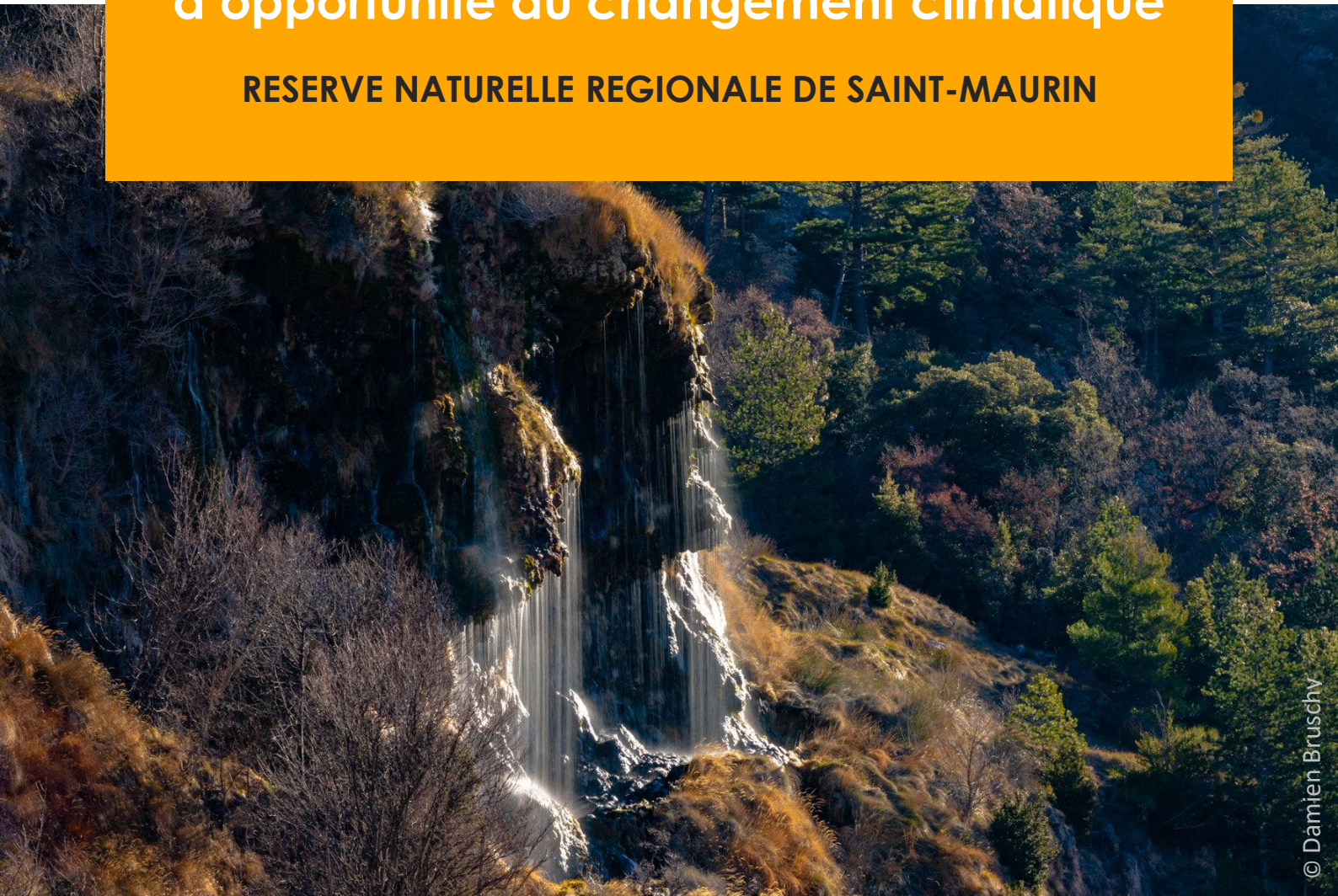


Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique

RESERVE NATURELLE REGIONALE DE SAINT-MAURIN



© Damien Bruschi

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

GRANATO Laura – CEN PACA

Citation de l'ouvrage

GATEL M., ABIS O., KELLER L., NOJAROFF N., GRANATO L., 2026. Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique – Réserve naturelle régionale de Saint-Maurin. Projet Natur'Adapt Sud : Adaptation de la gestion des réserves naturelles de Provence-Alpes-Côte d'Azur au changement climatique. 42 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	11
1. Climat de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur	11
2. Méthodologie d'analyse du climat.....	13
Sélection des paramètres climatiques	13
Méthodologie d'analyse du Climat récent	13
Méthodologie d'analyse du Climat futur	13
3. Analyse du climat du site.....	15
Indicateurs de température	15
Indicateurs de précipitations.....	19
Autres indicateurs	22
4. Synthèse	23
IV. Analyse de vulnérabilité.....	25
1. Sélection des objets d'analyse	25
Critères de sélection.....	25
Objets d'analyse sélectionnés	26
2. Méthodologie d'analyse.....	27
Analyse détaillée du patrimoine naturel.....	27
Analyse de l'évolution des activités socio-économiques.....	28
Analyse de l'évolution des outils et moyens de gestion	29
3. Facteurs extérieurs.....	29
Description des facteurs extérieurs	29
Synthèse	30
4. Résultats de l'analyse.....	31
Vulnérabilité et opportunité des objets du patrimoine naturel.....	31
Evolutions potentielles des activités humaines	36
Evolutions potentielles des outils et moyens de gestion	36
5. Nouveaux arrivants	37
V. Récit prospectif	38
VI. Conclusion.....	39
Liste des acronymes	40
Bibliographie	41

Résumé

Nichée au cœur des gorges du Verdon dans le département des Alpes de Haute-Provence, la Réserve naturelle régionale (RNR) de Saint-Maurin est caractérisée par la présence de sources pétrifiantes formant des concrétions calcaires appelés « tufs » qui constituent un habitat patrimonial très fragile. La réserve accueille également une mosaïque d'habitats diversifiée avec des éboulis, des milieux rupestres, des prairies humides, des pelouses sèches, des landes et des forêts. La présence de buis arborescents multiséculaires est notamment l'une des caractéristiques remarquables de la réserve. De plus, cette dernière accueille un patrimoine archéologique exceptionnel qui renforce sa singularité.

L'analyse du climat passé et des projections futures jusqu'à l'horizon 2100 suggèrent une poursuite de l'augmentation des températures, avec un allongement de la saison estivale. Bien que les projections pour l'évolution des précipitations soient incertaines en raison de leur forte variabilité interannuelle, les hivers auraient tendance à être plus doux et plus pluvieux, tandis que les précipitations pourraient diminuer le reste de l'année.

Ainsi, ce présent document s'inscrit dans le cadre de la démarche Natur'Adapt, et 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 RNR de Saint-Maurin, 8 objets ont été sélectionnés : 5 habitats et groupes d'espèces, 2 outils et moyens de gestion, 1 activité humaine.

La RNR de Saint-Maurin est caractérisée par une dynamique impermanente liée à l'hydrologie des sources pétrifiantes. Ces dernières pourraient présenter une forte vulnérabilité face au changement climatique et leur devenir dépendra principalement de l'évolution de l'alimentation en eau de la réserve. Les chiroptères, les pelouses sèches, les buis arborescents multiséculaires et la frênaie-ébraleie semblent quant à eux moyennement vulnérables face au changement climatique. Par ailleurs, la fréquentation du site devrait varier annuellement selon les sécheresses de l'ensemble du territoire du Verdon. Enfin la gestion actuelle mise en œuvre sur la réserve semble déjà s'inscrire dans une démarche d'accompagnement des changements qui pourraient avoir lieu.

Ainsi, les analyses issues de ce diagnostic visent à alimenter le récit prospectif de la réserve et servir de base à la construction d'un projet d'adaptation. Le document présente toutefois quelques limites liées au manque de connaissances scientifiques concernant les impacts du changement climatique sur certains objets. Ce travail constitue tout de même un outil de projection dans le futur, qui a permis 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.

