

Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique

RESERVE NATURELLE NATIONALE DE LA PLAINE DES MAURES



© Louis Seguinel

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

Autrices

GATEL Maëlle – 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 :

ABIS Ophélie – CEN PACA

KELLER Laureen – CEN PACA

NOJAROFF Noémie – Tour du Valat

Contributeurs et relecteurs

BENTKOWSKI Matias – SNPN

COLIN Célia – SNPN

WAROQUIER Germain – SNPN

RICARDO Jeanne – SNPN

RIERA Elisabeth – SNPN

Citation de l'ouvrage

GATEL M., ABIS O., KELLER L., NOJAROFF N., BENTKOWSKI M., COLIN C., WAROQUIER G., RICARDO J., RIERA E., 2026. Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique – Réserve naturelle nationale de la plaine des Maures. Projet Natur'Adapt Sud : Adaptation de la gestion des réserves naturelles de Provence-Alpes-Côte d'Azur au changement climatique. 46 pages.

Table des matières

Résumé.....	4
I. Introduction.....	5
1. Le projet LIFE Natur'Adapt	5
2. Le projet Natur'Adapt Sud.....	5
3. Philosophie de la démarche Natur'Adapt	7
II. Présentation du site	8
III. Analyse climatique	10
1. Climat de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur	10
2. Méthodologie d'analyse du climat	12
Sélection des paramètres climatiques	12
Méthodologie d'analyse du climat récent.....	12
Méthodologie d'analyse du climat futur.....	12
3. Analyse du climat du site.....	14
Indicateurs de température	14
Indicateurs de précipitations.....	17
Autres indicateurs	20
4. Synthèse	22
IV. Analyse de vulnérabilité.....	24
1. Sélection des objets d'analyse	24
Critères de sélection.....	24
Objets d'analyse sélectionnés.....	25
2. Méthodologie d'analyse.....	26
Analyse détaillée du patrimoine naturel.....	26
Analyse de l'évolution des activités socio-économiques	28
Analyse de l'évolution des outils et moyens de gestion	28
3. Facteurs extérieurs.....	28
Description des facteurs extérieurs	28
4. Résultats de l'analyse	31
Vulnérabilité et opportunité des objets du patrimoine naturel.....	31
Evolutions potentielles des activités socio-économiques.....	37
Evolutions potentielles des outils et moyens de gestion	37
5. Nouveaux arrivants	38
V. Récit prospectif	39
VI. Conclusion	40
Liste des acronymes	41
Bibliographie	42
Annexes	44

Résumé

Située dans le département du Var et gérée par la Société Nationale de Protection de la Nature (SNPN), la Réserve Naturelle Nationale (RNN) de la plaine des Maures est constituée d'une mosaïque d'habitats diversifiée qui accueille de nombreuses espèces faunistiques et floristiques d'intérêt patrimonial. Ainsi, la réserve présente des milieux humides temporaires au sein desquels se développe une flore remarquable, mais aussi des milieux plus secs de pelouses ou de maquis. Le paysage d'une grande valeur est également marqué par la présence du chêne-liège, espèce remarquablement adaptée aux aléas tels que les incendies. Par ailleurs, de nombreuses activités socio-économiques pouvant impacter les milieux naturels ont lieu sur le territoire de la réserve et en périphérie.

L'analyse du climat passé et des projections dans le futur jusqu'à l'horizon 2100 ont permis de mettre en évidence une poursuite de l'augmentation des températures sur le territoire de la réserve, comme attendue en région PACA et plus largement en France métropolitaine. Ce réchauffement devrait s'accompagner d'une potentielle diminution du cumul annuel des précipitations et d'un allongement des périodes de sécheresse. Ces phénomènes participeront à l'augmentation du stress hydrique de la végétation. En ce sens, le risque de déclenchement d'un incendie, déjà élevé à l'heure actuelle, notamment en été, devrait s'accroître dans les prochaines années. En parallèle, le débit annuel moyen de l'Aille, cours d'eau alimentant la réserve, devrait diminuer et un allongement de sa période d'étiage est attendu, ce qui pourrait renforcer la sécheresse sur le site.

Ainsi, ce document s'inscrivant dans le cadre de la démarche Natur'Adapt vise à **comprendre les impacts du changement climatique** et mener une réflexion afin d'**anticiper d'éventuelles modifications dans le fonctionnement des écosystèmes** et d'**adapter la gestion de la réserve**. Pour analyser l'impact des évolutions climatiques sur la plaine des Maures, 15 objets ont été sélectionnés : 6 habitats et éléments du paysage, 3 espèces patrimoniales, 3 outils et moyens de gestion, 3 activités humaines. Les informations utilisées pour l'analyse proviennent principalement de la littérature scientifique, de l'avis de différents experts et de l'équipe gestionnaire de la réserve.

Globalement, la réserve accueille des écosystèmes méditerranéens relativement bien adaptés à des conditions chaudes et sèches. Le potentiel renforcement de la sécheresse apparaît tout de même comme étant le facteur limitant pour plusieurs objets du patrimoine naturel, notamment les boisements. Les milieux humides temporaires devraient également en subir les conséquences mais les communautés végétales arborent des stratégies de résilience leur permettant de s'adapter dans une certaine mesure aux variations interannuelles des conditions de mise en eau. Par ailleurs, la Tortue d'Hermann figure parmi les objets du patrimoine naturel les plus vulnérables au changement climatique sur la réserve, d'autant plus qu'elle est soumise à de nombreuses pressions extérieures, pouvant elles-mêmes être influencées par les tendances climatiques. En revanche, le maquis bas pourrait tirer profit des évolutions climatiques pour se développer, notamment après le passage des incendies. Enfin, les évolutions climatiques affecteront également les activités du territoire et feront certainement émerger des questions autour du partage de la ressource en eau. Les outils et moyens de gestion mis en place sur la réserve devront certainement évoluer pour répondre à l'évolution de ces différents enjeux.

Les analyses issues de ce diagnostic visent à alimenter le récit prospectif de la réserve et servir de base à la construction d'un plan d'adaptation de la gestion de la réserve. Ce travail constitue **un outil de projection dans le futur**, qui permettra au gestionnaire de s'approprier la thématique du changement climatique et de se questionner sur ce que ce dernier peut impliquer pour la réserve.

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 des actions d'atténuation, 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 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 (DVO)** 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 DVO. 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 (Figure 1). Il répond à une volonté des gestionnaires d'espaces naturels d'être accompagnés dans la prise en compte du changement climatique dans leur gestion.

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

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

Le projet régional Natur'Adapt Sud (2024-2026) prévoit de réaliser, pour chacun des sites participants, un diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité face au changement climatique et un plan d'adaptation de la gestion. Ce dernier pourra ensuite être intégré au document de gestion. Le projet permet ainsi de faire monter en compétence les gestionnaires de réserves naturelles de la région sur les thématiques du changement climatique et de ses impacts sur la nature. Le travail en réseau est au cœur de ce projet d'ampleur régionale, au terme duquel une majorité des réserves naturelles de Provence-Alpes-Côte d'Azur seront dotées d'une stratégie d'adaptation au changement climatique.

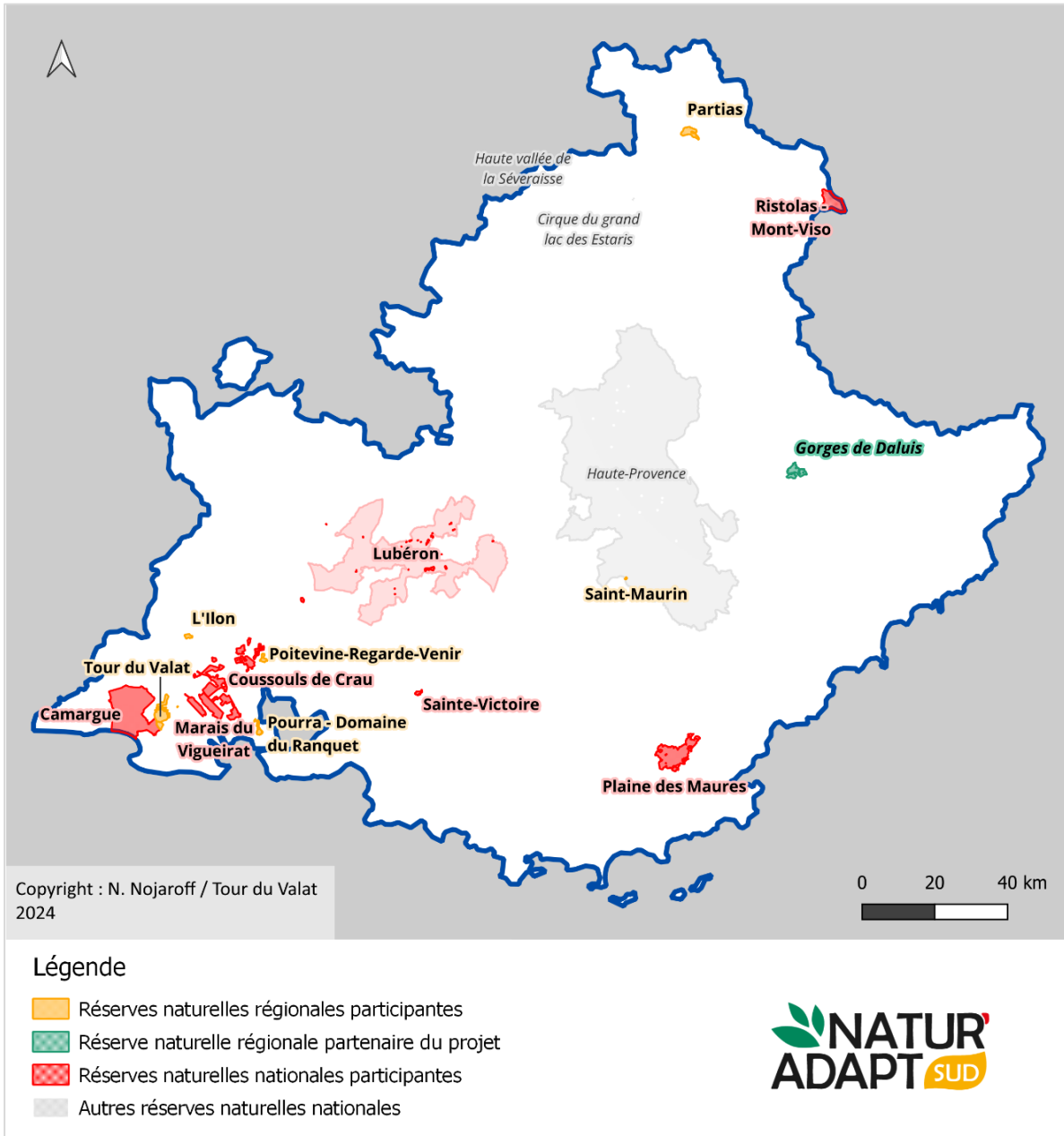


Figure 1. Carte des réserves naturelles participant au projet Natur'Adapt Sud

3. Philosophie de la démarche Natur'Adapt

Avant de mettre en œuvre la méthodologie Natur'Adapt sur les réserves 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) de la plaine des Maures, située dans le département du Var, s'étend sur 5276 hectares et couvre le territoire de cinq communes (Figure 2). Classée en 2009, elle est gérée depuis 2022 par la Société Nationale de Protection de la Nature (SNPN).

Située sur un plateau permien, la réserve abrite une mosaïque diversifiée d'habitats naturels composée notamment de chênaies, pinèdes, pelouses, mares temporaires, maquis, dalles de grès et prairies offrant un paysage exceptionnel. Cette diversité permet d'accueillir une importante richesse faunistique et floristique dont de nombreuses espèces d'intérêt patrimonial. En effet, une grande variété d'espèces de la faune y trouve refuge, notamment la Tortue d'Hermann, espèce emblématique qui a en grande partie contribué à justifier le classement de la réserve. Le territoire est également riche en espèces floristiques remarquables et accueille des espèces protégées telles que des orchidées (Serapias, Ophrys, Spiranthes), des fougères (Isoète de Durieu, Ophioglosses), des endémiques (Renoncule de Revelière) et des bryophytes rares (Département du Var, 2015).

Les écosystèmes de la réserve font face à différentes pressions. De nombreuses activités professionnelles ou de loisirs ont lieu sur le territoire de la plaine des Maures, au sein du périmètre de la réserve ou à proximité directe. Ces dernières doivent être prise en compte dans la gestion des milieux naturels et nécessitent de concilier les enjeux écologiques, patrimoniaux et humains. Le territoire de la plaine des Maures fait également régulièrement face à des incendies qui peuvent être dévastateurs. Un important feu a notamment eu lieu en 2021, affectant la moitié du périmètre de la réserve. La gestion mise en place dans le cadre de la défense des forêts contre les incendies (DFCI) représente ainsi un enjeu majeur sur le territoire qui doit être concilié avec la préservation du patrimoine naturel.

