protocoles nationaux, comme le Suivi Temporel des Oiseaux Communs (STOC), qui comprenait jusqu'à présent deux sessions printanières entre avril et juin, et

qui intègre désormais une session supplémentaire en mars pour mieux prendre en compte les nicheurs précoces et les migrateurs arrivant plus tôt.

Le changement climatique réaffirme plus que jamais l'importance des suivis scientifiques, indispensables pour comprendre ses impacts sur les habitats, les espèces et les fonctionnalités des écosystèmes de la réserve.

► *Surveillance, police et gestion des autorisations*

Bien que la fréquentation du site ne soit pas amenée à augmenter de manière significative, les patrouilles de surveillance et de police devront être maintenues. Les **horaires de ces patrouilles pourraient néanmoins nécessiter des ajustements**, en raison d'un possible **décalage de la fréquentation vers les heures les plus fraîches de la journée, créneaux également plus confortables pour les gardes**.

Réalisées en véhicule, ces patrouilles sont relativement peu affectées par les conditions climatiques extrêmes, notamment en ce qui concerne la pénibilité physique. Toutefois, en période de fortes chaleurs, ces conditions peuvent tout de même impacter le confort des agents de terrain. La surveillance en période de chasse restera en vigueur tant que cette activité sera pratiquée.

Par ailleurs, le développement urbain et la multiplication des infrastructures aux abords ou à proximité de la réserve naturelle pourraient entraîner une augmentation des demandes d'autorisations, impliquant une charge administrative accrue.

► *Animation et sensibilisation*

Les animations organisées sur la réserve naturelle devront se tenir **préférentiellement lors des saisons et moments de la journée les plus frais**, en particulier pour les publics sensibles comme les enfants et les personnes âgées. L'augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes **risque d'entraîner davantage de changements de programme ou d'annulations** pour les activités en extérieur.

Certaines animations existantes pourraient **intégrer la thématique du changement climatique**, tandis que de nouvelles pourraient être conçues afin d'informer et de sensibiliser efficacement à ce sujet. Ce sujet, délicat, nécessitera néanmoins un discours adapté sans être alarmiste. Communiquer sur les impacts du changement climatique sur le patrimoine naturel de la réserve mais également sur d'autres composantes telles que les activités humaines, offre une opportunité de **renforcer le lien territorial autour de cette thématique**.

► *Maintien des milieux ouverts, gestion des invasives et libre évolution*

Les choix stratégiques de gestion qui concernent **l'équilibre entre maintien des milieux ouverts et libre évolution, pourraient être réinterrogés à la lumière des évolutions climatiques**. En effet, la progression naturelle de certaines espèces adaptées aux conditions climatiques à venir, comme l'olivier, interroge sur les modalités d'intervention. Une **gestion raisonnée**, ciblée sur les secteurs à enjeu, pourrait permettre d'accompagner les transitions écologiques, tout en concentrant les efforts là où ils sont les plus pertinents. La gestion des espèces exotiques envahissantes, telles que la Jussie, favorisée par les fortes températures et la faible profondeur d'eau, devra également être réfléchie.

Toutefois, si l'irrigation gravitaire venait à diminuer à l'avenir, les problèmes d'infiltration d'eau dans les coussouls seraient probablement moins fréquents, limitant ainsi le développement de ronces ou d'arbustes et contribuant au maintien naturel des milieux ouverts.

Cette réflexion devra intégrer les évolutions climatiques, mais aussi les capacités d'intervention (humaines et financières) ainsi que l'évolution des pratiques, notamment pastorales, qui jouent un rôle clé dans le

maintien des milieux ouverts. L'objectif étant de trouver un **compromis entre gestion active et résilience naturelle**, dans un contexte de changements environnementaux rapides.

► ***Accompagnement des éleveurs***

Avec les évolutions climatiques et leurs impacts potentiels sur la végétation des coussouls, une **réflexion collective sur l'adaptation des pratiques et des moyens disponibles** semble nécessaire. Cela passe notamment par **l'anticipation des changements à venir, ainsi que par le renforcement des échanges entre les différents éleveurs et bergers** pour partager constats, difficultés et pistes de solutions. Des actions d'information et de sensibilisation autour de cette thématique pourraient également être développées.