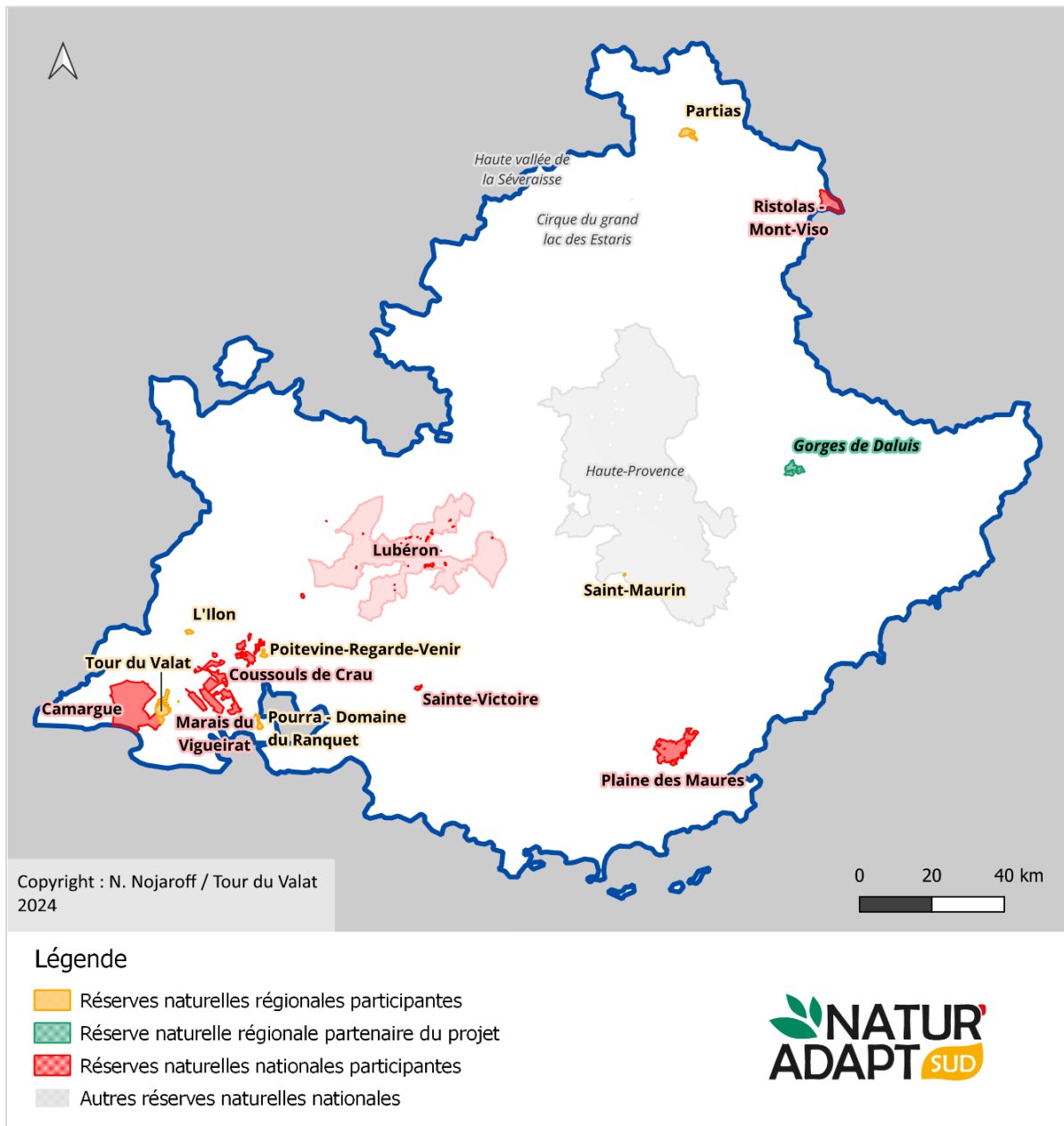


Figure 1. Carte des réserves naturelles participant au projet Natur'Adapt Sud

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 RNR de Saint-Maurin est située sur la commune de la Palud-sur-Verdon dans le département des Alpes de Haute-Provence. Elle s'étend sur 25 hectares, de 480 à 840 m d'altitude, ce qui en fait la plus petite réserve naturelle de la région PACA (Figure 3). Classée en 2009, elle est co-gérée par le CEN PACA, le Parc Naturel Régional (PNR) du Verdon et la commune de la Palud-sur-Verdon (Granato, Mollard, 2021).

La principale justification de ce classement est la conservation des sources pétrifiantes, avec formation de travertins, habitat fragile et localisé en France. C'est aussi pour son caractère historique et son patrimoine archéologique que ce site est reconnu comme d'exception.

En effet, la réserve, dominée par de hautes parois calcaires datant du Jurassique, est caractérisée par une succession de terrasses modelées par des dépôts de tufs formant d'impressionnantes cascades qui se jettent dans le Verdon. La formation de grottes appelées « baumes » et la présence d'eau ont permis l'implantation d'habitations troglodytes occupées au fil des siècles. Ainsi, les premières traces de l'occupation humaine datent du néolithique et les cavités naturelles ont été aménagées à partir du Haut Moyen Age (V^e siècle).

Outre les sources pétrifiantes qui donnent à la RNR de Saint-Maurin un caractère unique dans les Gorges du Verdon, cet espace est caractérisé par une mosaïque diversifiée d'habitats naturels avec des pelouses sèches, des landes et fruticées, des boisements de feuillus et de résineux, ainsi que des habitats rupestres qui confèrent au site une valeur paysagère indéniable et contribuent à sa grande diversité biologique.