Cette analyse est réalisée à l'échelle du périmètre de la réserve, tout en gardant en mémoire que cette dernière fonctionne en interdépendance avec un territoire plus large. En effet, une réserve naturelle n'est pas un écosystème fermé, mais est en interaction avec un ensemble de milieux naturels et d'activités présentes en périphérie de son périmètre. Il est donc important de prendre en compte dans la réflexion l'ensemble des éléments qui influencent directement ou indirectement l'aire protégée.

Réserve naturelle nationale de la Plaine des Maures

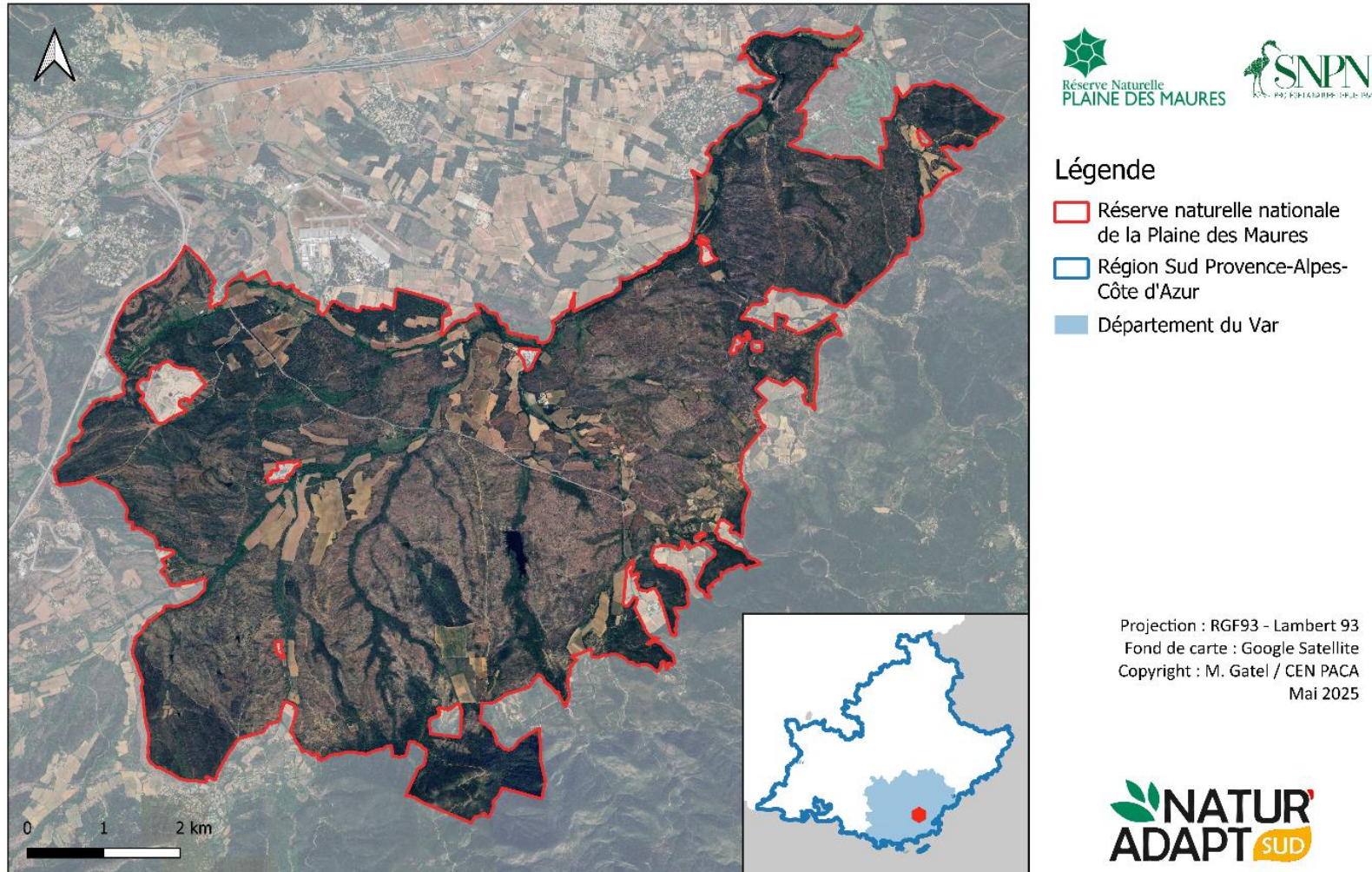


Figure 2. Localisation de la RNN de la plaine des Maures

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.

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) (Figure 3).

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

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

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

SPÉCIFICITÉS DE LA RÉGION



ÉTÉ

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



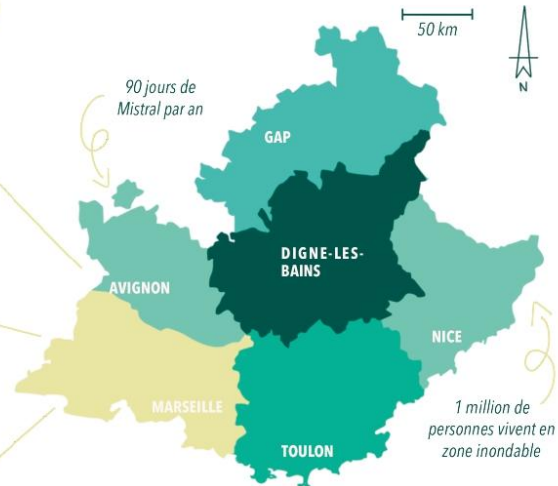
HIVER

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

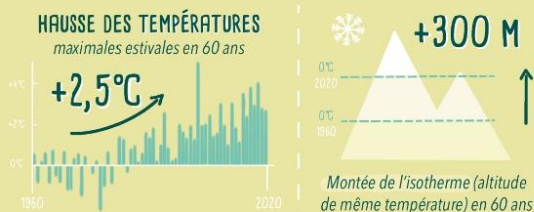


**AUTOMNE
&
PRINTEMPS**

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



ÉVOLUTIONS PASSÉES (1960 à 2020)



ÉVOLUTIONS FUTURES (2050 à 2100)

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



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

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

2. Méthodologie d'analyse du climat

SÉLECTION DES PARAMÈTRES CLIMATIQUES

De très nombreux paramètres climatiques existent et peuvent être étudiés pour comprendre le climat d'un lieu donné. Dans le cadre de la démarche Natur'Adapt, l'analyse climatique a pour objectif de **comprendre l'exposition et la vulnérabilité du site au changement climatique**. Ce sont donc les **paramètres climatiques déterminant l'existence et le fonctionnement de la RNN de la plaine des Maures** 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 11 paramètres et variables retenus pour l'analyse climatique de la plaine des Maures sont les suivants :

- **Température atmosphérique** : moyenne, minimale, maximale, nombre de jours anormalement chauds
- **Précipitations** : cumul moyen, nombre de jours de pluie, nombre de jours de fortes pluies, périodes de sécheresse
- **Autres paramètres** : évapotranspiration potentielle, sensibilité aux feux de forêt, débit de l'Aille

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

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DU CLIMAT RÉCENT

Les données utilisées pour étudier le climat passé de la réserve proviennent principalement d'**Infoclimat** (Association Infoclimat, 2025) et de la **fiche climatologique** (Météo-France, 2025a) pour la station du Luc située à moins de 2 km. Des études et rapports sont utilisés en complément et listés dans la bibliographie en fin de document. Dans les cas où il n'existe pas de données disponibles à l'échelle du territoire de la réserve, il a parfois été nécessaire d'utiliser les services climatiques **Climat HD** (Météo-France, 2025b) qui synthétise les grandes tendances de certains indicateurs à l'échelle régionale.

Les normales climatiques correspondent aux moyennes des paramètres climatiques sur une période de 30 ans. Afin d'utiliser les données homogénéisées de Météo France, c'est encore la période 1976 – 2005 qui est la plus souvent utilisée pour le climat actuel. Pour le climat du passé, les périodes choisies varient en fonction des données disponibles (à partir de 1900, 1950, 1960 selon les paramètres et stations).

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DU CLIMAT FUTUR

Les données du climat futur sont principalement issues du **service climatique DRIAS** de Météo France (Météo-France, 2025c). Lorsqu'une autre source est utilisée, elle est indiquée à la suite de l'information concernée. Les projections du climat futur sont disponibles dans DRIAS à l'échelle des mailles SAFRAN (soit 64 km²). Pour la RNN de la plaine des Maures, c'est la **maille n°3827** qui est utilisée car elle couvre la majorité de la surface de la réserve et est représentative des différents habitats qui s'y trouvent.

Les données concernant la rivière de l'Aille sont issues de la fiche de résultats des modèles hydrologiques de surface développée dans le cadre du **projet Explore2** porté par l'INRAE et l'Office International de l'Eau, également disponible sur les services climatiques DRIAS (Météo-France, 2025d).

► *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. 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 (Soubeyrou *et al.*, 2024). 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.

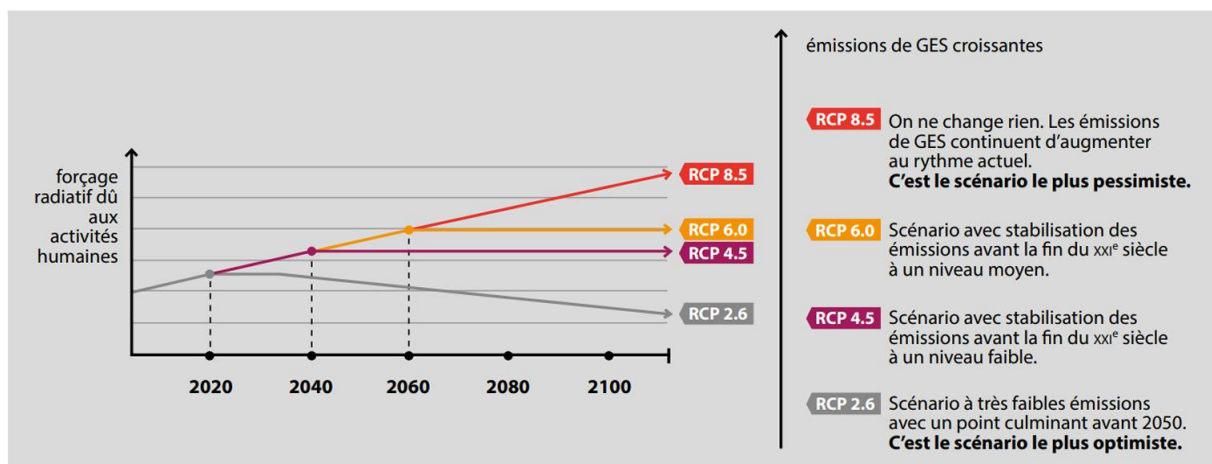


Figure 4. Schéma des différents scénarios d'émissions RCP (ONERC, 2015)

► 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, une **hausse des températures moyennes annuelles de l'ordre de +0.3°C par décennie** est enregistrée en région PACA. Ce réchauffement est **plus intense en été** avec une tendance des températures moyennes estivales de **+0.5°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 **+1.8°C**.

Quel que soit le scénario ou le modèle étudié, l'augmentation des températures moyennes devrait se poursuivre jusqu'à la fin du siècle. Selon la médiane des projections futures, une hausse de la température moyenne annuelle de l'ordre de **+1.6°C** (scénario d'émissions modérées) à **+2.2°C** (scénario d'émissions non réduites) **est attendue d'ici 2050. D'ici 2100**, cette augmentation serait encore plus forte avec une élévation de l'ordre de **+2°C** à **+3.9°C**, selon le scénario d'émissions considéré. Ce réchauffement serait **particulièrement marqué en été**, avec des températures moyennes **pouvant potentiellement atteindre +6.5°C d'ici la fin du siècle** selon certains modèles.