Un **dialogue étroit entre les gestionnaires de la réserve naturelle, les éleveurs et les chercheurs** semble nécessaire afin d'identifier des pratiques adaptées, et d'envisager la mise en place de suivis écologiques pour mieux anticiper certaines évolutions et tester différentes approches de gestion.

5. Nouveaux arrivants

Les nouveaux arrivants sont les espèces ou habitats actuellement absents du site mais susceptibles d'émerger dans le futur, notamment sous l'effet du changement climatique. La tendance générale est à une migration des espèces vers le nord ou vers des altitudes plus élevées, afin de s'adapter à la hausse des températures et à ses conséquences.

En plaine de Crau, **de plus en plus d'espèces d'origine africaine et ibériques** pourraient ainsi apparaître, telles que le Sirli de Dupont, la Pie bleue et le Courvite isabelle, déjà observé ponctuellement dans la plaine de la Crau. Si la présence actuelle de certaines espèces ne concerne aujourd'hui que des individus migrants ou erratiques profitant de mouvements d'air chaud venus d'Afrique, la multiplication de ces phénomènes laisse envisager, à terme, une reproduction régulière et une implantation durable de ces espèces dans le sud de la France.

Parallèlement, certaines espèces, telles que l'Œdicnème criard, déjà présentes pourraient **réduire leurs distances migratoires et hiverner dans leur aire d'origine si les conditions le permettent.**

Enfin, d'autres espèces pourraient apparaître sans être directement liées au changement climatique, par exemple à la suite d'introductions accidentelles ou d'autres dynamiques de dispersion. Néanmoins, l'évolution des conditions climatiques pourrait favoriser le maintien et l'implantation durable de certaines d'entre elles.

V. Récit prospectif

Le récit prospectif a été rédigé par le conservateur de la RNN des Coussouls de Crau, Axel Wolff. Il a pu synthétiser sa réflexion à partir des résultats du diagnostic, mais également grâce aux échanges avec l'équipe de gestion. Ce récit est présenté à la page suivante.

2086

Quelle Crau dans 60 ans ?

Introduction

Malgré les résistances obscurantistes, le réchauffement climatique causé par les émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique n'est plus discutable. Il est même déjà bien à l'œuvre : dès les années 2000, les données climatiques analysées pour le 1^{er} plan de gestion de la réserve naturelle montraient une augmentation de la température moyenne de l'ordre de 0,6°C tous les 10 ans depuis 1975, ainsi qu'une réduction de moitié des précipitations printanières. Les coussouls à lavande du Centre-Crau ne sont déjà plus qu'un lointain souvenir, l'espèce ne parvenant plus à survivre que sur les nappes de pipeline où l'accès à l'eau est facilité par la fracturation du poudingue ; et si au I^{er} siècle Pline l'Ancien décrivait la Crau comme « remplie de thym », l'espèce semble aujourd'hui dépérir à force d'étés caniculaires.

Les trajectoires sont donc déjà bien tracées, elles sont inéluctables. Les températures vont continuer d'augmenter, cela même si les émissions cessent. Il reste néanmoins de fortes incertitudes. Sur le ralentissement des émissions, sur les dynamiques climatiques globales qui ne peuvent être approchées que par des modèles, sur leur influence au niveau régional et local. Mais par-dessus tout, comme nous l'avons vu au cours de cette démarche, sur leur impact sur les activités humaines. Les coussouls de Crau ont évolué en constante interaction avec l'être humain, leur végétation forgée par le pastoralisme extensif, et leur superficie grignotée par le développement de l'agriculture et par l'artificialisation des sols. Le pastoralisme dans la réserve naturelle est intimement lié à la culture du foin de Crau, et au pâturage des estives alpines. Comment ces activités vont-elles évoluer ? Comment vont-elles être impactées par le changement climatique d'une part, mais aussi par d'autres dynamiques tout aussi puissantes telles que les politiques agricoles ou l'aménagement du territoire ?

Prédire l'avenir de la réserve naturelle est par conséquent difficile. Nous proposons donc de vous représenter ici, non pas « le futur », mais des futurs possibles. L'un plutôt optimiste, l'autre... nettement moins. L'objectif de ces scénarios est avant tout de donner à réfléchir, de donner aux acteurs du territoire des images de ce qui peut advenir, un aperçu des marges de manœuvre, et donc du rôle qu'ils peuvent jouer pour atténuer les impacts des changements climatiques.