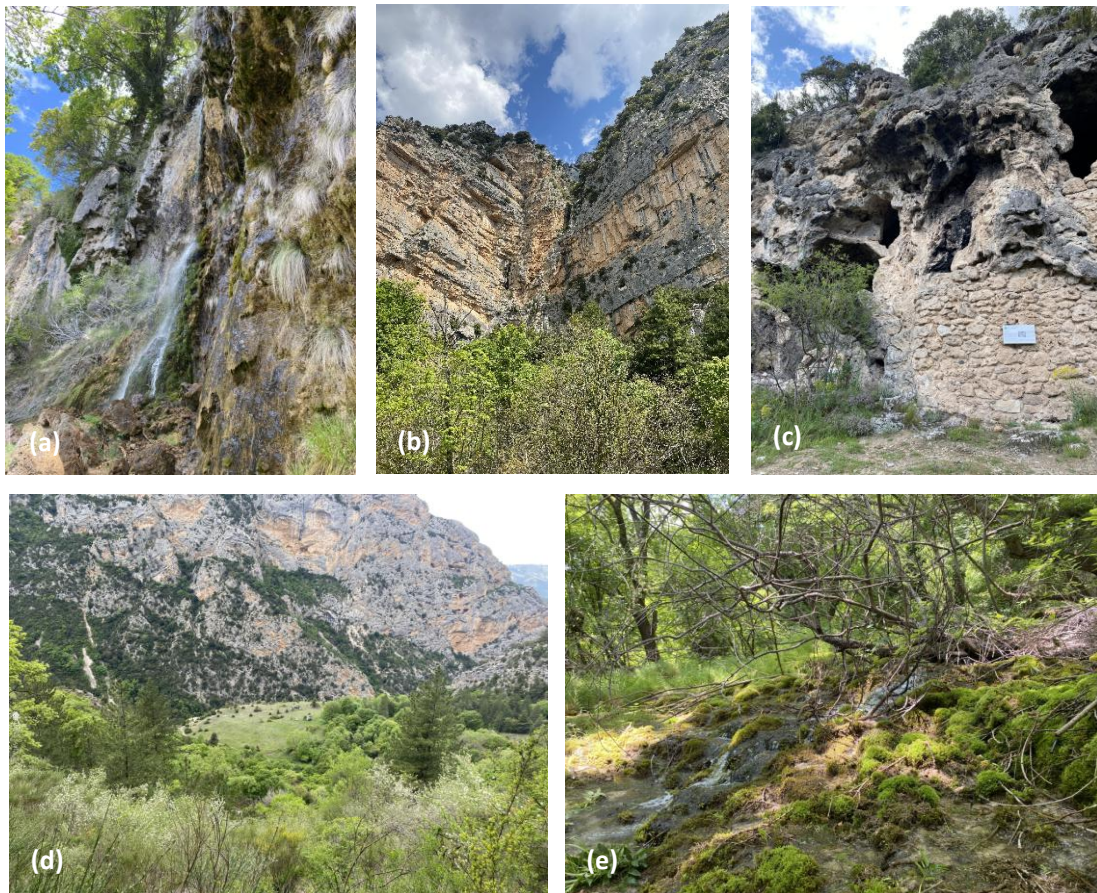


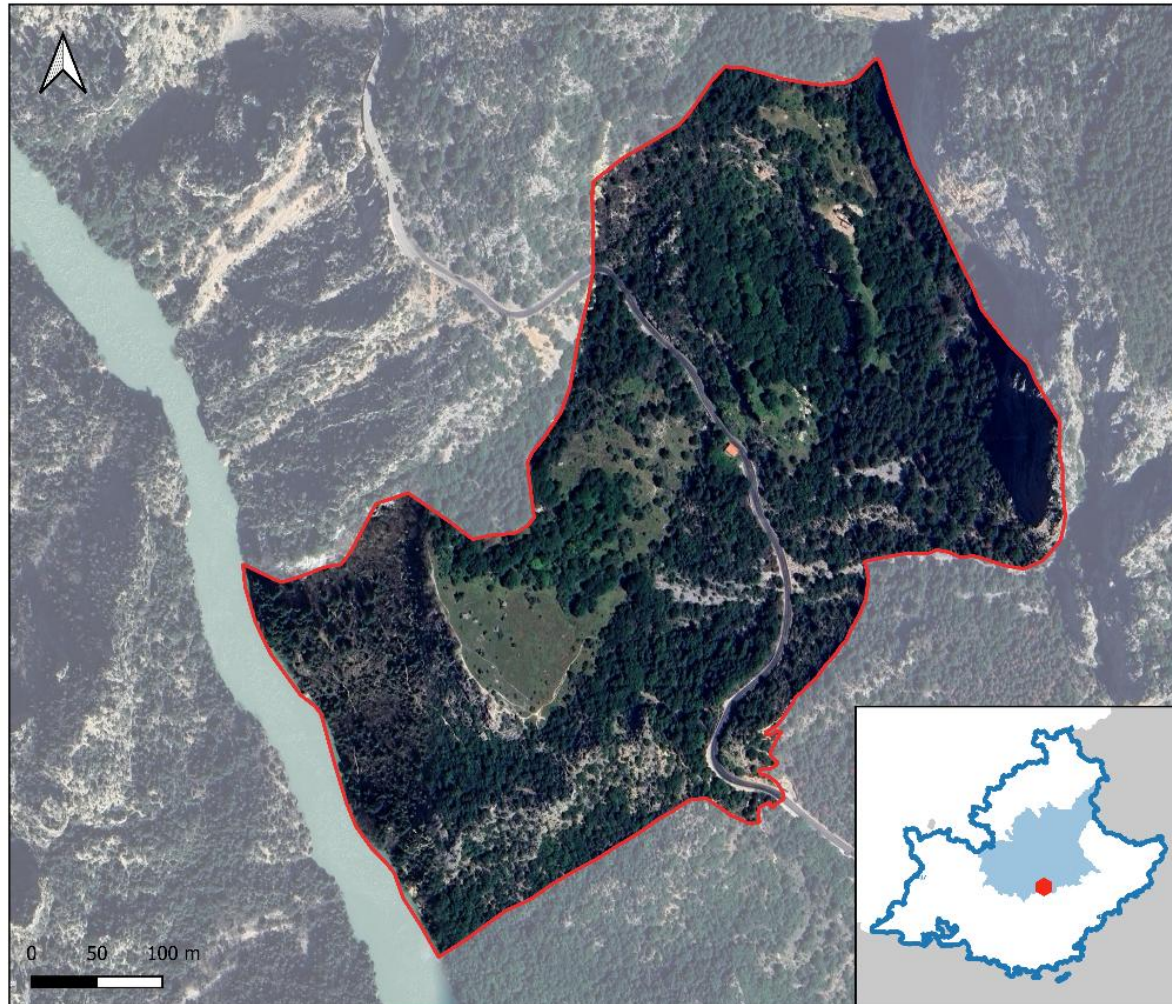
Figure 2. Ambiances paysagères de la RNR de Saint-Maurin avec (a) une cascade de tuf, (b) les falaises surplombant la terrasse supérieure, (c) une baume accueillant une colonie de Petit Rhinolophe, (d) la terrasse inférieure accueillant des habitats pelousaires et (e) les tufs en gradins de la terrasse supérieure © M. Gatel

Plusieurs espèces végétales à forte valeur patrimoniale ou protégées sont présentes sur le site, notamment l'endémique Doradille du Verdon, la Scolopendre officinale et la très rare Mannie rupestre. En ce qui concerne la faune, la réserve accueille notamment une colonie de Petit Rhinolophe dans les grottes de tufs, mais aussi l'Azuré des Orpins dans les dalles rocheuses et le Seps strié dans les pelouses sèches. C'est ainsi, de la combinaison de ces patrimoines, naturels et archéologiques que la RNR de Saint-Maurin tire son originalité.

La réserve se situe au cœur du Verdon, territoire attractif très fréquenté par le public, notamment en été. Ainsi, elle n'échappe pas à cette fréquentation et à ses possibles effets négatifs. La recherche d'une conciliation entre la conservation des milieux naturels et le tourisme constitue donc l'un des enjeux prioritaires pour les gestionnaires de la réserve, notamment car les tufs sont des formations très fragiles et sensibles à la fréquentation.

L'analyse de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique 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, notamment celui du PNR du Verdon. 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 régionale de Saint-Maurin



Légende

-  Réserve naturelle régionale de Saint-Maurin
-  Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur
-  Département des Alpes-de-Haute-Provence

Projection : RGF93 - Lambert 93
Fond de carte : Google Satellite
Copyright : M. Gatel / CEN PACA
Mai 2025



Figure 3. Localisation de la RNR de Saint-Maurin

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 4).

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

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

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

SPÉCIFICITÉS DE LA RÉGION



ÉTÉ

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



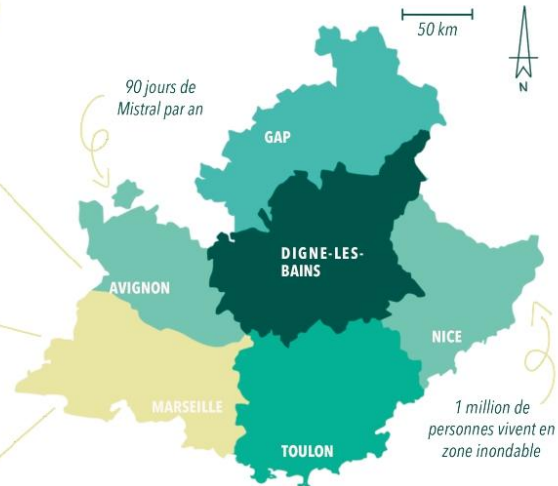
HIVER

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

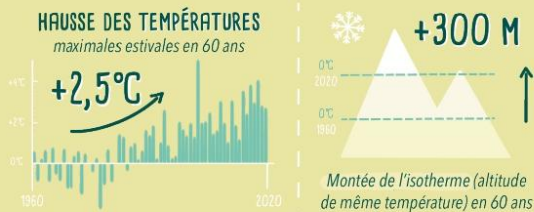


AUTOMNE & PRINTEMPS

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



ÉVOLUTIONS PASSÉES (1960 à 2020)



ÉVOLUTIONS FUTURES (2050 à 2100)

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



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

Figure 4. 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 RNR de Saint-Maurin** 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 Saint-Maurin sont les suivants :

- **Température atmosphérique** : moyenne, minimale, maximale, nombre de journées estivales, nombre de jours de forte chaleur, nombre de jours de gel
- **Précipitations** : cumul moyen, nombre maximum de jours pluvieux consécutifs, nombre de jours de fortes pluies, périodes de sécheresse
- **Autres paramètres** : débit du Verdon

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 analyses du climat passé de la réserve proviennent principalement du **cahier du GREC-SUD** concernant le PNR du Verdon (GREC-SUD, 2021). En complément, il a parfois été nécessaire d'utiliser les services climatiques **Climat HD** (Météo-France, 2025a) qui synthétisent 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, 2025b). 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 RNR de Saint-Maurin, c'est la **maille n°4683** qui est utilisée car elle couvre la totalité de la surface de la réserve.

Par ailleurs, les données concernant la rivière du Verdon 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, 2025c).

► *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 (Soubeyroux *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 (Figure 5) : 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.