Tableau 1 – Projections de l'évolution des températures moyennes annuelles sur la RNN de la plaine des Maures
RCP 4.5 : scénario d'émissions modérées / RCP 8.5 : scénario d'émissions non réduites ;
Source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles

		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
ANNEE	Ecart à la référence	-	+1.6°C	+2.2°C	+2°C	+3.9°C
	Température moyenne	14.8°C	16.5°C	17.1°C	16.9°C	18.7°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. Il 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. Selon la médiane des projections futures, une hausse de la moyenne annuelle des températures minimales quotidiennes 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 de l'ordre de **+2°C à +4°C**, selon le scénario d'émissions considéré. Ce réchauffement affecterait toutes les saisons mais serait **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 de la plaine des Maures
RCP 4.5 : scénario d'émissions modérées / RCP 8.5 : scénario d'émissions non réduites ;
Source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles

		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
ANNEE	Ecart à la référence	-	+1.6°C	+2.3°C	+2°C	+4°C
	Température minimale	10.3°C	11.9°C	12.6°C	12.3°C	14.2°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. Il 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. Selon la médiane des projections futures, une hausse de la moyenne annuelle des températures maximales quotidiennes de l'ordre de **+1.7°C** (scénario d'émissions modérées) à **+2.2°C** (scénario d'émissions non réduites) **est attendue d'ici 2050. D'ici 2100**, cette augmentation serait encore plus forte avec une élévation de l'ordre de **+2°C à +3.9°C**, selon le scénario d'émissions considéré. Ce réchauffement affecterait toutes les saisons mais serait **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 de l'évolution des températures maximales annuelles sur la RNN de la plaine des Maures

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

Source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles

		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
ANNEE	Ecart à la référence	-	+1.7°C	+2.2°C	+2°C	+3.9°C
	Température maximale	19.4°C	21.1°C	21.6°C	21.4°C	23.3°C

► Nombre de jours anormalement chauds

Une journée (24h) est considérée comme anormalement chaude lorsque la température maximale quotidienne dépasse d'au moins 5°C la température maximale de référence attendue pour cette journée.

A l'échelle mensuelle, cet indicateur fait état du nombre de jours anormalement chauds enregistrés (ou modélisés) sur un mois donné.

❖ Evolution récente et projections futures

Sur la période de référence, 2 à 6 jours anormalement chauds sont recensés chaque saison. Quels que soient le scénario d'émissions et l'horizon temporel considéré, les projections suggèrent une **augmentation à toutes les saisons**. Cette hausse serait particulièrement marquée en été et serait de l'ordre de **+41 jours à l'horizon 2100 selon le scénario d'émissions non réduites**. Certains modèles estiment même qu'elle pourrait s'élever à +57 jours.

Tableau 4 - Projections de l'évolution du nombre de jours anormalement chauds sur la RNN de la plaine des Maures

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 ;

Source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles

		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
ANNEE	Ecart à la référence	-	+ 32 jours	+ 50 jours	+ 42 jours	+112 jours
	Jours	16 jours	48 jours	66 jours	58 jours	128 jours
HIVER	Ecart à la référence	-	+ 5 jours	+ 9 jours	+ 7 jours	+23 jours
	Jours	3 jours	8 jours	12 jours	10 jours	26 jours
PRINTEMPS	Ecart à la référence	-	+ 6 jours	+ 11 jours	+ 8 jours	+24 jours
	Jours	6 jours	12 jours	17 jours	14 jours	30 jours
ETE	Ecart à la référence	-	+ 12 jours	+ 19 jours	+ 14 jours	+41 jours
	Jours	3 jours	15 jours	22 jours	17 jours	44 jours
AUTOMNE	Ecart à la référence	-	+ 9 jours	+ 15 jours	+ 12 jours	+30 jours
	Jours	2 jours	11 jours	17 jours	14 jours	32 jours

INDICATEURS DE PRÉCIPITATIONS

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 en région PACA, ne présente **pas de tendance marquée**. Les précipitations sont caractérisées par une grande variabilité, tant intra- qu'interannuelle. Dans le Var, il existe un signal plutôt cohérent avec une diminution faible des cumuls annuels depuis 1960, mais ce dernier n'est pas toujours statistiquement significatif. La baisse est plus importante et significative en hiver et en été. En effet, en hiver, la diminution des pluies est à la fois plus importante et plus significative statistiquement que pour l'année entière (GREC-SUD, 2023).

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. Pour rappel, les chiffres présentés dans le tableau ci-dessous sont des moyennes, issus de la médiane des modèles climatique proposée directement par DRIAS. Il est donc possible que les précipitations réelles futures présentent des évolutions plus marquées, dans un sens ou l'autre, sans qu'on puisse les prédire plus précisément. Il est en revanche assez certain que **les précipitations resteront très variables** d'une année à l'autre.

Néanmoins, malgré ces incertitudes, la médiane des modèles climatiques fait ressortir quelques tendances. Sur la plaine des Maures, **le cumul de précipitations aurait tendance à diminuer au printemps, à l'automne et en été**. La baisse la plus importante devrait avoir lieu en été, ce qui pourrait renforcer la sécheresse sur la réserve. Les signaux sont plus contrastés pour l'hiver, avec une potentielle augmentation du cumul quel que soit le scénario à l'horizon moyen et pour le scénario d'émissions modérées à l'horizon lointain. En revanche, une légère diminution est envisagée pour le scénario d'émissions non réduites d'ici 2100.

Tableau 5 - Projections de l'évolution du cumul annuel de précipitations sur la RNN de la plaine des Maures

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 ;

Source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles

		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
ANNEE	Ecart à la référence	-	-45 mm (-5%)	-60 mm (-6%)	+4 mm (+0.2%)	- 115 mm (-12%)
	Cumul	892 mm	843 mm	835 mm	890 mm	777 mm
HIVER	Ecart à la référence	-	+14 mm (+5%)	+5 mm (+2%)	+42 mm (+16%)	-6 mm (-2%)
	Cumul	263 mm	277 mm	283 mm	305 mm	257 mm
PRINTEMPS	Ecart à la référence	-	-22 mm (-10%)	+0 mm (+0%)	-15 mm (-7%)	-35 mm (-17%)
	Cumul	211 mm	189 mm	211 mm	196 mm	176 mm
ETE	Ecart à la référence	-	-9 mm (-10%)	-13 mm (-14%)	-15 mm (-16%)	-32 mm (-35%)
	Cumul	93 mm	84 mm	80 mm	78 mm	61 mm
AUTOMNE	Ecart à la référence	-	-25 mm (-8%)	-9 mm (-3%)	-2 mm (-1%)	-31 mm (-9%)
	Cumul	324 mm	299 mm	315 mm	322 mm	293 mm

► Nombre de jours de précipitations

Cet indicateur retrace le nombre de jours lors desquels au moins 1 mm de précipitation a été enregistré ou modélisé.

❖ Evolution récente et projections futures

Environ 3 à 8 jours de pluie ont été enregistrés chaque mois au cours de la période de référence sur la plaine des Maures. Les mois d'été sont ceux enregistrant le moins de jours de pluie tandis que les mois d'automne sont les plus pluvieux. A nouveau, les projections sont peu précises et semblent montrer une importante variabilité interannuelle. Une **tendance à la diminution au cours du printemps, de l'été et de l'automne** se dessine tout de même mais reste de l'ordre de **-1 à -3 jours par mois d'ici la fin du siècle**.

Tableau 6 - Projections de l'évolution du nombre de jours de pluie sur la RNN de la plaine des Maures

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

Source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles

		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
ANNEE	Ecart à la référence	-	- 3 jours	- 4 jours	- 1 jour	- 9 jours
	Jours	68 jours	66 jours	64 jours	67 jours	59 jours

► Nombre de jours de fortes précipitations

On considère de fortes précipitations à partir du moment où les précipitations quotidiennes atteignent ou dépassent 20mm. Cet indicateur fait état du nombre de jours de fortes précipitations enregistrés ou modélisés sur une période donnée.

❖ Evolution récente et projections futures

La plaine des Maures connaît actuellement peu de jours de fortes précipitations au cours de l'année, avec au maximum un jour par mois en automne, en hiver et au printemps. **Cet indicateur devrait rester assez stable**, avec seulement un jour de plus ou de moins envisagé pour certains mois de l'année.

► 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 1 mm.

❖ Evolution récente et projections futures

En moyenne, sur la période 1976-2005, la plus longue période de sécheresse de l'année durait 41 jours et se situait plutôt en été.

Selon les projections futures, quel que soit le scénario étudié, un **allongement de quelques jours** des périodes de sécheresses est attendue à toutes les saisons **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 43 jours, voire 61 jours** selon certains modèles.

Tableau 7 - Projections de l'évolution de la durée des périodes de sécheresse sur la RNN de la plaine des Maures

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 ;

Source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles

		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
ANNEE	Ecart à la référence	-	+ 2 jours	+ 1 jour	+ 1 jour	+3 jours
	Jours	23 jours	25 jours	24 jours	24 jours	26 jours
HIVER	Ecart à la référence	-	+ 0 jour	+ 0 jour	+ 0 jour	+1 jour
	Jours	22 jours	22 jours	22 jours	22 jours	23 jours
PRINTEMPS	Ecart à la référence	-	+ 0 jour	+ 0 jour	+ 0 jour	+4 jours
	Jours	22 jours	22 jours	22 jours	22 jours	26 jours
ETE	Ecart à la référence	-	+ 3 jours	+ 3 jours	+ 4 jour	+9 jours
	Jours	34 jours	37 jours	37 jours	38 jours	43 jours
AUTOMNE	Ecart à la référence	-	+ 1 jour	+ 2 jours	+ 0 jour	+2 jours
	Jours	19 jours	20 jours	21 jours	19 jours	21 jours

AUTRES INDICATEURS

D'autres indicateurs sont également utiles pour comprendre les impacts du changement climatique sur les différentes composantes de la réserve.

► **Évapotranspiration potentielle**

L'évapotranspiration potentielle peut se définir comme la **somme de la transpiration du couvert végétal et de l'évaporation théorique du sol** qui pourrait se produire en cas d'approvisionnement en eau suffisant (disponibilité en eau non limitative) **pour un couvert végétal bas, continu et homogène sans aucune limitation** (nutritionnel, physiologique ou pathologique).

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** et la couverture végétale est considérée comme un ensemble homogène (Allen et al., 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**, en particulier au printemps et en été. D'ici la fin du siècle, la médiane des modèles estime que la hausse annuelle pourrait varier de **+8 à +17%** selon le scénario considéré.

Tableau 8 - Projections de l'évolution de l'évapotranspiration potentielle sur la RNN de la plaine des Maures
RCP 4.5 : scénario d'émissions modérées / RCP 8.5 : scénario d'émissions non réduites ;
Source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles

		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
ANNEE	Ecart à la référence	-	+ 66 mm (+7%)	+ 101 mm (+11%)	+ 77 mm (+8%)	+ 178 mm (+17%)
	Cumul ETP	992 mm	1064 mm	1100 mm	1069 mm	1161 mm

► **Débit du cours d'eau de l'Aille**

La RNN de la plaine des Maures couvre une grande partie du bassin versant de l'Aille, irrigué par un important réseau de cours d'eau temporaires et superficiels. Le choix d'un indicateur portant sur le débit de ce cours d'eau semble ainsi pertinent afin de se projeter sur l'évolution de son régime hydrologique et de la disponibilité de la ressource en eau sur le territoire de la réserve.

❖ **Evolution récente et projections futures**

Les modèles s'accordent sur une **baisse de la moyenne annuelle du débit journalier à partir de 2060**, atteignant environ **-20% à l'horizon 2100**. De la même manière, ils s'accordent sur une diminution du minimum estival de la moyenne sur 10 jours du débit journalier depuis les années 2000 qui devrait continuer de s'accroître dans les années à venir. Le **débit annuel moyen pourrait diminuer de 35 % à l'horizon 2100** par rapport à la période de référence.

Un **allongement de la période d'étiage du cours d'eau jusqu'à 85 jours** est attendu avec un début plus précoce et une fin plus tardive. Le **risque de sécheresse hydrologique serait ainsi 1.8 à 2.7 fois plus important** que la période de référence à la fin du siècle.

► **Sensibilité aux feux de forêt**

L'Indice Feu Météorologique (IFM) caractérise la **propension d'un feu de forêt à éclore et se propager sous l'influence des conditions météorologiques**. Il est calculé à partir de données météorologiques telles que la température, l'humidité de l'air, la vitesse du vent et le cumul de précipitations. Ces données alimentent un modèle numérique qui simule l'état hydrique de la végétation et le danger météorologique quotidien d'incendie qui en découle. De nombreuses études ont montré une corrélation claire entre l'IFM moyen et le nombre de départs de feu.

Plusieurs seuils ont été définis pour l'IFM afin de qualifier le risque incendie. Dans la littérature, le seuil de 20 est fréquemment utilisé. Il correspond au seuil pour lequel la sensibilité de la végétation vivante aux feux de forêt est « modérée », mais où la probabilité de départ d'un incendie est non négligeable (Chatry et al., 2010; ORCAE, 2024).

Pour les projections futures, l'indicateur analysé est le nombre de jours où l'IFM à 12h est supérieur ou égal à 20 pour 3 saisons (printemps, été, automne). Il n'y a pas de données disponibles pour l'hiver car il est considéré qu'il n'y a pas de feux de forêts à cette saison.

❖ **Evolution récente et projections futures**

L'IFM n'étant pas disponible pour la période passée, la base de données sur les incendies de forêt de France (BDIFF) a été utilisée. Elle permet de connaître le nombre de feux recensés ainsi que la surface parcourue par le feu sur la zone géographique sélectionnée.