La Réserve naturelle des Coussouls de Crau en 2086

Votre Crau, vous l'aimez bien chaude ?...

Grâce aux efforts consentis à l'échelle mondiale dans les années 2030, les températures annuelles n'ont augmenté que de 2°C depuis le début du millénaire. Bien sûr, le réchauffement est plus sensible au cœur de l'été : les nuits peuvent parfois être étouffantes et les températures maximales dépassent 35°C pendant près de 10 jours. Mais certaines prédictions nous promettaient des conditions bien plus terribles. La pluviométrie annuelle s'est maintenue, bien que la sécheresse estivale s'étende aujourd'hui de juin à septembre, avec une concentration des pluies en automne et en hiver. L'enneigement en montagne a diminué néanmoins, et les ressources du bassin versant durancien ont baissé de 10%. Si la tension accentuée sur les

... ou brûlante ?

Malgré les alertes insistantes, et les premières catastrophes humanitaires majeures liées aux changements climatiques, rien n'y fait : les émissions de gaz à effet de serre continuent encore et toujours de progresser. La température annuelle a augmenté de 4°C depuis le début du siècle, et les étés sont irrespirables : la température dépasse 35°C pendant plus d'un mois, et la température nocturne ne descend plus au-dessous des 20°C entre juillet et août.

Les précipitations ont chuté de 20% en 50 ans. Après une interminable période de sécheresse, des pluies diluviennes s'abattent sur la Crau entre novembre et février. L'impact sur la recharge de la nappe phréatique est sensible, mais cela n'est rien par rapport aux

réserves en eau de la Durance rend l'irrigation des prés plus délicate qu'auparavant, la modernisation du réseau d'irrigation a permis d'atténuer les phénomènes de crise. Les surfaces les plus difficiles à irriguer ont été converties en vergers d'amandiers ou de pistachiers, en oliveraies, ou bien en luzernières pour les troupeaux.

Bien que la commercialisation du Foin de Crau ne soit plus que l'ombre de son riche passé, d'importantes surfaces de prairies sont encore irriguées : les éleveurs producteurs de foin ont conservé leurs prés pour les faire pâturer au printemps, quand les coussouls deviennent trop secs. Car le coussoul est aujourd'hui essentiellement pâturé entre novembre et mai : les hivers doux et humides favorisent la pousse d'une herbe fournie, jusqu'à ce que les chaleurs de mai grillent la végétation.

La réserve des Coussouls de Crau reste donc le pays des brebis. Comme ils l'ont toujours fait, les éleveurs transhumants ont su s'adapter. Le plan de gestion a finalement permis la pose de clôtures autour des places de pâturage, où les troupeaux évoluent librement. A partir de la mi-avril, les animaux broutent plutôt en début et en fin de nuit afin d'éviter les fortes chaleurs. Le troupeau pâturant de front sous l'œil du berger n'est plus qu'une image d'Epinal. Bien que le loup soit bien implanté, la prédation reste contenue grâce au dispositif d'aversion gustative conditionnée assuré par les gardes de la réserve. Les difficultés d'accès à l'eau ont été résolues par la généralisation des citernes alimentées par des forages profonds ; le canal de Centre-Crau est le plus souvent à sec.

Le coussoul lui-même n'est pas si différent de ce qu'il était au début du siècle. Bien sûr le thym a fini par disparaître, de même que la lavande. Les mattes de brachypode rameux ne sont plus aussi fournies que par le passé, la plante se débarrassant de touffes entières lors des étés les plus torrides. Mais le milieu reste toujours aussi riche, et se couvre de fleurs dès les premières pluies de novembre, et lors des premières chaleurs de la fin de l'hiver.

La faune steppique reste le joyau de la réserve naturelle. Plusieurs espèces qui se trouvaient autrefois en limite nord de leur aire de répartition, comme le Ganga cata ou l'Alouette calandre, ont connu une nette progression de leurs effectifs à mesure que leur distribution s'étendait vers le nord. La politique de reconquête de pelouses sèches, essentiellement le fruit de mesures compensatoires ambitieuses des aménagements voisins, et dont l'acceptation a été facilitée par la déprise agricole liée aux difficultés d'irrigation, a permis d'étendre les habitats favorables à la faune steppique. Cette politique a également cherché à diversifier les types de couverts et de faciès, pour offrir des habitats variés et une alimentation suffisante aux espèces à différents stades du cycle annuel, favorisant leur adaptation au changement climatique.