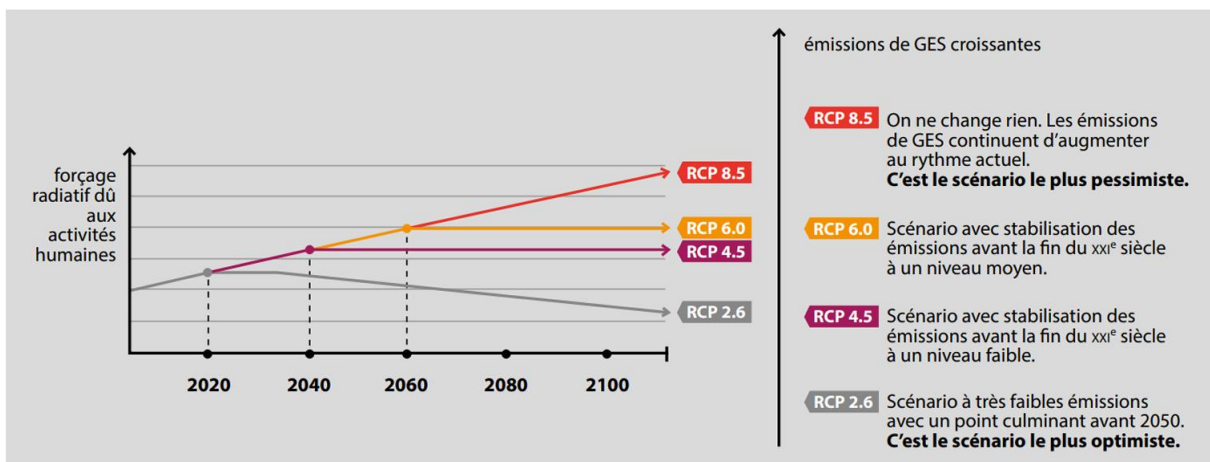


Figure 5. Schéma des différents scénarios d'émissions RCP (ONERC, 2015)

► 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).

Les tendances issues des données de la station météo de Château-Arnoux-Saint-Auban sont représentatives de l'ensemble du territoire du PNR du Verdon. Ces dernières indiquent une hausse des températures moyennes annuelles de **+1.7°C depuis 1990** (GREC-SUD, 2021).

Quel que soit le scénario d'émissions ou le modèle climatique étudié, l'augmentation des températures moyennes devrait se poursuivre jusqu'à la fin du siècle. Selon la médiane des projections futures, une hausse de la température moyenne annuelle de l'ordre de **+1.9°C** (scénario d'émissions modérées) à **+2.5°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 **+2.3°C à +4.4°C**, selon le scénario d'émissions considéré. Ce réchauffement serait **particulièrement marqué en été**, avec des températures moyennes estivales **potentiellement atteindre +6°C d'ici la fin du siècle** selon certains modèles. De plus, le GREC-SUD indique qu'à l'horizon lointain, sur le territoire du PNR du Verdon et selon le RCP 8.5, la température moyenne annuelle à 1200m d'altitude sera proche de celle d'aujourd'hui à 300m d'altitude, soit environ 12°C (GREC-SUD, 2021).

Tableau 1 – Projections de l'évolution des températures moyennes annuelles sur la RNR de Saint-Maurin
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	-	+1.9°C	+2.5 °C	+2.3°C	+4.4°C
	Température moyenne	11.2°C	13.1°C	13.7°C	13.5°C	15.6°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**

Le PNR du Verdon est caractérisé par un climat contrasté et la coexistence de microclimats qui dépendent des flux atmosphériques locaux, de la topographie et de l'occupation du sol. Ainsi, les stations météo de Valensole et Castellane, situées respectivement à 600 et 735m d'altitude, enregistrent des données nettement contrastées, notamment pour les températures minimales. En effet, à Castellane, les températures minimales moyennes sont négatives de novembre à mars tandis qu'elles sont positives à Valensole sur la période 1996-2015 (GREC-SUD, 2021). Les données DRIAS de la maille SAFRAN, incluant la totalité de la RNR de Saint-Maurin, indiquent des températures minimales moyennes légèrement négatives pour les mois de janvier et février sur la période 1976-2005.

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 **+1.8°C** (scénario d'émissions modérées) à **+2.4°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 **+2.1°C à +4.2°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 RNR de Saint-Maurin

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	-	+1.8°C	+2.4°C	+2.1°C	+4.2°C
	Température minimale	6.8°C	8.6°C	9.2°C	8.9°C	11°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**

A l'inverse des températures minimales, les températures maximales enregistrées sont relativement similaires pour les stations météo de Valensole et Castellane sur la période 1996-2015 (GREC-SUD, 2021).

Globalement, ces dernières ont suivi une tendance de réchauffement similaire à celle des températures moyennes et minimales, 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 **+2°C** (scénario d'émissions modérées) à **+2.6°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 **+2.4°C à +4.7°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 RNR de Saint-Maurin
RCP 4.5 : scénario d'émissions modérées / RCP 8.5 : scénario d'émissions non réduites ;
Source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles

ANNEE	Ecart à la référence	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
		-	+2°C	+2.6°C	+2.4°C	+4.7°C
	Température minimale	15.6°C	17.6°C	18.2°C	18°C	20.3°C

► Nombre de journées estivales

La température maximale journalière correspond à la température la plus élevée enregistrée sur une période de 24 heures. On considère qu'une journée est estivale quand la température maximale quotidienne est supérieure à 25°C.

❖ Evolution récente et projections futures

Sur la période de référence, 55 jours d'été sont recensés annuellement entre les mois de mai et septembre sur la RNR de Saint-Maurin. Les mois de juillet et août enregistrent le plus grand nombre avec respectivement 20 et 21 jours. **D'ici 2050**, la médiane des modèles climatiques estime que le nombre de journées estivales pourrait augmenter de **30 à 34 jours par an**, selon le scénario d'émissions considéré. **A l'horizon 2100, si les émissions ne sont pas réduites**, cette hausse pourrait atteindre **jusqu'à 60 jours par an, voire 72 jours** selon les modèles les plus extrêmes. Cette hausse serait particulièrement marquée pour les mois de juin et septembre. De plus, quelques journées estivales pourraient désormais avoir lieu au cours des mois d'avril et d'octobre d'ici la fin du siècle, alors qu'aucune n'était enregistrée sur la période de référence.

Tableau 4 - Projections de l'évolution du nombre annuel de journées estivales sur la RNR de Saint-Maurin
RCP 4.5 : scénario d'émissions modérées / RCP 8.5 : scénario d'émissions non réduites ;
Source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles

ANNEE	Ecart à la référence	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
		-	+ 30 jours	+ 34 jours	+ 32 jours	+ 60 jours
	Jours	55 jours	85 jours	89 jours	87 jours	115 jours

► Nombre de journées de forte chaleur

Le nombre de journées de fortes chaleurs correspond au nombre de jours lors desquels la température maximale enregistrée sur une journée (nuit exclue) est supérieure à 35°C.

❖ Evolution récente et projections futures

Sur la RNR de Saint-Maurin, seule une journée de forte chaleur a été recensée au maximum annuellement au cours de la période de référence (1976-2005). **D'ici 2050**, la médiane des modèles climatiques estime que le nombre de journées estivales pourrait augmenter de **2 à 4 jours par an**, selon le scénario d'émissions considéré. **A l'horizon 2100, si les émissions ne sont pas réduites**, cette hausse pourrait atteindre **jusqu'à 17 jours par an, voire 29 jours** selon les modèles les plus extrêmes. Ces journées concerneraient principalement les mois de juillet et d'août, mais pourrait aussi avoir lieu dans une moindre mesure au cours des mois de mai, juin et septembre.

Tableau 5 - Projections de l'évolution du nombre annuel de journées de forte chaleur sur la RNR de Saint-Maurin

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	Jours	0 jour	2 jours	4 jours	3 jours	17 jours

► Nombre de jours de gel

Le nombre de jours de gel correspond au nombre de jours, sur une période donnée, lors desquels la température minimale quotidienne est descendue à 0°C ou en dessous.

❖ Evolution récente et projections futures

Au niveau de la station météo de Château-Arnoux-Saint-Auban, le nombre annuel de jours de gel a en moyenne nettement diminué depuis 1960. Sur le territoire du PNR du Verdon, ce nombre a diminué de 20 jours entre les périodes 1990-1999 et 2010-2019. Cette baisse est particulièrement marquée depuis les années 2010 (GREC-SUD, 2021).

Sur la RNR de Saint-Maurin, 58 jours de gel sont enregistrés annuellement en moyenne sur la période de référence. Ces derniers peuvent avoir lieu entre novembre et mars, voire avril. Le plus grand nombre de jours de gel est relevé au cours des mois de janvier et février avec respectivement 16 et 14 jours de gel.

D'ici 2050, la médiane des modèles climatiques estime que le nombre de jours de gel pourrait diminuer de **21 à 29 jours par an**, selon le scénario d'émissions considéré. **A l'horizon 2100, si les émissions ne sont pas réduites**, cette baisse pourrait atteindre **jusqu'à 43 jours par an, voire 49 jours** selon les modèles les plus extrêmes. Ainsi, il ne gèlerait probablement plus en novembre, mars et avril. Les mois de décembre à février verraient également leur nombre de jours de gel drastiquement diminuer et il est ainsi possible de s'attendre à ce qu'ils n'enregistrent plus que quelques jours d'ici la fin du siècle.