Dans le Var, des données sont disponibles de 1973 à 2023 et semblent relativement bien renseignées même si quelques manques peuvent persister. Ainsi, 15197 incendies ont été recensés dans le département entre 1973 et 2023 soit **environ 304 feux par an**. Les années 1990 et 2003 ont été particulièrement marquantes avec respectivement 26960 ha et 18813 ha parcourus par le feu. Plus récemment, les années 2021 et 2022 ont également été assez importantes car le feu a parcouru respectivement 6847 ha et 2946 ha.

Le Var est, avec les Bouches-du-Rhône, l'un des deux départements les plus sensibles de la zone de défense sud continentale. La plaine des Maures se situe dans le massif forestier Sud du département, très sensible aux incendies. En effet, les feux qui s'y développent sont relativement nombreux et parcourent de grandes surfaces. **Le risque moyen annuel y est entre 5 et 10 fois plus élevé que sur les autres massifs du département**. La saison estivale de juin à septembre est la période la plus sensible avec des feux plus nombreux et impactant de plus grandes surfaces que les autres saisons (Agence MTDA, 2008). Dans la BDIFF, la majorité des départs de feux sont de nature involontaire (travaux ou particuliers). Les actes de malveillance arrivent ensuite en seconde position. Toutefois, 50% des causes de départ de feu ne sont pas renseignées dans la base de données. Selon le plan départemental de protection des forêts contre les incendies produit en 2008, en été, les trois principales causes de départ de feu sont la foudre, la malveillance et les accidents (Agence MTDA, 2008).

Sur la plaine des Maures, il existe un risque réel de déclenchement d'un feu pendant 96 jours par an pour la période de référence (1976-2005), l'été étant la saison la plus à risque avec 60 jours lors desquels l'IFM est supérieur ou égal à 20. Les projections à **l'horizon 2050** prévoient une augmentation du risque incendie **de +19 à +22 jours** par an. **A l'horizon 2100**, ce risque pourrait augmenter de **+19 à +38 jours** par rapport à la période de référence.

Tableau 9 - Projections de l'évolution de l'IFM sur la RNN de la plaine des Maures
RCP 4.5 : scénario d'émissions modérées / RCP 8.5 : scénario d'émissions non réduites ;
Source des données : DRIAS 2022 – médiane des modèles

		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
ANNEE	Ecart à la référence	-	+ 19 jours	+ 22 jours	+ 19 jours	+ 38 jours
	Nombre de jours où l'IFM ≥ 20	96 jours	115 jours	118 jours	115 jours	134 jours

4. Synthèse

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 moyennes de l'ordre de **+2°C est attendue d'ici 2050**, pouvant atteindre **+3.9°C d'ici 2100**. **Les étés connaîtront un réchauffement particulièrement prononcé**, avec des températures moyennes estivales pouvant dépasser de plus de 6°C les moyennes actuelles. Les températures minimales et maximales suivront une tendance similaire.

Certains phénomènes comme **les jours anormalement chauds**¹, jusqu'ici cantonnés à quelques jours par saison, **devraient se multiplier** sur l'ensemble des mois de l'année, en particulier au printemps et en été. Ceci pourrait traduire un allongement de la période estivale.

Concernant les précipitations, les projections demeurent plus incertaines en raison des divergences entre les modèles climatiques liées à une **grande variabilité interannuelle**, ce qui rend difficile l'identification de tendances nettes. Néanmoins, certaines tendances semblent tout de même se dessiner. Une diminution du **cumul de précipitations pourrait se produire au printemps, à l'automne et en été**, tandis que les signaux sont plus contrastés pour l'hiver. Ainsi, en raison des fortes températures, des périodes de sécheresse prolongées et d'une évapotranspiration accrue, la réserve pourrait être confrontée à un déficit hydrique plus marqué qu'à présent.






Par ailleurs, **le débit de l'Aille devrait diminuer** dans les années à venir, en particulier en été. Sa **période d'étiage devrait être largement rallongée**, commençant plus tôt et terminant plus tard, ce qui pourrait modifier l'alimentation en eau de la réserve et impacter en particulier les espèces inféodées aux milieux plus humides.

Enfin, la hausse des températures et des périodes de **sécheresse augmentera le nombre de jours présentant un risque avéré de départ d'incendie**, en particulier en été. Ces aléas pourraient ainsi devenir plus fréquents et plus intenses au fil des années.

En résumé, ces projections suggèrent une évolution du climat vers une potentielle désertification du territoire avec des **étés encore plus secs et intenses**, et des **hivers plus doux**. Les mois de mai et septembre connaîtront une évolution similaire à celle de l'été, ce qui suggère un décalage des saisons actuelles : une **saison estivale plus précoce et plus étendue, un printemps qui débiterait plus tôt et un démarrage de l'automne plus tardif**.

¹ Nombre de jours au cours desquels la température maximale dépasse d'au moins 5°C la température maximale de référence
Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique

Tableau 10. Synthèse climatique de la RNN de la plaine des Maures

	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>	Température moyenne annuelle : 14.8°C	Annuelle : +1.6° C Jusqu'à +3°C en été	Annuelle : +2.2°C Jusqu'à +4°C en été	Annuelle : +2°C Jusqu'à +3.5°C en été	Annuelle : +3.9°C Jusqu'à +6.5°C en été
	↗ du nombre de jours anormalement chauds* principalement en été.	16 jours par an	+32 jours	+50 jours	+42 jours	+112 jours
	<p>Forte variabilité interannuelle mais : ↘ du cumul de précipitations au printemps et en été. ↗ légère du cumul de précipitations en hiver.</p>	Annuel : 892 mm	-5% (-45 mm)	-6% (-60 mm)	+0.2% (+4 mm)	-13% (-115 mm)
	↘ du nombre de jours de précipitations du printemps à l'automne.	68 jours par an	-3 jours	-4 jours	-1 jour	-9 jours
	Pas de variation du nombre de jours de fortes précipitations**	13 jours par an	=	=	=	-1 jour
	↗ de la durée des périodes de sécheresse , notamment au printemps et en été.	19 à 34 jours consécutifs selon les saisons	+3 jours en été	+3 jours en été	+4 jours en été	+9 jours en été
	↗ du cumul d'évapotranspiration , notamment au printemps et en été.	Annuel : 992 mm	+7% (+66 mm)	+11% (+101 mm)	+8% (+77 mm)	+17% (+178 mm)
	↗ de la sensibilité aux feux de forêt*** , en particulier en été.	96 jours par an	+19 jours	+22 jours	+19 jours	+38 jours
	<p>↘ du débit annuel de l'Aille ↗ de la période d'étiage et risque de sécheresse hydrologique accru.</p>	-	Le débit annuel moyen pourrait diminuer de -35% à l'horizon 2100 Allongement de la période d'étiage jusqu'à +85 jours Risque de sécheresse hydrologique 1.8 à 2.7 fois plus important			

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

** Précipitations quotidiennes ≥ 20mm

*** Nombre de jours où l'indice Feu Météo ≥ 20

IV. Analyse de vulnérabilité

1. Sélection des objets d'analyse

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

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

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

Une analyse est ensuite menée sur ces différents objets pour déterminer leur évolution potentielle, en particulier sous l'effet du changement climatique. Les composantes peuvent interagir entre elles et sont donc analysées de manière croisée.

CRITÈRES DE SÉLECTION

Les objets d'analyse sélectionnés correspondent aux éléments les plus représentatifs et/ou structurants de 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. Pour la RNN de la plaine des Maures, le choix des objets d'analyse du patrimoine naturel est basé sur les enjeux identifiés dans le plan de gestion de la réserve et il a été choisi de travailler à différentes échelles. En effet, certaines espèces ont été sélectionnées comme objet d'analyse car elles présentent un fort intérêt patrimonial pour la réserve. En revanche, il est également judicieux de travailler à une échelle plus large afin de prendre en compte les fonctionnalités des écosystèmes. C'est la raison pour laquelle il a été choisi de considérer certains objets à l'échelle de l'habitat ou des éléments du paysage.

► *Activités socio-économiques*

Les activités socio-économiques sélectionnées sont celles ayant lieu sur le territoire de la plaine des Maures et pouvant exercer une influence sur les différents patrimoines de la réserve.

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

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 pour chaque composante de la RNN de la plaine des Maures

Nom de l'objet	Description/Justification
Patrimoine naturel	
Tortue d'Hermann (<i>Testudo hermanni</i>)	Espèce emblématique et fondatrice de la réserve, la Tortue d'Hermann y bénéficie d'un statut particulier : c'est le seul territoire protégé où sa présence est assurée par la mise à disposition de milieux favorables et sécurisés pour son développement.
Isoète de Durieu (<i>Isoetes durieui</i>)	Fougère vivace d'origine ancestrale et de type amphibie, strictement méditerranéenne, elle est étroitement liée aux milieux à humidité temporaire. C'est une espèce protégée au niveau national et particulièrement abondante dans la RNN de la plaine des Maures. Bien que préférant les zones humides temporaires, elle peut occasionnellement se rencontrer dans des milieux plus secs, témoignant d'une amplitude écologique plus large que celle initialement décrite.
Renoncule de Revelière (<i>Ranunculus revelierei</i>)	Espèce annuelle amphibie adaptée et étroitement liée au cycle temporaire de mise en eau, protégée au niveau national, endémique des mares temporaires de Provence siliceuse, Corse et Sardaigne.
Mares et ruisseaux temporaires	La plaine des Maures est constituée d'un plateau permien parcouru par un réseau hydrographique superficiel au sein duquel s'exprime une trame de petits milieux humides temporaires, abritant un patrimoine floristique et faunistique exceptionnel ayant justifié la création de la réserve.
Pelouses mésophiles à Serapias	Cet habitat de pelouse acide à <i>Serapias</i> est très présent dans la réserve. Il se situe en périphérie des milieux humides temporaires, sur des zones où la submersion est faible et irrégulière.
Maquis bas	Formation arbustive dominée par les Cistes, lavandes et bruyères, très présente dans la réserve.
Forêt à <i>Quercus suber</i>	La suberaie provençale à <i>Quercus suber</i> est l'un des habitats le plus représenté sur la réserve et constitue un élément structurant majeur des écosystèmes. La suberaie sèche est omniprésente dans la réserve, en sur-étage ou en mosaïque avec quasiment tous les habitats ouverts. Lorsqu'un substrat plus profond et plus humide le permet, une suberaie plus dense, dite mésophile peut s'installer.
Pinède à <i>Pinus pinea</i>	<i>Pinus pinea</i> est une espèce thermophile qui occupe préférentiellement des terrains horizontaux aux sols sableux ou alluviaux, liés à la dégradation des grès permien notamment. Dans la plaine des Maures, l'espèce forme des peuplements sur des maquis de <i>Cistus monspeliensis</i> et <i>C. salviifolius</i> , d'un grand attrait paysager. La pinède surplombe également de nombreux habitats ouverts, des pelouses xériques aux milieux humides temporaires. On la retrouve aussi en mosaïque avec d'autres complexes forestiers, tels que la suberaie sèche ou la pinède de Pin maritime.
Dalles de grès permien	Les dalles de grès constituent un élément caractéristique du paysage de la réserve. Elles accueillent des pelouses pionnières xérophiles ainsi que des communautés diversifiées de bryophytes et lichens.
Activités humaines	
Viticulture	Activité agricole prépondérante sur la réserve, avec une pratique intensive sur le territoire de la plaine des Maures. Une évolution positive des pratiques est tout de même à noter ces dernières années, notamment sur l'utilisation des couverts végétaux au pied des vignes. La réserve se donne comme objectif d'accompagner des viticulteurs pour la mise en œuvre de pratiques agroécologiques.
Gestion DFCI	La réserve est parcourue par de nombreux ouvrages DFCI (pistes et bandes de débroussaillage) en raison du fort risque incendie présent sur le territoire. Le gestionnaire accompagne les maîtres d'ouvrage dans la prise en compte des préconisations environnementales lors de la réalisation des travaux d'entretien des ouvrages.