Grâce aux opérations de réintroduction du Criquet de Crau conduites jusqu'au milieu du siècle, l'espèce a récupéré de manière spectaculaire, et a largement étendu son aire de distribution, y compris sur les pelouses réhabilitées.

La coustière a été sauvegardée grâce aux efforts de lutte contre les incendies, bien aidé par l'interdiction définitive de la cigarette en 2035. Le pâturage bovin s'y est généralisé, permettant à quelques

effets catastrophiques de l'abandon de l'irrigation gravitaire, condamnée depuis bien longtemps à disparaître : la tension sur la ressource en eau du bassin versant de la Durance est devenue explosive, avec une chute des réserves de 30 %, un triplement de la consommation agricoles, et un niveau de remplissage toujours en chute à mesure que se succèdent les années sèches. Le protocole de crise est pratiquement devenu la norme, imposant des restrictions d'arrosage plus d'un an sur deux. La culture du foin de Crau et son système d'irrigation gravitaire trop coûteux à rénover n'y ont pas résisté ; les prairies ont progressivement été remplacées par le maraîchage et l'arboriculture, qui est devenue massivement dominante dans le paysage avec près de 20 000 ha.

L'élevage ovin a connu le même sort que la production de foin, dont il dépendait. Déjà en 2040, les premiers éleveurs ont jeté l'éponge. Le système de rotation entre prairies, coussouls et alpages est devenu de plus en plus difficile à tenir : amaigrissement de la ressource dans le coussoul, s'asséchant de surcroît dès le mois d'avril, difficulté croissante à tenir l'été sur des estives sans eau et séchant dès le mois de juin, conversion en amandiers de surfaces croissantes de prairies de Crau. L'arrêt des aides PAC a fini d'achever une filière déjà fragilisée.

Depuis 25 ans, et pour la première fois depuis 6 000 ans, le coussoul n'est plus pâturé. C'est aujourd'hui une vraie pelouse aride, qui ne ressemble plus guère à la pelouse à Asphodèles d'antan. Le brachypode rameux ne se rencontre plus que dans le nord de la plaine où l'humidité est légèrement mieux retenue. Plus au sud, c'est le sparte *Lygeum spartum* venu d'Espagne qui gagne du terrain entre galets et sol nu, au milieu des annuelles à cycle de vie court.

L'arrêt des irrigations gravitaires sur les anciens prés aujourd'hui plantés d'amandiers et d'oliviers a définitivement résolu le problème de l'embroussaillage par la ronce. L'olivier, lui, a totalement envahi certains coussouls à partir du nord, favorisé par les températures et l'arrêt du pâturage. Il poursuit sa progression vers le sud, les gestionnaires de la réserve ayant vite renoncé aux premiers essais d'arrachage, totalement vains devant l'ampleur de la colonisation.

Ces secteurs de savane pierreuse sont le paradis de la Pie bleue, de l'Elanion blanc et du Coucou-geai. Dans les secteurs plus ouverts de pelouse aride, le Ganga cata a été rejoint par le Ganga unibande, dont les premiers individus venus d'Espagne ont été observés il y a 20 ans. L'Alouette des champs a disparu, la calandre prospère, son chant se mêlant par endroits à celui du Sirlu de Dupont. Ces populations restent fragiles, dans des coussouls encerclés par les infrastructures, les usines et les plantations d'arbres. Cette évolution du paysage a rendu l'Outarde canepetière très rare, après la disparition des seuls habitats où elle pouvait s'alimenter en saison post-nuptiale. Le Criquet de Crau s'est lui aussi éteint malgré les efforts des gestionnaires pour tenter de le sauver. Après les premiers succès du renforcement de la population, les effectifs se sont petit à petit réduits en raison de l'impact de la sécheresse précoce sur la production d'œufs viables.