En revanche, le GREC-SUD indique que malgré la diminution attendue de la fréquence et de l'intensité des épisodes de gel, ces derniers auront toujours lieu, même dans le contexte de réchauffement, et présenteront des risques élevés pour la végétation. En effet, les vagues de chaleur hivernales favoriseront un démarrage précoce de la végétation, l'exposant ainsi au **risque de gel tardif** beaucoup plus tôt dans la saison (GREC-SUD, 2021).

Tableau 6 - Projections de l'évolution du nombre annuel de jours de gel sur la RNR de Saint-Maurin
 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	-	- 21 jours	- 29 jours	- 28 jours	- 43 jours
	Jours	58 jours	37 jours	29 jours	30 jours	15 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**. En moyenne, le cumul annuel des précipitations atteint environ 800 mm dans le PNR du Verdon, avec 988 mm à Castellane et 654 mm à Valensole (GREC-SUD, 2021). La RNR de Saint-Maurin, située au milieu de ce gradient pluviométrique, enregistre en moyenne un cumul de 788 mm par an sur la période de référence (1976-2005). Les précipitations sont réparties dans l'année, avec un pic automnal et un creux en hiver et en été.

Depuis 1960, le cumul annuel des précipitations est stable sur la partie nord-ouest du PNR du Verdon (stations de Valensole et Lambruisse), alors qu'une légère tendance à la baisse de 5 à 10% est observée pour la partie sud-est (stations de Castellane et Comps-sur-Artuby) (GREC-SUD, 2021).

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. Le **cumul annuel de précipitations devrait globalement peu évoluer**, bien que de légères évolutions dans la répartition saisonnière semblent se dessiner. En effet, quel que soit le scénario d'émissions retenu et

l'horizon temporel considéré (2050 ou 2100), **une diminution du cumul de précipitations pourrait se produire au printemps, en été et en automne, tandis que le cumul hivernal aurait tendance à augmenter.**

Tableau 7 - Projections de l'évolution du cumul annuel de précipitations sur la RNR de Saint-Maurin

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	-	-12 mm (-2%)	-28 mm (-4%)	+6 mm (+1%)	-88 mm (-11%)
	Cumul	788 mm	776 mm	760 mm	794 mm	700 mm
HIVER	Ecart à la référence	-	+17 mm (+11%)	+6 mm (+4%)	+32 mm (+21%)	+12 mm (+8%)
	Cumul	152 mm	169 mm	158 mm	184 mm	164 mm
PRINTEMPS	Ecart à la référence	-	-11 mm (-5%)	+4 mm (+2%)	-5 mm (-2%)	-26 mm (-13%)
	Cumul	210 mm	199 mm	214 mm	205 mm	184 mm
ETE	Ecart à la référence	-	-21 mm (-12%)	-27 mm (-16%)	-26 mm (-15%)	-48 mm (-28%)
	Cumul	170 mm	149 mm	143 mm	144 mm	122 mm
AUTOMNE	Ecart à la référence	-	-9 mm (-4%)	-14 mm (-5%)	-7 mm (-3%)	-26 mm (-10%)
	Cumul	261 mm	252 mm	247 mm	254 mm	235 mm

► Nombre maximal de jours pluvieux consécutifs

Le nombre maximal de jours pluvieux consécutifs fait état du nombre maximum, sur une période donnée (mois, saison, ...), de jours consécutifs lors dequels au moins 1mm de précipitation a été enregistré ou modélisé.

❖ Evolution récente et projections futures

Au cours de la période de référence, le nombre annuel maximal de jours pluvieux consécutifs s'élève à **6 jours**. Aucun mois ou saison n'enregistre des périodes de jours pluvieux consécutifs plus importantes que d'autres. Les projections indiquent que **cet indicateur devrait rester stable (± 1 jour)** d'ici la fin du siècle.

► 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

8 jours de fortes précipitations par an ont été enregistrés en moyenne sur la RNR de Saint-Maurin au cours de la période de référence. Ce chiffre devrait rester relativement stable avec **-1 à +1 jour d'ici 2050** et **-1 à +2 jours d'ici 2100**. Ces projections s'accordent avec les analyses du GREC-SUD qui indiquent que les pluies

intenses ne devraient pas se multiplier, quelle que soit la tranche altitudinale. Les épisodes méditerranéens pourraient tout de même être plus marqués (GREC-SUD, 2021).

► **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 28 jours et se situait plutôt en hiver.

Selon les projections futures, quel que soit le scénario étudié, un **allongement de quelques jours** des périodes de sécheresses est attendue au printemps, en été et en automne **d'ici la fin du siècle**. En effet, si les émissions ne sont pas réduites, la médiane des modèles estime que les périodes de sécheresses estivales pourraient atteindre **jusqu'à 26 jours, voire 41 jours** selon certains modèles. A l'inverse, une diminution de l'ordre de quelques jours est attendue en hiver.

Tableau 8 - Projections de l'évolution de la durée des périodes de sécheresse sur la RNR de Saint-Maurin (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 jour	+ 2 jours	+ 2 jours	+4 jours
	Jours	28 jours	29 jours	30 jours	30 jours	32 jours
HIVER	Ecart à la référence	-	+ 0 jour	- 2 jours	- 2 jours	- 1 jour
	Jours	23 jours	23 jours	21 jours	21 jours	22 jours
PRINTEMPS	Ecart à la référence	-	+ 0 jour	+ 1 jour	+ 1 jour	+3 jours
	Jours	16 jours	16 jours	17 jours	17 jours	19 jours
ETE	Ecart à la référence	-	+ 2 jours	+ 4 jours	+ 4 jours	+7 jours
	Jours	19 jours	21 jours	23 jours	23 jours	26 jours
AUTOMNE	Ecart à la référence	-	+ 2 jours	+ 3 jours	+ 1 jour	+2 jours
	Jours	16 jours	18 jours	19 jours	17 jours	18 jours

AUTRES INDICATEURS

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

► **Débit du Verdon**

La RNR de Saint-Maurin est située en rive droite du Verdon, au débouché aval du Grand Canyon du Verdon. Elle est traversée par le Lignan qui prend sa source dans les falaises en surplomb du site et termine sa course dans le Verdon. Les données concernant le débit du Lignan ne sont pas disponibles. En revanche, l'analyse de l'évolution du débit du Verdon peut s'avérer judicieuse car il est susceptible d'influencer certains objets d'analyse, notamment la fréquentation par le public.

❖ **Evolution récente et projections futures**

A Sainte-Croix, les modèles s'accordent sur une **baisse de la moyenne annuelle du débit journalier du Verdon depuis les années 2000**, qui pourrait atteindre 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, atteignant jusqu'à **-50%** d'ici la fin du siècle. Le **débit annuel moyen pourrait quant à lui diminuer d'environ 35 % à l'horizon 2100** par rapport à la période de référence.

Enfin, un **allongement de la période d'étiage du cours d'eau jusqu'à +80 jours d'ici 2050 et +130 jours d'ici 2100** est attendu avec un début plus précoce et une fin plus tardive. Le **risque de sécheresse hydrologique serait ainsi 3.7 à 4.2 fois plus important** que la période de référence à la fin du siècle.

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 **+2.5°C est attendue d'ici 2050**, pouvant atteindre **+4.4°C d'ici 2100**. Les hivers seront donc plus doux, avec une forte diminution du nombre de jours de gel, tandis que les **étés connaîtront un réchauffement particulièrement prononcé**, avec des températures moyennes estivales pouvant dépasser de plus de 6°C les moyennes actuelles. En revanche, la végétation ayant démarré sa période de croissance plus précocement serait plus exposée aux **risques de gel tardif** dans la saison.

Certains phénomènes comme les journées estivales¹, jusqu'ici cantonnées principalement à l'été (juin à septembre), pourraient s'étendre au printemps et en début d'automne, traduisant un **allongement de la saison estivale**. Les journées de fortes chaleur², caractérisées par des températures supérieures à 35°C, devraient être de plus en plus enregistrées sur la réserve, principalement en juillet et août.

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. Bien que le cumul annuel devrait peu évoluer, **une diminution du cumul de précipitations pourrait se produire au printemps, en été et en automne, tandis que le cumul hivernal aurait tendance à augmenter**. Toutefois, en raison des fortes températures, des périodes de sécheresse prolongées et d'une évapotranspiration accrue, ces précipitations pourraient ne pas être suffisamment efficaces pour compenser le déficit hydrique.

Par ailleurs, **le débit du Verdon longeant la réserve 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 notamment impacter la fréquentation du territoire.