Fréquentation du public	La RNN de la plaine des Maures est un site très fréquenté pour la randonnée et les activités de loisirs diverses (pêche, chasse, VTT, randonnée équestre...).
Outils et moyens de gestion	
Surveillance : sensibilisation et police	Le personnel de la réserve assure des missions de surveillance tout au long de l'année afin de veiller au respect de la réglementation de la réserve. Les tournées de surveillance sont renforcées en période estivale, notamment pour prévenir le risque incendie. Ainsi, les patrouilles de gardes animateurs et/ou assermentés permettent de couvrir le territoire de la réserve, de rencontrer les usagers, répondre à leurs demandes, les sensibiliser aux enjeux de la réserve, leur rappeler la réglementation et faire cesser les infractions.
Suivis scientifiques	Peu de suivis sont en cours à l'heure actuelle mais leur mise en place est prévue dans le cadre du prochain plan de gestion. Ces derniers porteront sur certains groupes ou espèces cibles de la faune et de la flore.
Ancrage territorial de la réserve	L'ancrage territorial de la réserve fait partie intégrante des missions du gestionnaire. Ce dernier doit s'efforcer de mieux faire comprendre les enjeux de la RNN et de faire en sorte que les acteurs du territoire les portent également. L'objectif est que le territoire s'appuie sur la RNN comme un acteur moteur d'initiative en faveur de la biodiversité et pas seulement comme un périmètre réglementé.

2. Méthodologie d'analyse

ANALYSE DÉTAILLÉE DU PATRIMOINE NATUREL

► *Analyse par questionnaire*

La méthodologie Natur'Adapt propose d'évaluer la vulnérabilité des objets du patrimoine naturel de l'aire protégée pour imaginer son évolution dans le futur en contexte de changement climatique. Analyser la vulnérabilité ou les opportunités consiste à apprécier **la sensibilité, l'exposition et la capacité d'adaptation** de chaque élément considéré, ainsi que les facteurs d'influence 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'objet 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 serait-elle favorable ou défavorable à l'objet 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).

→ *L'objet considéré est-il 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 influencer 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 à ce phénomène 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 sur chaque objet, et croisées avec les connaissances de l’équipe gestionnaire et/ou d’experts de certaines thématiques. **Joseph CELSE** (CEN PACA), **Jean-Marie BALLOUARD** (SOPTOM), **Virgile NOBLE** et **Katia DIADEMA** (CBNMed), consultés dans le cadre de la démarche, ont ainsi apporté des éléments utiles à l’analyse.

► **Grille d’évaluation**

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

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. Grille d’évaluation de la vulnérabilité des objets du patrimoine naturel au changement climatique

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

ATTENTION !

Ne pas confondre :

- **La vulnérabilité ou l'opportunité attribuée à chaque objet**, qui découle de ses caractéristiques propres, et reflète sa position face au changement climatique.
 - Ex : Une espèce végétale exotique envahissante (EVEE) peut présenter une opportunité face au changement climatique car les conditions climatiques vont faciliter son développement.
- **L'intérêt ou l'inconvénient que peut représenter ce résultat pour le gestionnaire**.
 - Ex : Le fait que l'EVEE présente une opportunité face au changement climatique peut être perçu comme un inconvénient par le gestionnaire si son objectif est plutôt de conserver la flore indigène.

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 réalisées à dire d'experts et grâce à des recherches bibliographiques complémentaires. L'ensemble des acteurs du territoire n'a pas pu être interrogé en raison de contraintes de temps. Toutefois, le **Colonel Stéphane FARCY** et le **Capitaine Serge DENEUBOURG** (SDIS83) ont été consultés concernant la gestion DFCI.

ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES OUTILS ET MOYENS DE GESTION

Pour cette composante, il s'agit de se projeter sur les potentiels effets de l'évolution du climat et des activités humaines sur les outils et moyens de gestion mis en place sur la réserve. Ces réflexions permettent notamment d'analyser si la gestion actuelle est adaptée au contexte du changement climatique.

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

3. Facteurs extérieurs

DESCRIPTION DES FACTEURS EXTÉRIEURS

Les facteurs extérieurs correspondent à toutes les activités anthropiques ou autres facteurs naturels qui ont un effet direct ou indirect sur les objets analysés et qui peuvent influencer leur vulnérabilité selon leur propre évolution. Les facteurs pris en compte dans l'analyse de vulnérabilité sont listés et décrits ci-dessous. Ces derniers correspondent aux éléments prépondérants identifiés lors de la réflexion mais la liste reste **non exhaustive**.

Il faut par ailleurs noter que plusieurs activités socio-économiques ou moyens de gestion analysés dans les parties dédiées ci-après sont eux-mêmes des facteurs non climatiques pouvant exercer une pression sur d'autres composantes (notamment du patrimoine naturel). C'est par exemple le cas de la gestion DFCI (activité humaine), dont les méthodes d'intervention peuvent grandement impacter certaines espèces telle que la Tortue d'Hermann.

► **Incendies**

Le régime actuel des incendies sur le territoire de la plaine des Maures n'a plus rien de naturel et la plupart des départs sont d'origine anthropique. Ainsi, la fréquence et l'intensité des feux ne cessent d'augmenter ces dernières dizaines d'années. Cette tendance devrait se poursuivre, ce qui représente une menace forte pour les habitats et les espèces. Les incendies participent par exemple à l'atterrissement des milieux humides temporaires et représentent l'une des menaces les plus importantes pour la population de Tortue d'Hermann.

► **Urbanisation périphérique**

La fragmentation progressive des écosystèmes, liée à l'urbanisation périphérique, réduit la connectivité entre les habitats et les espèces, compliquant ainsi les dynamiques de dispersion. Bien que le développement urbain soit interdit sur le périmètre de la réserve, une pression croissante en périphérie de la réserve est à prévoir, ce qui pourrait renforcer le mitage des habitats, les conflits d'usage ainsi que les menaces liées aux risques incendie et pollution (ex : ICPE).

► **Activités de loisirs**

Les activités de loisirs sont traitées pour les impacts négatifs qu'elles peuvent engendrer à travers le non-respect de la réglementation (intrusion d'engins motorisés, hors-sentier, déchets, chiens non tenus en laisse, nuisances sonores, dégradations...).

► **Aménagements liés à la raréfaction de la ressource en eau**

La RNN de la plaine des Maures est située au cœur d'un territoire où la question de la disponibilité de la ressource en eau est déjà centrale puisque de nombreuses activités en dépendent (agriculture, alimentation en eau potable des habitations...), tout comme les écosystèmes de la réserve. Ainsi, le partage de cette ressource constituera probablement une pression importante pour le site dans le futur.

Dans ce contexte, une augmentation des sollicitations en faveur d'aménagements hydrauliques (retenues, drains, dérivations, talus...) est pressentie. Ces aménagements pourraient modifier l'alimentation en eau de la réserve et notamment altérer le fonctionnement hydrologique naturel des milieux humides temporaires de la réserve, ce qui aurait d'importantes conséquences sur les cortèges qui y sont inféodés.

► **Pathogènes et insectes susceptibles d'impacter les peuplements forestiers**

La présence d'insectes susceptibles d'impacter les peuplements forestiers et de champignons pathogènes est déjà notée sur le territoire de la réserve, notamment les espèces suivantes :

- **La cochenille tortue du pin** (*Toumeyella parvicornis*) : Cet hémiptère originaire d'Amérique du Nord parasite les pins parasols et les pins maritimes. Les colonies s'installent sur les aiguilles et les branches et consomment la sève, ce qui fragilise les arbres et peut à terme conduire à leur dépérissement (Préfet du Var, 2025) ;
- **La cochenille du pin maritime** (*Matsucoccus feytaudi*) : La présence de cet hémiptère sur les pins maritimes provoque des émissions de résine anormales qui affaiblissent les arbres et favorisent l'installation de parasites secondaires. Ces derniers peuvent à terme conduire à un important dépérissement des peuplements (Boutte *et al.*, 2017) ;
- **Le bombyx disparate** (*Lymantria dispar*) : Les chenilles de cet hétérocère se nourrissent des feuilles de feuillus, principalement les chênes. Leur présence peut donc conduire à une forte défoliation des peuplements. Ce phénomène contribue à l'affaiblissement des arbres mais ne provoque généralement pas leur mort (Carouille *et al.*, 2019) ;
- **Le charbon de la mère** (*Biscogniauxia mediterranea*) : Ce champignon affecte les arbres, en particulier les chênes-liège, affaiblis notamment par les incendies et les aléas climatiques comme les sécheresses. Il peut ainsi entraîner la mort des arbres (Husson, 2025).

Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique

Réserve naturelle nationale de la plaine des Maures

L'évolution des conditions climatiques, notamment l'adoucissement des hivers et l'accentuation du stress hydrique lors des sécheresses, pourra conduire à l'affaiblissement des arbres. Ces phénomènes constitueront probablement des facteurs aggravants dont les pathogènes et les insectes susceptibles d'impacter les peuplements forestiers pourraient profiter pour se développer davantage.

► ***Espèces exotiques envahissantes***

Différentes espèces exotiques envahissantes se développent sur la réserve. Le changement climatique est susceptible de représenter une opportunité de développement pour certaines d'entre elles. Par exemple, certaines espèces végétales originaires de pays plus chauds et plus arides pourraient profiter de l'évolution des conditions climatiques sur la plaine des Maures, ce qui représenterait une pression supplémentaire pour les espèces indigènes. La trajectoire et l'ampleur de ces possibles évolutions restent toutefois difficiles à anticiper à l'heure actuelle.

► ***Moyens techniques et humains***

Plusieurs objets composant la réserve, en particulier les outils et moyen de gestion qui y sont déployés, peuvent être impactés par les évolutions climatiques, mais sont surtout dépendants des moyens techniques et humains permettant leur mise en œuvre. Ces moyens dépendent principalement des choix du gestionnaire et autres instances décisionnaires, ainsi que des décisions politiques aux différentes échelles territoriales. Leur évolution est donc inconnue.

► ***Orientations politiques nationales et du territoire***

Les actions de la réserve sont menées en étroite collaboration avec les acteurs du territoire, les collectivités et les scientifiques. Les orientations politiques des collectivités, de même que des orientations politiques nationales tels que les financements pour la recherche par exemple, peuvent influencer largement les possibilités d'actions sur le territoire.

4. Résultats de l'analyse

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

VULNÉRABILITÉ ET OPPORTUNITÉ DES OBJETS DU PATRIMOINE NATUREL

► Tortue d'Hermann

VULNERABILITE TRES FORTE

Les effets du changement climatique sont déjà visibles sur le comportement des Tortues d'Hermann. En effet, l'augmentation des températures ces dernières années, notamment l'adoucissement des hivers, semble entraîner une **réduction de la durée et de l'intensité des périodes d'hibernation**. Les tortues entrent en hibernation plus tardivement et en sortent plus précocement. De plus, une reprise d'activité en hiver est parfois observée chez certains individus. Les conséquences physiologiques de ces réveils restent à déterminer. Ainsi, la poursuite du réchauffement des températures hivernales devrait continuer d'impacter l'hibernation des individus. De plus, les conséquences de potentiels épisodes de gel tardif sur la survie des tortues lorsque celles-ci se réveillent au cours de l'hibernation ou sortent d'hibernation plus tôt ne sont à ce jour pas connues.

La disponibilité en eau, fortement liée aux précipitations, est un paramètre crucial pour la survie et la reproduction des Tortues d'Hermann. Les projections tendent vers une **accentuation du stress hydrique** (hausse des températures, hausse des périodes de sécheresse, potentielle diminution du cumul des précipitations, hausse de l'ETP) **qui serait défavorable pour la condition corporelle et le taux de reproduction des individus**. De plus, les juvéniles et les immatures semblent particulièrement sensibles à la diminution des précipitations hivernales et au manque de ressources en eau et en nourriture qu'elle peut induire, notamment à la sortie de l'hibernation. Ainsi, la potentielle augmentation des épisodes de sécheresse dans le contexte du changement climatique pourrait influencer défavorablement la démographie de l'espèce sur la RNN de la plaine des Maures.

Toutefois, la Tortue d'Hermann reste une espèce rustique qui présente une certaine **plasticité comportementale**, lui permettant d'ajuster ses activités en réponse à l'augmentation des températures et de la sécheresse. Elle peut ainsi modifier ses horaires d'activité pour éviter les périodes les plus chaudes de la journée et s'adapter lors d'une année sèche. En revanche, des questions se posent quant à l'impact d'une succession d'années sèches sur la dynamique de population.

Enfin, l'espèce fait face à des pressions extérieures dont certaines seront-elles-mêmes influencées par le changement climatique. C'est le cas des **incendies dont la fréquence et l'intensité entraînent des conséquences dramatiques directes (mortalité) et indirectes (ralentissement de la démographie)** sur la population de Tortue d'Hermann de la plaine des Maures. Le temps de retour à un état stable est très long et nécessite au moins 25 à 30 ans sans incendie. Le changement climatique devrait induire une augmentation du nombre de jours présentant un risque incendie avéré avec une probable hausse de la fréquence et de l'intensité des événements de feux, ce qui pourrait renforcer la vulnérabilité de l'espèce sur le territoire. L'espèce pourrait également être impactée par un **report de la fréquentation de la réserve**

au printemps et aux heures fraîches, qui concentrerait le public sur les zones à tortues lors de leur période sensible d'activité. Les **risques de dérangement, de prélèvement et de prédation par les chiens de compagnie devraient ainsi être renforcés**. Par ailleurs, l'espèce est aussi très sensible à la disparition et la fragmentation de ses habitats, notamment causées par l'urbanisation. Ainsi, l'ensemble de ces éléments mènent à évaluer la population de Tortue d'Hermann de la réserve comme fortement vulnérable au changement climatique, d'autant plus que cette dernière est déjà fragilisée par les récents incendies et que l'espèce possède une faible capacité de dispersion.