Que dire encore des zones humides, totalement asséchées depuis que le niveau piézométrique de la nappe culmine à -20 m en hiver ? Ou de ce qu'on appelait jadis la coustière, cette ancienne forêt de

éleveurs de faire pâturer leurs vaches au sec lorsque les anciens marais sont détrempés en hiver.

Malgré l'évolution marquée du territoire, et les adaptations consenties par les agriculteurs et éleveurs, la Crau conserve un certain équilibre entre activités humaines et protection de la biodiversité. Le fort ralentissement des émissions de gaz à effet de serre laisse espérer à terme un ralentissement de l'augmentation des températures, et donc une forme de stabilisation des conditions qui permet d'espérer que l'avenir ne soit pas si différent des conditions que nous connaissons aujourd'hui en 2086.

chêne vert ravagée par les incendies à répétition des grandes années de sécheresse de 2040-2060, remplacée aujourd'hui par une garrigue éparses à ciste.

Tous ces bouleversements ne sont encore que les prémices d'une situation qui va continuer à s'aggraver avec l'augmentation graduelle des températures. Déjà nombreux sont ceux qui émigrent vers le nord pour échapper aux étés invivables et aux inondations hivernales à répétition. A quoi ressemblera notre Crau en 2186 ?

Conclusion

La réserve naturelle nationale des Coussouls de Crau protège un **paysage steppique unique en France, façonné par des siècles de pratiques pastorales et riche d'une biodiversité remarquable** mais menacée. Le changement climatique représente une pression supplémentaire qui incite les cogestionnaires à **anticiper et à se préparer à l'évolution du patrimoine.**

Le diagnostic de vulnérabilité au changement climatique met en évidence qu'à l'horizon de la fin du siècle, le site devra **s'adapter à des températures de plus en plus élevées et à de longues périodes de sécheresse**, ponctuées d'épisodes pluvieux intenses et localisés, pas toujours suffisants pour compenser le déficit hydrique. Si les pelouses sèches, habitat emblématique de la réserve, présentent **déjà une forte résistance aux conditions chaudes et xériques**, leur composition floristique pourrait néanmoins évoluer, **modifiant progressivement la typicité du coussoul actuel.** Les espèces steppiques semblent globalement adaptées à des conditions plus rudes ; toutefois, les populations locales ne seront **peut-être pas capables de s'adapter suffisamment rapidement** à ces évolutions climatiques et à la fréquence accrue des événements extrêmes. **Certaines espèces plus sensibles**, comme le Criquet de Crau, pourraient également ne pas disposer de capacités d'adaptation suffisantes.

Par ailleurs, les écosystèmes de la réserve sont influencés par des facteurs extérieurs et étroitement liés à certaines activités socio-économiques, notamment la production de foin de Crau et le pâturage ovin. L'évolution de ces pratiques reste difficile à anticiper, mais il apparaît nécessaire **d'envisager des scénarios intégrant une irrigation gravitaire plus contrainte ainsi que des conduites de pâturage modifiées**, potentiellement plus ponctuelles ou hivernales.

Face à ces incertitudes, la **poursuite des suivis, l'amélioration des connaissances et le renforcement de l'observation** apparaissent indispensables pour mieux appréhender les trajectoires futures des socio-écosystèmes. Ces éléments rappellent également l'importance d'un **dialogue constant avec l'ensemble des acteurs du territoire** afin de maintenir une gestion cohérente et concertée.

Ces analyses, fondées sur les connaissances scientifiques disponibles et sur le ressenti des personnes interrogées et de l'équipe gestionnaire, **ne peuvent être exhaustives et ne permettent pas d'affirmer avec certitude que toutes les trajectoires envisagées se réaliseront.** Néanmoins, ce travail a permis aux cogestionnaires de **s'approprier la thématique du changement climatique et de développer une vision dynamique et évolutive** des écosystèmes. Il constitue une première étape de réflexion et fournit un outil prospectif qui permettra de questionner la gestion actuelle et de construire un plan d'adaptation pour la réserve naturelle.