En résumé, ces projections suggèrent une évolution du climat vers 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 Température maximale quotidienne > 25°C

² Température maximale quotidienne (nuit exclue) ≥ 35°C

Tableau 9. Synthèse climatique de la RNR de Saint-Maurin

	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 : 11.2°C	Annuelle : +1.9° C Jusqu'à +3.6°C en été	Annuelle : +2.5°C Jusqu'à +4.2°C en été	Annuelle : +2.3°C Jusqu'à +4°C en été	Annuelle : +4.4°C Jusqu'à +7.6°C en été
	Mêmes tendances pour les moyennes, les minimales et les maximales					
	<p>↗ du nombre de journées estivales* en particulier aux mois de juin et septembre. Apparition de quelques jours d'été en avril et en octobre.</p>	55 jours par an	+30 jours	+34 jours	+32 jours	+60 jours
	<p>↗ du nombre de jours de forte chaleur** principalement en été.</p>	Aucun jour par an	+2 jours	+4 jours	+3 jours	+17 jours
<p>↘ du nombre de jours de gel Probablement plus de gel en novembre, mars et avril ; Seuls quelques jours restant de décembre à février.</p>	58 jours par an	-21 jours	-29 jours	-28 jours	-43 jours	
	<p>Forte variabilité interannuelle mais : ↘ du cumul de précipitations au printemps, en été et en automne. ↗ légère du cumul de précipitations en hiver.</p>	Annuel : 788 mm	-2% (-12 mm)	-4% (-28 mm)	+1% (+6 mm)	-11% (-88 mm)
	Fortes incertitudes concernant les précipitations					
	<p>Peu de variation du nombre maximal de jours pluvieux consécutifs et du nombre de jours de fortes précipitations***</p>	8 jours de fortes pluies par an	± 1 jour	± 1 jour	-1 à +3 jours	-3 à +2 jours
<p>↗ de la durée des périodes de sécheresse du printemps à l'automne</p>	9 à 14 jours par mois selon les saisons	+2 jours en été	+4 jours en été	+4 jours en été	+7 jours en été	
	<p>↘ du débit annuel du Verdon à Sainte-Croix ↗ de la période d'étiage et risque de sécheresse hydrologique accru.</p>	-	<p>Le débit annuel moyen pourrait diminuer de -35% à l'horizon 2100 ; Allongement de la période d'étiage jusqu'à +130 jours ; Risque de sécheresse hydrologique 3.7 à 4.2 fois plus important.</p>			

*Température maximale quotidienne > 25°C

**Température maximale quotidienne (nuit exclue) > 35°C

***Précipitations quotidiennes ≥ 20 mm

IV. Analyse de vulnérabilité

1. Sélection des objets d'analyse

L'ensemble des éléments composant la RNR de Saint-Maurin 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 RNR de Saint-Maurin, 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.

► *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).

► *Activités socio-économiques*

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

OBJETS D'ANALYSE SÉLECTIONNÉS

Au total, 10 objets d'analyse ont été sélectionnés et sont présentés dans le Tableau 10.

Tableau 10. Objets d'analyse sélectionnés pour chaque composante de la RNR de Saint-Maurin

Nom de l'objet	Description/Justification
Patrimoine naturel	
Sources pétrifiantes et communautés bryophytiques associées	Les concrétions calcaires se forment au gré des écoulements d'eau chargée en calcaire en provenance de sources ou de résurgences. La flore y est très spécialisée, essentiellement composée de bryophytes et d'hépatiques. C'est un habitat très fragile qui dépend d'apports d'eau permanents et de bonne qualité.
Chiroptères	Sur les neuf espèces dont la présence est avérée sur la réserve, le Petit Rhinolophe a concentré l'attention des gestionnaires car des colonies de reproduction occupent certaines baumes. Par ailleurs, des aménagements de la maison cantonnière ont eu lieu pour offrir un gîte calme et favorable aux chiroptères, parfois victimes de dérangement dans les baumes les plus fréquentées.
Pelouses sèches et cortèges d'invertébrés associés	Ces pelouses se situent sur les terrasses en partie inférieure de la route et sur quelques replats en partie supérieure. Sur la terrasse inférieure, la formation présente un cortège floristique diversifié dominé par l'Aphyllante de Montpellier tandis que le Brome domine les replats et pentes supérieurs. Anciennement pâturé par des moutons puis plus récemment par un troupeau d'ânes en hiver sur la terrasse inférieure, les co-gestionnaires ont finalement opté pour une expérimentation de son arrêt depuis 2022 en raison de l'atteinte aux formations de tufs par le piétinement des animaux.
Buis arborescent multiséculaire	Le plus souvent, le Buis commun (<i>Buxus sempervirens</i>) forme des fourrés ou des landes denses sur des stations sèches, chaudes et rocailleuses telles que les garrigues. A Saint-Maurin, la fruticée à buis est installée sur des zones plus fraîches en bordure de cours d'eau ou de sources et sur des sols plus profonds. Habituellement arbustive (4-7 m), elle atteint ici le stade arborescent (>7 m) qui témoigne de l'ancienneté des arbres dont la croissance est très lente. Il est très rare d'observer des formations de buis d'une telle maturité.
Frênaie-Erableiaie	Il s'agit d'un habitat rare et localisé à l'échelle des Préalpes du Sud, qui occupe de faibles surfaces et se développe sur les pentes fortes. La réserve accueille à l'échelle des Gorges du Verdon une belle surface où l'on retrouve en bordure des ruisselets la Fougère scolopendre, espèce protégée en PACA. Cette succession végétale peu commune et intéressante est encouragée par la gestion actuelle.
Activités humaines	
Fréquentation	La visite de la réserve peut être réalisée librement ou avec un accompagnateur en moyenne montagne (AMM) ayant reçu un agrément délivré par les gestionnaires de la réserve. Les données des éco compteurs posés depuis 2014, bien qu'incomplètes, permettent d'estimer la fréquentation. Le record a été atteint en 2015 avec 52 000 visiteurs, avant la fermeture du sentier des pêcheurs en 2017. Ces 3 dernières années, la fréquentation peut être estimée inférieure à 10 000 personnes par an. La partie basse du site concentre 70% de la fréquentation du site. Des aménagements (belvédère d'observation, platelage en bois, pas japonais) ont été installés pour protéger les tufs, très sensibles aux effets de la fréquentation, notamment au piétinement.
Outils et moyens de gestion	
Gestion du patrimoine archéologique	La réserve accueille un riche patrimoine archéologique, qui a fait l'objet de fouilles illégales à plusieurs reprises par le passé. Une collaboration entre la réserve et le service archéologique du Département des Alpes de Haute-Provence a été établie à partir de 2020 pour entreprendre un travail de sondages et de fouilles archéologiques. Une réflexion est en cours quant aux modalités de conservation des vestiges et à la valorisation pédagogique de ces derniers.
Gestion de l'avancée du couvert forestier	La volonté du gestionnaire tend à ne pas intervenir sur les feuillus (chêne vert, érables) et le pin noir qui se développent sur la terrasse supérieure du site. En revanche, le plateau inférieur peut nécessiter quelques interventions ponctuelles pour gérer le pin noir si ce dernier prend trop le pas sur les habitats de pelouse.

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 composante, et croisées avec les connaissances de l'équipe gestionnaire et/ou d'experts de certaines thématiques. **Anne FERMENT** (PNR du Verdon) et **Eric DESAGHER** (ATEC Hydro), 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

Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique

Réserve naturelle régionale de Saint-Maurin

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 11. Grille d'évaluation de la vulnérabilité des objets d'étude au changement climatique

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

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 l'adoucissement des conditions climatiques va faciliter son développement.
- **L'intérêt ou l'inconvénient que peut représenter ce résultat pour le gestionnaire.**
 - Ex : Le fait qu'une 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.

L'analyse des activités socio-économiques a été réalisée à dire d'expert à partir des connaissances des gestionnaires et grâce à des recherches bibliographiques complémentaires.

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.

L'analyse de la vulnérabilité des outils et moyens de gestion a été réalisée en grande partie à dire d'expert, à savoir les gestionnaires 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 fréquentation (activité humaine), dont les conséquences peuvent grandement impacter certains objets du patrimoine naturel, notamment la colonie de Petit Rhinolophe.

► *Raréfaction de la ressource en eau*

Si les années sèches se multiplient dans le Verdon, la ressource en eau devrait se raréfier dans le futur, ou du moins être soumise à une variabilité interannuelle importante. Ce phénomène pourrait soulever des besoins de partage de la ressource importants qui pourraient éventuellement conduire à l'émergence de projets d'aménagement hydraulique pouvant avoir un impact sur l'alimentation en eau de la réserve.