Sources : (Ballouard et al., 2023; Cheylan et al., 2008; Couturier et al., 2014; Fernández-Chacón et al., 2011) ; entretiens avec Joseph CELSE (CEN PACA) et Jean-Marie BALLOUARD (SOPTOM) ; analyse de l'équipe gestionnaire

► **Forêt à *Quercus suber***

VULNERABILITE FORTE

Les chênes liège bénéficient déjà de stratégies d'adaptation en réaction aux périodes de stress qui pourront être utiles dans le contexte de changement climatique (réduction de la croissance, régulation des échanges gazeux...).

Néanmoins, **l'augmentation du stress hydrique en lien avec le changement climatique pourrait conduire à un possible dépérissement de certains peuplements**. En effet, l'augmentation des températures, de la durée des périodes de sécheresses et de l'ETP pourraient impacter la croissance des chênes-liège, diminuer la capacité de régénération des suberaies et altérer les interactions biologiques au sein de ces écosystèmes. Dans ce contexte, la suberaie sèche serait a priori plus vulnérable que la suberaie mésophile implantée dans des sols plus profonds et plus humides.

Des facteurs extérieurs plus ou moins influencés par le changement climatique pourront également exercer une pression sur les boisements de chêne liège. C'est notamment le cas des incendies, dont l'intensité et la fréquence devraient augmenter. Ainsi, même si ces arbres sont résistants au feu, la répétition de ces événements peut conduire à leur affaiblissement, voire à leur dépérissement. De plus, les impacts liés à la sécheresse et aux incendies s'alimentent mutuellement : **les sécheresses exposent davantage les peuplements aux feux et l'augmentation de ces derniers entraîne une moins bonne résistance de la forêt et des sols à la sécheresse**.

Par ailleurs, **les maladies et les insectes susceptibles d'impacter les peuplements forestiers pourraient potentiellement profiter de cet affaiblissement des arbres** dû au stress hydrique et aux incendies pour se développer.

La vulnérabilité de cet objet au changement climatique est donc jugée forte car certains peuplements seront potentiellement soumis à un dépérissement lié à l'accentuation du stress hydrique. De plus, les incendies, le développement des maladies et insectes susceptibles d'impacter les peuplements forestiers, ainsi que la modification de la dynamique hydraulique de la réserve en lien avec de potentiels projets d'aménagements du territoire représentent des facteurs extérieurs influencés par le changement climatique qui renforcent cette potentielle vulnérabilité des boisements de chêne liège.

Sources : (Cheylan, 2022; Mallard et al., 2024) ; entretien avec Katia DIADEMA et Virgile NOBLE (CBNMed) ; analyse de l'équipe gestionnaire

► **Pinède à *Pinus pinea***

VULNERABILITE FORTE

Les impacts du changement climatique sur *Pinus pinea* en France sont moins documentés que pour *Quercus suber*. Il apparaît tout de même que la croissance du Pin pignon serait négativement influencée par les sécheresses et par une hausse des températures printanières. La pinède devrait ainsi réagir à peu près de la même manière que les boisements à *Quercus suber*. Elle semble d'ailleurs plus sensible aux incendies car les conifères sont plus inflammables que les feuillus et leur régénération est plus lente que celle du chêne-liège.

Comme les boisements de chêne-liège, la pinède pourrait être soumise à la **hausse du développement de maladies et/ou d'insectes susceptibles d'impacter les peuplements forestiers**, notamment la cochenille-tortue du pin, profitant de l'affaiblissement des arbres dû au stress hydrique et aux incendies.

Sources : (Mallard et al., 2024; Mechergui et al., 2021) ; entretien avec Katia DIADEMA et Virgile NOBLE (CBNMed) ; analyse de l'équipe gestionnaire

► **Mares et ruisseaux temporaires**

VULNERABILITE MOYENNE

L'évolution du régime de précipitations conditionne directement la disponibilité en eau. L'augmentation de la fréquence des sécheresses et de l'évapotranspiration potentielle durant l'été aurait un impact limité sur l'objet car **les milieux humides temporaires sont déjà adaptés à l'assèchement estival**. En revanche, **si ces phénomènes s'intensifient au printemps, ils pourraient affecter significativement le développement des espèces** inféodées à ces milieux et altérer le fonctionnement écologique de ces derniers.

Le compartiment abiotique de cet habitat ne dispose pas de capacité d'adaptation intrinsèque. Ainsi, sa durée de mise en eau sera soumise à la forte variabilité interannuelle des précipitations et à l'intensité des périodes de sécheresse. En revanche, **le compartiment biotique présente une résilience non négligeable**, notamment grâce à une banque de graines résistante, des espèces frugales en eau et des stratégies de développement adaptées aux fortes variations des conditions de mise en eau. Ainsi, les tendances à moyen et long terme ne devraient pas drastiquement varier car les variations interannuelles permettront des années où la banque de graines pourra s'exprimer. La composition des communautés végétales pourrait toutefois éventuellement évoluer vers des espèces amphibies et xérophiles, au détriment des espèces strictement hygrophiles patrimoniales.

Par ailleurs, la probable augmentation de **la fréquence et l'intensité des incendies** devrait avoir des impacts directs (destruction des espèces) et indirects via **l'atterrissement accéléré des mares et ruisseaux temporaires**, réduisant leur capacité à se remplir et à fonctionner correctement. De plus, la potentielle émergence de projets d'aménagement hydraulique pourrait **altérer le fonctionnement hydrologique naturel des réseaux temporaires et réduire leur alimentation en eau**.

La vulnérabilité de cet objet au changement climatique est ainsi jugée moyenne car cet habitat déjà adapté au climat méditerranéen possède des stratégies de résilience face aux variations interannuelles de mise en eau mais reste sensible à la fréquence et à l'intensité des incendies.

Sources : Entretien avec Katia DIADEMA et Virgile NOBLE (CBNMed) ; analyse de l'équipe gestionnaire ; (Cayuela et al., 2012; Zacharias et al., 2007)

► *Renoncule de Revelière*

VULNERABILITE MOYENNE

Cette espèce est fortement dépendante des conditions de mise en eau des mares temporaires et est donc sensible aux variations du régime de précipitations. Les périodes de sécheresse en dehors de l'été, en particulier au printemps ou à l'automne pourraient compromettre son cycle de développement. **Son maintien sur le site sera fortement dépendant de l'évolution de l'alimentation en eau des milieux humides temporaires dans lesquels elle se développe.**

Elle présente en revanche des **capacités d'adaptation** grâce à une banque de graines, une grande plasticité de germination et un cycle de vie annuel court. De plus, la température ne devrait a priori pas être un facteur limitant car elle semble adaptée à des conditions relativement chaudes. En effet, sa température optimale de germination serait de 25°C (Katia Diadema, comm. personnelle).

En revanche, **l'impact de pratiques anthropiques liées à la ressource en eau au cours d'années sèches pourra décupler les effets de la sécheresse et pourra menacer l'espèce.**

Les incendies sont également susceptibles d'avoir un impact négatif sur l'espèce car ils participent à l'atterrissement des mares temporaires, réduisant leurs capacités de stockage de l'eau et d'accueil pour les espèces.

Ainsi, si les flux d'eau sur la réserve ne sont pas modifiés par des projets humains d'aménagement hydraulique, la vulnérabilité de l'espèce au changement climatique est jugée moyenne car elle est relativement bien adaptée aux conditions méditerranéennes mais reste dépendante de l'évolution de la mise en eau des mares temporaires et est soumise à la potentielle augmentation des incendies.

Sources : Entretien avec Katia DIADEMA et Virgile NOBLE (CBNMed), analyse de l'équipe gestionnaire

► *Pelouses mésophiles à Serapias*

VULNERABILITE MOYENNE

Ces pelouses **situées en périphérie des mares temporaires** devraient suivre à peu près les **mêmes tendances que ces dernières**. Si les mares venaient à s'assécher plus régulièrement et/ou plus longtemps, les pelouses mésophiles à Serapias pourraient être affectées par le manque d'eau, notamment au printemps.

Ce milieu est toutefois plutôt **bien adapté aux conditions méditerranéennes** et présente des stratégies de résilience via une **banque de graines conséquente** qui conduisent à lui attribuer un niveau de vulnérabilité au changement climatique moyen.

Sources : Entretien avec Katia DIADEMA et Virgile NOBLE (CBNMed), analyse de l'équipe gestionnaire

► *Isoète de Durieu*

VULNERABILITE FAIBLE

L'Isoète de Durieu est une fougère ancestrale déjà adaptée à des conditions climatiques extrêmes. Elle est capable de déployer des **stratégies de résilience la rendant relativement tolérante à des conditions faiblement humides**. De plus, même si la variabilité interannuelle peut conduire à certaines années sèches où l'espèce ne s'exprime pas, une **banque de graines** devrait rester viable dans le sol et être mobilisée les

années suivantes lorsque les conditions d'humidité seront propices à son développement. Ainsi, les tendances à moyen et long terme pourraient ne pas forcément changer car les variations interannuelles permettront à la banque de graines de s'exprimer certaines années.

En revanche, **l'impact de pratiques anthropiques liées à la ressource en eau au cours d'années sèches est susceptible de décupler les effets de la sécheresse et pourra menacer l'espèce.**

Toutefois, si les flux d'eau sur la réserve ne sont pas modifiés par des projets humains d'aménagement hydraulique, la vulnérabilité de l'espèce au changement climatique est jugée plutôt faible car elle est relativement bien adaptée aux conditions méditerranéennes et peut se développer dans des conditions peu humides.

Sources : Entretien avec Katia DIADEMA et Virgile NOBLE (CBNMed), analyse de l'équipe gestionnaire

► **Dalles de grès permien**

VULNERABILITE NEUTRE

L'état des dalles de grès devrait rester similaire à celui d'aujourd'hui car les paramètres climatiques ne semblent pas évoluer vers un état favorisant l'érosion de la roche. En effet, le cumul des précipitations devrait rester stable ou diminuer, ce qui a priori impacterait peu les dalles. En revanche, des questions subsistent quant aux réponses des communautés de bryophytes et de lichens qui y sont inféodées face aux évolutions climatiques.

Sources : analyse de l'équipe gestionnaire

► **Maquis bas**

OPPORTUNITE MOYENNE

Le maquis est déjà une formation thermo-méditerranéenne qui fait face à des conditions chaudes et sèches et qui ne risque pas de se retrouver bouleversée par les évolutions climatiques futures. En effet, ces dernières devraient **impacter les habitats plus sensibles** et **uniformiser le paysage**, ce qui **favoriserait indirectement le développement du maquis**. De plus, la **réurrence et l'intensité des incendies** renforcées dans le contexte du changement climatique tendront à **maintenir les stades de succession végétale assimilés au maquis**.

Sources : Entretien avec Katia DIADEMA et Virgile NOBLE (CBNMed), analyse de l'équipe gestionnaire

► Synthèse

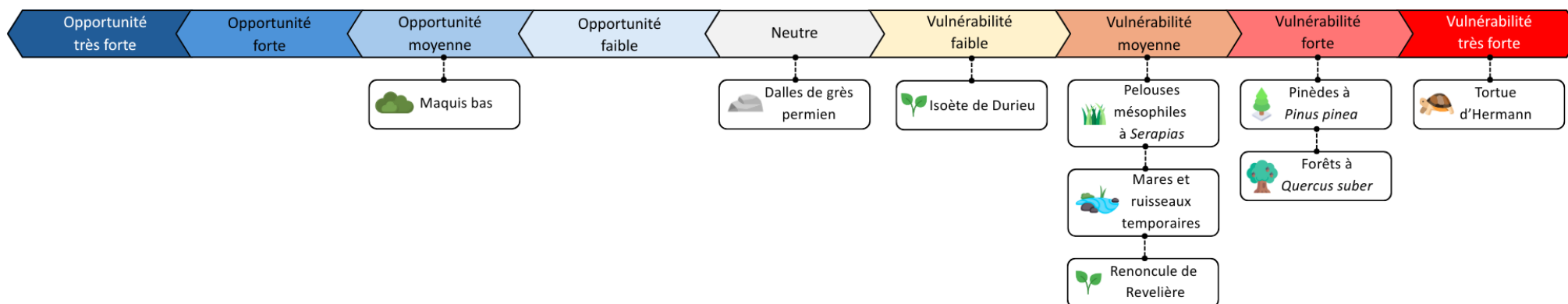


Figure 5. Schéma synthétique des résultats de l'analyse de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique des objets du patrimoine naturel

EVOLUTIONS POTENTIELLES DES ACTIVITÉS SOCIO-ÉCONOMIQUES

► Viticulture

La hausse des températures, notamment en été, ainsi que l'augmentation des épisodes de canicule et de sécheresse entraîneront un important **stress hydrique** pour les vignes, pouvant mener à des **pertes de rendement**.