Liste des acronymes

- CA13** Chambre d'Agriculture des Bouches-du-Rhône
- CED** Commission exécutive de la Durance
- CEN** Conservatoire d'espaces naturels
- DREAL** Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
- DRIAS** Donner accès aux scénarios climatiques Régionalisés français pour l'Impact et l'Adaptation de nos Sociétés et environnement
- ETP** Evapotranspiration potentielle
- FDSH13** Fédération Départementale des Structures Hydrauliques des Bouches-du-Rhône
- GIEC** Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'évolution du climat
- GREC-SUD** Groupe Régional d'Experts sur le Climat en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur
- PACA** Provence-Alpes-Côte d'Azur
- RCP** Representative Concentration Pathway
- RNF** Réserves Naturelles de France
- RNN** Réserve naturelle nationale
- SMAVD** Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance
- SYM CRAU** Syndicat Mixte de gestion des nappes de la Crau
- TRACC** Trajectoire de Réchauffement de référence pour l'Adaptation au Changement Climatique

Bibliographie

- Catry, I., Catry, T., Patto, P., Franco, A., Moreira, F., 2015. Differential heat tolerance in nestlings suggests sympatric species may face different climate change risks. *Clim. Res.* 66, 13–24. <https://doi.org/10.3354/cr01329>
- Cerini, F., 2019. Long-term shifts in the communities of odonata: effect of chance or climate change?
- COUDURIER, C., PETIT, L., TISSOT, A.-C., 2023. Démarche d'adaptation au changement climatique Natur'Adapt -Guide méthodologique. LIFE Natur'Adapt – Réserves Naturelles de France.
- CREPET, R., 2021. Les épisodes Méditerranéens deviennent-ils plus fréquents et plus intenses en France ? - Actualités La Chaîne Météo [WWW Document]. Chaîne Météo. URL <https://actualite.lachainemeteo.com/actualite-meteo/2021-10-07/les-episodes-mediterraneens-deviennent-ils-plus-frequents-et-plus-intenses-en-france-61051> (accessed 6.3.25).
- DRIAS, Les futurs du climat - Accueil [WWW Document], 2024. URL <https://www.drias-climat.fr/> (accessed 5.23.25).
- Gestionnaires de réserves naturelles, 2024. Note-Gestionnaires-RN_Positionnement-projet-Ligne-THT-RTE.
- GREC-Sud, 2023. Les synthèses des cahiers du GREC-SUD. Enjeux climatiques en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.
- GREC-SUD, 2023. Les synthèses des cahiers du GREC-SUD. Enjeux climatiques en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.
- GREC-SUD, 2016. Les effets du changement climatique sur l'agriculture et la forêt en Provence-Alpes-Côte d'Azur.
- Infoclimat, 2025. Climatologie globale à Marseille-Marignane (Marseille Provence) - Infoclimat [WWW Document]. URL <https://www.infoclimat.fr/climatologie/globale/marseille-marignane-marseille-provence/07650.html> (accessed 6.2.25).
- Météo-France, 2025. CLIMAT HD par Météo-France [WWW Document]. URL <https://meteofrance.com/climathd> (accessed 5.23.25).
- MOREL, L., GATEAU, R., 2023. Livret technique - Adaptation au changement climatique sur le territoire de la Crau / Sud Alpilles (Groupe Amandes).
- Soubeyroux, J.-M., Bernus, S., Samacoïts, R., Rousset, F., Schneider, M., Drouin, A., Madec, T., Tardy, M., Corre, L., 2024. A quel climat s'adapter en France selon la TRACC ?
- SYMCRAU, 2024. Rapport Préliminaire SAGE Crau.
- Villesseche, D., 2019. Projet SIMBA : Surveillance de l'intrusion marine en basse Crau.
- Wu, T., 2021. (PDF) Effects of salt stress on growth of *Quercus ilex* L. seedlings. ResearchGate. <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0211>
- Wu, T., Hao, S., Kang, L., 2021. Effects of Soil Temperature and Moisture on the Development and Survival of Grasshopper Eggs in Inner Mongolian Grasslands. *Front. Ecol. Evol.* 9. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.727911>

NATUR ADAPT SUD

Coordinateur du projet



Partenaires techniques



Partenaires financiers



Réserves naturelles participantes



Réserve Naturelle
CAMARGUE



Réserve Naturelle
COUSSOLS DE CRAU



Réserve Naturelle
L'ILON



Réserve Naturelle géologique
LUBERON



Réserve Naturelle
MARAI 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-AURIN



Réserve Naturelle
TOUR DU VALAT