► *Incendies*

Le territoire du Verdon étant relativement sec et bien fréquenté, le risque incendie sur le site pourrait s'accroître à mesure que les températures et les périodes de sécheresse augmentent. Aucun incendie n'a été recensé sur la réserve jusqu'à présent mais le risque reste présent.

► *Moyens techniques et humains*

Plusieurs composantes, en particulier les outils et moyen de gestion, peuvent être vulnérables au climat mais sont surtout dépendants des moyens techniques et humains permettant leur mise en œuvre. Ces moyens dépendent principalement des choix du gestionnaire et autres instances décisionnaires. Leur évolution est donc inconnue.

► *Orientations politiques nationales et du territoire*

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

SYNTHÈSE

Tableau 12. Synthèse des évolutions récentes et attendues des facteurs extérieurs

Facteurs	Évolution récente	Évolution future possible
Raréfaction de la ressource en eau	↗	↗
Incendies	→	→ ou ↗
Moyens techniques et humains	→	?
Orientations politiques	→	?

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

► Sources pétrifiantes et communautés bryophytiques associées

VULNERABILITE FORTE

Les habitats de tufs dépendent d'une alimentation en eau pérenne et de bonne qualité sur la réserve. Cette dernière dépend de la redistribution du volume d'eau collecté dans l'impluvium, par ruissellement sur les pentes et infiltration à travers les couches géologiques superficielles. Ainsi, une potentielle diminution de la pluviométrie et/ou une augmentation de l'évaporation liée à l'augmentation des températures pourraient **réduire l'approvisionnement en eau des sources**. Le Lignan pourrait notamment voir sa période de tarissement prolongée. L'accentuation des sécheresses conduisant à la raréfaction de l'eau pourrait donc entraîner des **perturbations sur la formation des tufs et leur bon fonctionnement**. De plus, les variations de température, de débit ou de régimes hydrologiques peuvent modifier la qualité de l'eau d'un point de vue physico-chimique et altérer la précipitation du carbonate de calcium.

En ce qui concerne les bryophytes, la pérennité des communautés est conditionnée essentiellement par le mode d'alimentation en eau et à sa permanence. Certaines communautés nécessitent un écoulement continu lié aux précipitations. Si ces dernières venaient à diminuer, elles pourraient être sujettes au dépérissement. En revanche, d'autres communautés sont liées à un phénomène de brumisation par les sources. Ces dernières sont donc moins sensibles aux pertes de précipitations directes. Ainsi **l'évolution de l'alimentation en eau des sources déterminera celle des communautés bryophytiques**. Les observations faites sur la réserve ces dernières années semblent montrer une **bonne capacité de la bryoflore à endurer des conditions hydriques variées**, avec une possibilité de reprise d'activité, après une année extrêmement sèche (Figure 6). Néanmoins, les bryophytes étant sensibles à l'élévation de la température de l'eau, une **fréquence accrue des années sèches et chaudes associées à une diminution des apports hydriques, pourrait entraîner un dépérissement prolongé des espèces les plus hygrophiles**, ainsi qu'une diminution

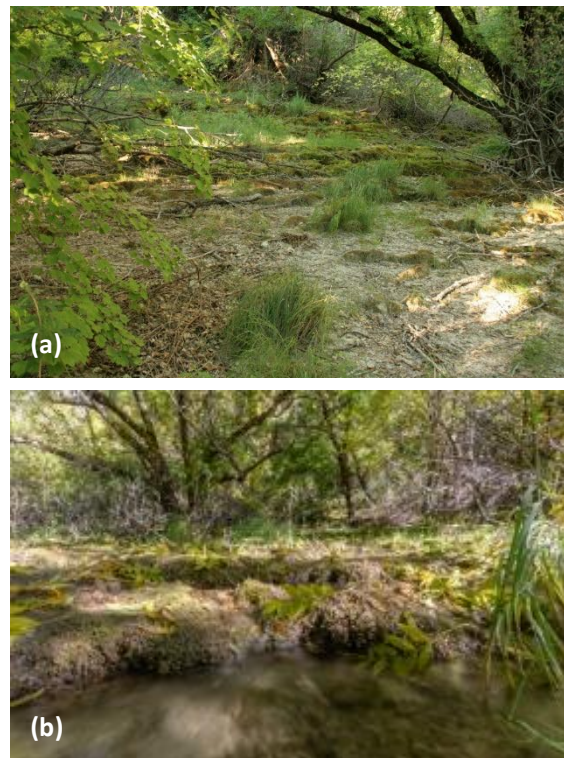


Figure 6. Tufs en gradins (terrasse supérieure) (a) en situation de sécheresse en 2017 © L. Granato et (b) alimentés en eau en 2022 © D. Bruschy

de la capacité à retenir les dépôts de calcaire, ce qui réduirait la formation de tuf. En définitive, les différentes communautés bryophytiques de Saint-Maurin ne subiront pas toutes les effets des sécheresses répétées avec la même intensité. La hausse de la température de l'eau peut également entraîner le développement d'algues filamenteuses qui recouvrent les communautés bryophytiques et les font dépérir. Ce phénomène ne semble toutefois pas avoir été observé sur la réserve à l'heure actuelle.

D'autre part, la potentielle occurrence d'évènements climatiques extrêmes comme de longues périodes de sécheresse ou des épisodes de pluie intenses pourrait participer à l'érosion des tufs et renforcer leur **risque d'effondrement**.

Toutefois, **les tufs sont des habitats en perpétuel mouvement qui réagissent rapidement lorsqu'ils subissent des perturbations**. Les phénomènes d'effondrement sont naturels et font partie de leur cycle. Les points d'émergence de l'eau devraient peu changer sur la réserve à moyen terme mais le parcours de cette dernière peut être variable.

Ainsi, il reste difficile d'avoir une vision claire de l'évolution des sources pétrifiantes sur la réserve car cette dernière dépendra de l'évolution de l'alimentation en eau de la réserve. Cet aspect n'est pas seulement lié aux paramètres climatiques mais est aussi **dépendant des évolutions de l'occupation du sol** sur la zone d'impluvium de la réserve ainsi que des **potentiels aménagements hydrauliques** qui peuvent émerger sur le territoire du Verdon pour répondre aux besoins de partage de la ressource en eau des activités humaines. Les formations de tufs sont également sensibles à la **fréquentation** puisque le piétinement peut participer à la destruction de la flore muscinale et à l'érosion des concrétions calcaires.

Sources : (ATEC Hydro, 2020; Bensettiti et al., 2004; Hugonnot et al., 2017) ; connaissances de l'équipe gestionnaire

► **Pelouses sèches et cortèges d'invertébrés associés**

VULNERABILITE MOYENNE

La composition floristique des pelouses sèches de la réserve (Figure 7) est influencée par la nature du sol, les conditions locales de températures et de précipitations, et par la gestion en cours. Ainsi, l'évolution des paramètres climatiques pourrait favoriser des modifications phénologiques, notamment un **démarrage précoce de la végétation**. Cette dernière serait ainsi plus **vulnérable aux potentiels épisodes de gel tardif**. Une **évolution de la composition des communautés végétales** pourrait également avoir lieu mais sa direction est difficile à anticiper à l'heure actuelle.



Figure 7. Terrasse inférieure de Saint-Maurin
© CEN PACA

En ce qui concerne les invertébrés, plusieurs études scientifiques menées en Europe indique une **modification de la composition des communautés de papillons de jours et d'orthoptères** avec un changement d'abondance relative des espèces. En effet, les espèces spécialistes ayant des exigences écologiques élevées auraient tendances à régresser, notamment celles associées à des températures froides. Des **décalages phénologiques** pourraient également émerger entre les papillons et leur plante-hôte qui ne s'adaptent pas forcément à la même vitesse aux évolutions du climat. En revanche, les espèces plus généralistes auraient tendance à profiter du réchauffement des

températures pour se développer. Ainsi, sur la réserve, on pourrait s’attendre à une certaine **homogénéisation biotique** et à une **régression des espèces d’invertébrés spécialisées au profit d’espèces plus généralistes**.

Sources : (Liu, Van Meerbeek, 2024; Löffler et al., 2019; Warren et al., 2021; Zografou et al., 2014) ; connaissances de l’équipe gestionnaire

► **Chiroptères**

VULNERABILITE MOYENNE

Le Petit Rhinolophe est une espèce thermiquement très exigeante dont l’optimum de température est estimé autour de 23°C pour les colonies. Il est en revanche très mobile et prospecte de nombreux gîtes. Ainsi, si les conditions thermiques de son gîte ne sont plus favorables et que d’autres gîtes plus optimaux existent, il sera capable de se déplacer. La présence de nombreuses grottes sur la RNR de Saint-Maurin offre **plusieurs possibilités de gîtes avec des ambiances thermiques probablement variées**. Ces derniers peuvent en revanche être soumis au **dérangement**.