Le raisin serait plus exposé aux **coups de chaleurs** et les taux de sucre pourraient devenir trop importants. De plus, les hivers doux favoriseront un débourrement précoce, rendant la vigne plus **sensible aux potentiels épisodes de gel tardif**. Enfin, le changement climatique est susceptible de fragiliser le matériel végétal qui deviendrait **moins résistant aux pathogènes**.

Une évolution des pratiques pourrait ainsi avoir lieu pour répondre aux enjeux climatiques. Le gestionnaire de la réserve peut d'ailleurs jouer un rôle d'accompagnateur des viticulteurs dans une démarche de transition vers des pratiques agroécologiques.

Sources : (Ollat, Touzard, 2024) ; analyse de l'équipe gestionnaire

► Gestion DFCI

La probable augmentation du risque incendie sur la réserve, en lien avec la hausse des températures et des périodes de sécheresse, nécessitera a priori la garantie d'ouvrages DFCI opérationnels. **La stratégie de défense devrait globalement rester stable** dans les années à venir et suivre la doctrine nationale reposant sur une attaque systématique, rapide et massive des feux naissants. Concernant les méthodes employées, il est difficile d'estimer à l'heure actuelle si celles-ci resteront similaires à celles d'aujourd'hui ou si elles pourront être amenées à évoluer. **Le maintien d'une collaboration étroite sera nécessaire entre le gestionnaire et les différentes parties prenantes afin de concilier au mieux les activités DFCI et les enjeux de préservation de la biodiversité et des écosystèmes.**

Sources : entretien avec le SDIS 83 ; analyse de l'équipe gestionnaire

► Fréquentation du public

La fréquentation de la réserve devrait **diminuer en période estivale**, d'autant plus que la probable augmentation du risque incendie entraînerait une réduction du nombre de jours lors desquels l'accès est autorisé. Un **décalage des visites aux heures les plus fraîches** (matin et soir) ainsi qu'un **report de fréquentation au printemps et en automne** sont à attendre. De plus, cette dernière pourrait localement se concentrer sur les zones les plus fraîches de la réserve (points d'eau, rivière, forêt) et sur des périodes sensibles pour la faune.

Sources : analyse de l'équipe gestionnaire

EVOLUTIONS POTENTIELLES DES OUTILS ET MOYENS DE GESTION

► Surveillance : sensibilisation et police

L'augmentation de la durée et de la fréquence des périodes de sécheresse devrait allonger les périodes d'alerte incendie, **conduisant les missions de police et de sensibilisation à être renforcées**. La hausse des températures et des périodes de chaleurs devrait rendre les conditions de travail physiquement plus difficiles et risquées pour la santé des agents. **Les horaires de présence sur le terrain auront potentiellement besoin d'être adaptés** au décalage de fréquentation aux heures les plus fraîches. Les capacités d'adaptation des équipes dépendront des moyens humains et financiers disponibles.

Sources : analyse de l'équipe gestionnaire

► *Suivis scientifiques*

Les suivis devront **s'adapter aux potentielles modifications de la phénologie des espèces**, ainsi qu'à la possible disparition ou arrivée de certaines. L'allongement des périodes d'alerte incendie pourra éventuellement contraindre l'accès à la réserve ce qui impactera les suivis à mener. Les capacités d'adaptation de l'équipe dépendront des moyens humains et financiers disponibles.

En revanche, le changement climatique réaffirme l'importance des suivis scientifiques pour comprendre ses impacts sur les habitats, les espèces et les fonctionnalités des écosystèmes de la réserve.

Sources : analyse de l'équipe gestionnaire

► *Ancrage territorial de la réserve*

Consolider l'ancrage territorial de la réserve fait partie intégrante des missions du gestionnaire. La thématique du changement climatique devrait être intégrée dans les échanges avec les acteurs du territoire, pour leur permettre une meilleure appropriation du sujet. Cela pourrait renforcer leur intérêt pour la réserve, notamment comme zone d'amélioration des connaissances et de la compréhension des enjeux climatiques. Le gestionnaire de la réserve se placerait ainsi comme accompagnateur vers une meilleure acceptation des effets du changement climatique et comme structure ressource pour la mise en place d'une démarche d'adaptation et d'atténuation à l'échelle locale.

Sources : analyse de l'équipe gestionnaire

5. Nouveaux arrivants

Les nouveaux arrivants sont les espèces ou habitats actuellement absents du site et qui pourraient émerger dans le futur. On s'intéresse ici aux potentiels nouveaux arrivants liés au changement climatique. Globalement en France, les espèces migrent vers le Nord et en altitude afin de s'adapter à la hausse des températures et ses conséquences. La RNN de la plaine des Maures est située non loin du littoral méditerranéen et est entourée de zones urbanisées. Il faut donc réfléchir à plus grande échelle afin de comprendre les modifications et arrivées possibles. Les éléments présentés ci-dessous ne sont pas exhaustifs, mais permettent d'amorcer une réflexion sur ce sujet dans la continuité du diagnostic réalisé.

Les potentielles espèces floristiques qui pourraient arriver sur la réserve sont des espèces zoochores ubiquistes ou siliceuses, transportées depuis le sud sur de longues distances et qui seraient adaptées à des conditions relativement arides. Si le climat de la réserve continue de s'intensifier, une remontée de certaines espèces depuis la zone littorale pourrait être observée. C'est déjà le cas du Pistachier lentisque qui pourrait prendre encore plus d'importance qu'aujourd'hui.

Il reste globalement difficile d'anticiper les potentielles arrivées sur la réserve. De plus, la modification des cortèges d'espèces d'un territoire est considérée, par le gestionnaire de la réserve, comme une réponse naturelle d'un écosystème à des pressions, anthropiques ou non.

V. Récit prospectif

Le récit prospectif de la réserve a pris la forme d'une carte postale venant du futur, écrite par l'équipe gestionnaire de la réserve.



Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique
Réserve naturelle nationale de la plaine des Maures

VI. Conclusion

Globalement, la RNN de la plaine des Maures accueille des écosystèmes méditerranéens relativement bien adaptés à des conditions chaudes et sèches. Le potentiel renforcement de la sécheresse apparaît tout de même comme étant le facteur limitant pour plusieurs objets du patrimoine naturel, notamment les boisements. Les milieux humides temporaires devraient également en subir les conséquences mais les communautés végétales arborent des stratégies de résilience leur permettant de s'adapter aux variations interannuelles des conditions de mise en eau. Par ailleurs, la Tortue d'Hermann figure parmi les objets du patrimoine naturel les plus vulnérables au changement climatique sur la réserve, de manière directe mais aussi indirectement en raison de facteurs extérieurs, eux-mêmes influencés par les tendances climatiques et qui devraient exercer une forte pression sur l'espèce. En revanche, le maquis bas pourrait tirer profit des évolutions climatiques pour se développer, notamment après le passage des incendies.

Enfin, les évolutions climatiques affecteront également les activités du territoire et feront certainement émerger de nouveaux besoins autour du partage de la ressource en eau. Les outils et moyens de gestion mis en place sur la réserve devront certainement évoluer pour répondre à l'évolution de ces différents enjeux.

Par ailleurs, il est important de rappeler que ce DVO intègre des projections de l'évolution des écosystèmes, des activités humaines et des outils et moyens de gestion mis en œuvre sur la réserve par le prisme du changement climatique. Elles sont basées sur les connaissances scientifiques disponibles au moment de la rédaction et du ressenti des experts interrogés, dont ceux de l'équipe gestionnaire. Elles ne peuvent pas être exhaustives et il n'est pas possible d'affirmer avec certitude que toutes les trajectoires énoncées seront suivies, compte-tenu des nombreuses inconnues concernant l'évolution future de nos socio-écosystèmes.

Néanmoins, ce travail a permis au gestionnaire de la réserve de s'approprier la thématique du changement climatique et de développer une vision dynamique et évolutive des écosystèmes dans ce contexte. La gestion envisagée dans le cadre du renouvellement du plan de gestion du site semble d'ailleurs déjà s'inscrire dans une démarche d'accompagnement des changements qui pourront avoir lieu. Ainsi, le rôle de la réserve sera de faciliter l'acceptation de cette philosophie sur son territoire.

Liste des acronymes

BDIFF	Base de données sur les incendies de forêts en France
CBNMed	Conservatoire botanique national méditerranéen
CEN	Conservatoire d'espaces naturels
DFCI	Défense des forêts contre les incendies
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
DVO	Diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité face au changement climatique
ETP	Evapotranspiration potentielle
EVEE	Espèce végétale exotique envahissante
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
IFM	Indice Feu Météo
ONERC	Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique
PACA	Provence-Alpes-Côte d'Azur
RCP	Representative Concentration Pathway
RNF	Réserves Naturelles de France
RNN	Réserve naturelle nationale
SDIS	Service départemental d'incendie et de secours
SNPN	Société nationale de protection de la nature
SOPTOM	Station d'Observation et de Protection des TORTUES et de leurs Milieux
TRACC	Trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique

Bibliographie

- AGENCE MTD, 2008. *Plan départemental de protection des forêts contre les incendies* [en ligne]. 2008. [Consulté le 20 mai 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.var.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Foret/Plan-departemental-de-protection-des-forets-contre-les-incendies/Plan-departemental-de-protection-des-forets-contre-les-incendies>
- ALLEN, Richard G., PEREIRA, Luis S., RAES, Dirk et SMITH, Martin, 1998. *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements* [en ligne]. repr. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations. [Consulté le 2 mai 2025]. FAO irrigation and drainage paper, 56. ISBN 978-92-5-104219-9. Disponible à l'adresse : <https://www.fao.org/4/x0490e/x0490e00.htm>
- ASSOCIATION INFOCLIMAT, 2025. Infoclimat. [en ligne]. 2025. [Consulté le 27 mai 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.infoclimat.fr/>
- BALLOUARD, Jean-Marie, AFÉRIAT, Magalie, GILLET, Geoffrey, DANELUZZI, Alexia, YVIN, Maïwen, GARNIER, Emma, LEVASSEUR, Romain, MOREAUX, Lucas, DELORME, Olivia, GUICHETEAU, Dominique, CARON, Sébastien, LABOURE, Leslie, RODRIGUEZ, Cyril, CATARD, Antoine, BONNET, Xavier et VERCOUTTER, Farah, 2023. Impact d'un incendie en fonction de l'habitat sur la population de tortues d'Hermann *Testudo hermanni hermanni* de la Réserve Naturelle Nationale de la Plaine des Maures. *Bulletin de la Société Herpétologique de France*. 2023. N° 183, pp. 1-17. DOI 10.48716/bullshf.183-2.
- BOUTTE, B., DAUBREE, J.B. et GOUDET, M., 2017. *Prévention et lutte contre la cochenille du tronc du pin maritime. Synthèse des travaux de la recherche et des observations du Département de la santé des forêts*. [en ligne]. septembre 2017. [Consulté le 1 septembre 2025]. Disponible à l'adresse : <https://agriculture.gouv.fr/prevention-et-lutte-contre-la-cochenille-du-tronc-du-pin-maritime-synthese-des-travaux-de-la>
- CAROULLE, F., BENISTAND-HECTOR, L. et GIRARD, P., 2019. *Bombyx disparate : les pontes hivernales nombreuses annoncent des défoliations sur feuillus en hausse*. avril 2019.
- CAYUELA, Hugo, BESNARD, Aurélien, BÉCHET, Arnaud, DEVICTOR, Vincent et OLIVIER, Anthony, 2012. Reproductive dynamics of three amphibian species in Mediterranean wetlands: the role of local precipitation and hydrological regimes. *Freshwater Biology*. 2012. Vol. 57, n° 12, pp. 2629-2640. DOI 10.1111/fwb.12034.
- CHATRY, Christian, LE GALLOU, Jean-Yves, LE QUENTREC, Michel, LAFITTE, Jean-Jacques, LAURENS, Denis et CREUCHET, Bertrand, 2010. Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts. . 2010.
- CHEYLAN, Marc, 2022. Incendie de la plaine des Maures : bilan et perspectives. *Le courrier de la nature*. 2022. Vol. 335, pp. 41-45.
- CHEYLAN, Marc, COUTURIER, Thibaut, et GUILLELME ASTRUC, 2008. *Impact des incendies sur la tortue d'Hermann. Résultats des études menées dans le Var* [en ligne]. 2008. DREAL PACA. [Consulté le 6 juin 2025]. Disponible à l'adresse : <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.27699.63527>
- COUDURIER, Christine, PETIT, Laetitia et TISSOT, Anne-Cerise, 2023. *Démarche d'adaptation au changement climatique Natur'Adapt – Guide méthodologique d'élaboration d'un diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité et d'un plan d'adaptation à l'échelle d'une aire protégée*. LIFE Natur'Adapt – Réserves Naturelles de France.
- COUTURIER, Thibaut, BESNARD, Aurélien, BERTOLERO, Albert, BOSCH, Valérie, ASTRUC, Guillelme et CHEYLAN, Marc, 2014. Factors determining the abundance and occurrence of Hermann's tortoise *Testudo hermanni* in France and Spain: Fire regime and landscape changes as the main drivers. *Biological Conservation*. 1 février 2014. Vol. 170, pp. 177-187. DOI 10.1016/j.biocon.2013.12.028.
- DÉPARTEMENT DU VAR, 2015. *Réserve Naturelle Nationale de la Plaine des Maures. Plan de gestion 2016-2020*.

- FERNÁNDEZ-CHACÓN, Albert, BERTOLERO, Albert, AMENGUAL, Arnau, TAVECCHIA, Giacomo, HOMAR, Víctor et ORO, Daniel, 2011. Spatial heterogeneity in the effects of climate change on the population dynamics of a Mediterranean tortoise. *Global Change Biology*. 2011. Vol. 17, n° 10, pp. 3075-3088. DOI 10.1111/j.1365-2486.2011.02469.x.
- GREC-SUD, 2023. *Les synthèses des cahiers du GREC-SUD. Enjeux climatiques en région Provence-Alpes-Côte d'Azur* [en ligne]. 2023. Disponible à l'adresse : <https://www.grec-sud.fr/wp-content/uploads/2023/01/Synthese-region-2023.08.25.pdf>
- HUSSON, C, 2025. Biscogniauxia mediterranea - Charbon de la mère. *INRAE e-phytia* [en ligne]. 23 juin 2025. [Consulté le 2 septembre 2025]. Disponible à l'adresse : <https://ephytia.inra.fr/fr/C/27446/Forets-Charbon-de-la-mere>
- MALLARD, Fanny, GEOFFROY, Félix et DRAGON, Thibault, 2024. *Programme recherche-action Aux Arbres Citoyens - Etude de la régénération naturelle des forêts post-incendie - Cas d'étude des forêts méditerranéennes de la Réserve Naturelle Nationale et du massif de la plaine des Maures. Rapport final* [en ligne]. Société Nationale de Protection de la Nature. [Consulté le 25 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : <https://hal.science/hal-05039421>
- MECHERGUI, K., SALEH ALTAMIMI, A., JAOUADI, W. et NAGHMOUCHI, S., 2021. Climate change impacts on spatial distribution, tree-ring growth, and water use of stone pine (*Pinus pinea* L.) forests in the Mediterranean region and silvicultural practices to limit those impacts. *iForest - Biogeosciences and Forestry*. 2021. Vol. 14, n° 2, pp. 104. DOI 10.3832/ifer3385-013. world
- MÉTÉO-FRANCE, 2025a. Données Publiques de Météo-France - Fiche climatologique. [en ligne]. 2025. [Consulté le 27 mai 2025]. Disponible à l'adresse : https://donneespubliques.meteofrance.fr/?fond=produit&id_produit=117&id_rubrique=39
- MÉTÉO-FRANCE, 2025b. CLIMAT HD par Météo-France. [en ligne]. 2025. [Consulté le 27 mai 2025]. Disponible à l'adresse : <https://meteofrance.com/climathd>
- MÉTÉO-FRANCE, 2025c. DRIAS, Les futurs du climat. [en ligne]. 2025. [Consulté le 20 mai 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.drias-climat.fr/>
- MÉTÉO-FRANCE, 2025d. DRIAS, Les futurs de l'Eau. [en ligne]. 2025. [Consulté le 27 mai 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.drias-eau.fr/>
- OLLAT, Nathalie et TOUZARD, Jean-Marc, 2024. *Vigne, vin et changement climatique*. Versailles : Éditions Quae. ISBN 978-2-7592-3796-8. 634.821
- ONERC, 2015. *Scénarios d'évolution des concentrations de gaz à effet de serre - Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. mars 2015.
- ORCAE, 2024. *Fiche indicateur - Risque Feux de forêt : Evolution temporelle et spatiale de l'Indice Forêt Météo - IFM données 2022*. 30 juillet 2024.
- PRÉFET DU VAR, 2025. Les mesures de lutte contre la cochenille tortue du pin. *Les services de l'État dans le Var* [en ligne]. 23 juin 2025. [Consulté le 1 septembre 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.var.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Faune-flore-animaux-de-Cie-protection-regulation-des-especes-chasse/Especes-invasives/Les-mesures-de-lutte-contre-la-cochenille-tortue-du-pin>
- SOUBEYROUX, Jean-Michel, BERNUS, Sebastien, SAMACOÏTS, Raphaëlle, ROUSSET, Fabienne, SCHNEIDER, Michel, DROUIN, Agathe, MADEC, Thumette, TARDY, Marc et CORRE, Lola, 2024. *A quel climat s'adapter en France selon la TRACC ?* [en ligne]. [Consulté le 23 mai 2025]. Disponible à l'adresse : <https://meteofrance.com/sites/meteofrance.com/files/files/editorial/rapport-trajectoire-rechauffement-adaptation-changement-climatique-partie-1.pdf>
- ZACHARIAS, Ierotheos, DIMITRIOU, Elias, DEKKER, Angela et DORSMAN, Edith, 2007. Overview of temporary ponds in the Mediterranean region: Threats, management and conservation issues. *Journal of Environmental Biology*. 2007. Vol. 28, n° 1, pp. 1-9.

Annexes

► **Annexe 1. Définitions des indicateurs DRIAS utilisés pour l'analyse climatique de la RNN de la plaine des Maures**

L'ensemble des informations suivantes sont issues du site internet de DRIAS (Météo-France, 2025c), disponible à l'adresse suivante : <https://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/181>

Définitions

Les **indicateurs** sont des agrégations temporelles calculées à partir de données quotidiennes, à différentes fréquences : mensuelles, saisonnières (DJF, MAM, JJA, SON) ou annuelles. On obtient ainsi une valeur par an et par point de grille SAFRAN, il s'agit d'indicateurs en série temporelle.

Pour une période de N jours ($i = 1, N$), on note :

- TN_i température minimale quotidienne du jour i
- TX_i température maximale quotidienne du jour i
- $TM_i = \frac{(TN_i+TX_i)}{2}$ température moyenne quotidienne du jour i
- TNR_i température minimale quotidienne de référence du jour i (calculée sur la période de référence)
- TXR_i température maximale quotidienne de référence du jour i (calculée sur la période de référence)
- RR_i précipitations quotidiennes du jour i

Indicateurs de températures

- Température moyenne [°C]
Moyenne des températures moyennes quotidiennes de la période $TM = \sum_{i=1}^N \frac{TM_i}{N}$
- Température minimale [°C]
Moyenne des températures minimales quotidiennes de la période $TN = \sum_{i=1}^N \frac{TN_i}{N}$
- Température maximale [°C]
Moyenne des températures maximales quotidiennes de la période $TX = \sum_{i=1}^N \frac{TX_i}{N}$
- Nombre de jours anormalement chauds [jours]
Nombre de jours pour lesquels $TX_i \geq TXR_i + 5^\circ\text{C}$

Indicateurs de précipitation

- Cumul de précipitations [mm]
Cumul sur la période des précipitations $RRC = \sum_{i=1}^N RR_i$
- Nombre de jours de pluie [jours]
 $N_w =$ Nombre de jours pour lesquels $RR_i \geq 1 \text{ mm}$
- Nombre de jours de fortes précipitations [jours]
Nombre de jours pour lesquels $RR_i \geq 20 \text{ mm}$
- Périodes de sécheresse [jours]
Max [Nombre de jours consécutifs pour lesquels $RR_i < 1 \text{ mm}$]

Evapotranspiration potentielle (ETP) [mm]

Les informations ci-dessous ainsi que les détails du calcul de l'ETP sont issues du site internet de DRIAS à l'adresse suivante : <https://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/310>

L'évapotranspiration est une composante essentielle du cycle de l'eau et du bilan hydrologique. On estime ainsi que **70% de l'eau totale reçue sur une zone (précipitation) est renvoyée dans l'atmosphère à travers le processus d'évapotranspiration**, tandis que les 30% restants constituent un écoulement de surface et souterrain.

Il existe deux types d'évapotranspiration pris en compte dans les études hydrologiques : l'évapotranspiration potentielle (ETP ou ETO) et l'évapotranspiration réelle (ETR).

L'évapotranspiration potentielle ETP peut se définir comme la **somme de la transpiration du couvert végétal, à travers les stomates des plantes, et de l'évaporation du sol** qui pourrait se produire en cas d'approvisionnement en eau suffisant (disponibilité en eau non limitative) pour un **couvert végétal bas, continu et homogène sans aucune limitation** (nutritionnel, physiologique ou pathologique). L'ETP est une valeur calculée par des formules mathématiques. L'évapotranspiration réelle ETR est la quantité totale d'eau qui s'évapore du sol/substrat et des plantes présentes dans une zone lorsque le sol est à son taux d'humidité naturel. Elle peut être estimée par type de culture à partir d'un bilan de l'eau du sol ou issue de modélisation (modèle SIM2).

Indice Feu Météorologique (IFM)

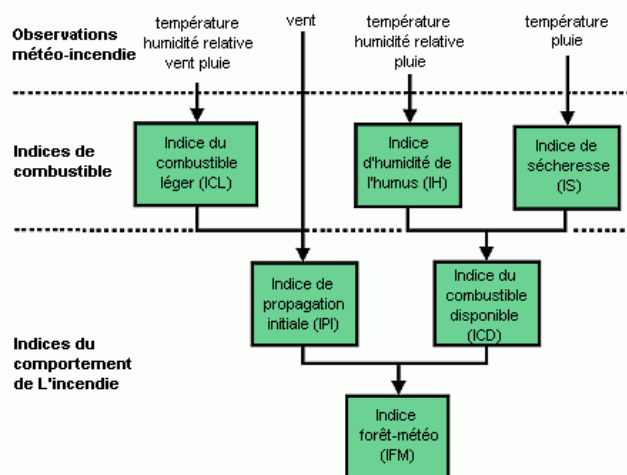
Les informations ci-dessous sont disponibles sur le site internet de DRIAS à l'adresse suivante : <https://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/189>

La base de l'analyse et de la prévision du danger météorologique d'incendies est fondée sur la méthode canadienne de l'évaluation de l'Indice Feu Météorologique (IFM), puis adaptée aux spécificités des contextes météorologiques et feu météorologiques de la métropole.

Les conditions de propagation et d'intensité des feux de forêt étant fortement liées aux conditions météorologiques, **l'IFM caractérise ainsi la propension d'un feu de forêt à s'aggraver et se propager sous l'influence des conditions météorologiques**. Il est calculé à partir de données météorologiques simples : température, humidité de l'air, vitesse du vent et cumul de précipitations. Ces données alimentent un modèle numérique qui simule l'état hydrique de la végétation et le danger météorologique quotidien d'incendie qui en découle.

Cette méthode physique de modélisation, élaborée dans les années 1970 par Van Wagner, consiste à **caractériser les conditions météorologiques pouvant donner lieu à des incendies via le calcul de l'IFM**. Cette méthode, présentée dans le schéma ci-contre comporte l'évaluation de six indices :

- Trois sous-indices permettent de **déterminer la teneur en eau** (c'est-à-dire la quantité d'eau liquide présente dans un échantillon de matière) **des couches de combustibles du sol ayant des vitesses de dessèchement différentes** (Indice du Combustible Léger, Indice d'Humus, et Indice de Sécheresse).
- Deux autres permettent de **prévoir le comportement d'un feu potentiel** via la **quantification de la vitesse de propagation** et de la **quantité de combustible brûlable** (Indice de Propagation Initiale, Indice de Combustible Disponible).
- L'indice final, **l'IFM est un indicateur d'ambiance qui permet de mesurer l'intensité du feu**.



On privilégiera l'utilisation de l'IFM au travers du décompte des nombres de jours de dépassements de seuils, permettant ainsi de valoriser les situations d'indices feux les plus importants. Dans ce DVO, le seuil retenu est $IFM \geq 20$, correspondant à une sensibilité Feu Météo « modérée », mais où la probabilité de départ d'un incendie est non négligeable.

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