Figure 8. Petit Rhinolophe
© M. Coulon (Parc National des Ecrins)

La maison cantonnière, à l’heure actuelle peu accueillante pour les chiroptères, pourrait à l’avenir être réaménagée pour offrir un gîte favorable. En revanche, **la hausse des périodes de sécheresse pourrait impacter négativement la disponibilité en eau et en ressources alimentaires** sur le site. Si les sources de la réserve venaient à se tarir, les adultes pourraient a priori s’abreuver dans le Verdon, mais cela serait plus difficile pour les jeunes. La vulnérabilité des colonies de Petit Rhinolophe sur la réserve est estimée moyenne car il est difficile d’être certain que cette dernière offrira des gîtes favorables et peu dérangés dans un contexte de réchauffement.

Sources : Entretien avec Anne Ferment, animatrice Natura 2000 au PNR du Verdon

► **Buis arborescent multiséculaire**

VULNERABILITE MOYENNE

Le buis commun est une essence xérophile adaptée à des conditions chaudes et sèches que l’on retrouve communément au stade arbustif. En revanche, les sujets au stade arborescent exceptionnellement présents sur la RNR de Saint-Maurin grâce aux conditions locales favorables pourrait être plus vulnérables au changement climatique. Ils se développent dans la zone fraîche et humide de la réserve, au bord du Lignan, même si leur présence n’est pas liée à l’eau directement. La potentielle diminution des précipitations et l’allongement des périodes de sécheresse pourraient éventuellement

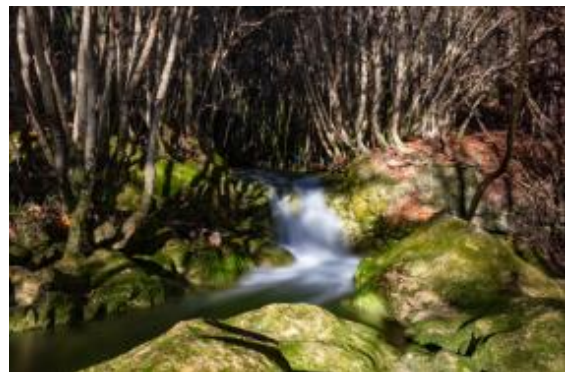


Figure 9. Buis arborescents bordant le Lignan
© D. Bruschy

affaiblir les individus. Ces derniers pourraient devenir dépérissant et les individus issus de la régénération n'auraient peut-être plus les conditions permettant un développement au stade arborescent.

De plus, les buis de la réserve font régulièrement face à des émergences de pyrales du buis. Les chenilles consomment les feuilles ce qui affaiblit les arbres. Originaires d'Asie, l'espèce est apparue en Europe au début des années 2000. La température est le principal facteur déterminant sa vitesse de développement et, comme pour de nombreux insectes, son cycle de vie est accéléré par la chaleur. En effet, son développement est favorisé par des hivers et printemps doux qui réduisent la mortalité hivernale et la durée de diapause. Ainsi, **les impacts liés à la sécheresse et à la pyrale pourraient s'alimenter mutuellement et renforcer le dépérissement des arbres.**

Sources : Connaissances de l'équipe gestionnaire

► **Frênaie-Erable**

VULNERABILITE NEUTRE

Ces boisements spécialisés sont peu répandus sur notre territoire. Ils peuvent jouer un rôle essentiel dans la stabilisation de chutes de blocs (ou de tufs) et de versants puisqu'ils s'installent sur des pentes instables soumises à des perturbations fréquentes.

Cette formation ne devrait pas être trop affectée par le changement climatique tant qu'elle reçoit un apport en eau suffisant. Son rôle de protection pourrait néanmoins s'accroître dans le temps avec les possibles effets d'épisodes pluvieux intenses, phénomène de gel-dégel sur les formations de tufs comme cela s'est produit en 2020 avec l'effondrement d'une des cascades de tuf sur la terrasse supérieure (Figure 10).



Figure 10. Illustration du rôle de protection des boisements de frênaie-érable de pente à la suite de l'effondrement d'une cascade de tuf en 2020 © SDA04

Sources : Connaissances de l'équipe gestionnaire

► Synthèse

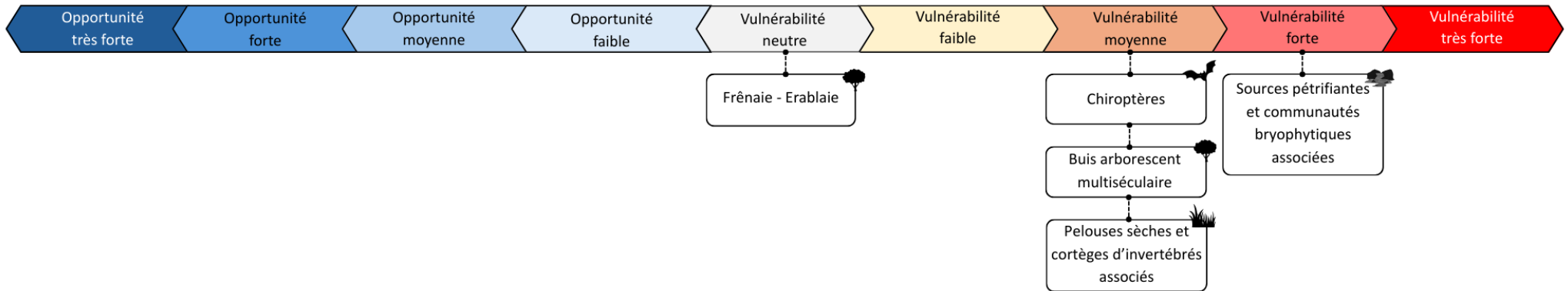


Figure 11. Schéma synthétique des résultats de l'analyse de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique des objets du patrimoine naturel

EVOLUTIONS POTENTIELLES DES ACTIVITÉS HUMAINES

► *Fréquentation*

Deux scénarios peuvent être envisagés quant à l'évolution de la fréquentation de la réserve. Lors des **années très sèches**, où le niveau d'eau du Verdon est très bas, **la fréquentation est susceptible de diminuer** sur l'ensemble du territoire, y compris à Saint-Maurin. En revanche, lors des **années plus classiques** au cours desquelles le niveau d'eau du Verdon est relativement stable, un **report de la fréquentation** pourrait avoir lieu sur la réserve qui reste plus fraîche que le reste du territoire du Verdon.

Cet afflux pourrait avoir pour éventuelle conséquence l'augmentation du non-respect de la réglementation. En effet, les comportements et activités suivants ont été observés sur la réserve ces dernières années :

- Feux dans les baumes comme sur les pelouses qui portent atteinte à l'intégrité des vestiges archéologiques, des habitats naturels et de la colonie de Petit Rhinolophe ;
- Coupe illégale de buis multiséculaire pour le tournage sur bois ;
- Vols de drones qui perturbent notamment les oiseaux rupestres ;
- Randonnée hors sentiers qui dégradent les milieux naturels et créent de nouveaux cheminements pouvant conduire à du dérangement ;
- Activités récréatives et sportives (paint-ball, parapente, etc.) ;
- Chiens non tenus en laisse.

L'ensemble de ces infractions peuvent conduire au dérangement des espèces et à la dégradation des habitats naturels et des vestiges archéologiques.

EVOLUTIONS POTENTIELLES DES OUTILS ET MOYENS DE GESTION

► *Gestion du patrimoine archéologique*

Le patrimoine archéologique de la réserve est sujet à l'érosion causée notamment par les pluies, l'infiltration de l'eau et les épisodes de gel. La volonté du gestionnaire est de préserver cet héritage ancien et de le valoriser d'un point de vue pédagogique.

► *Gestion de l'avancée du couvert forestier*

Le changement climatique devrait favoriser le développement du couvert forestier sur la réserve, au détriment des pelouses et des espèces qui y sont inféodées. Les objectifs de gestion tendent vers une non-intervention sur les boisements de la partie supérieure de la réserve. En ce qui concerne le plateau inférieur, des interventions ponctuelles pourront être envisagées pour contenir le développement du pin noir sur les pelouses sèches.

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 RNR de Saint-Maurin est située dans une zone de transition entre le climat méditerranéens et les influences montagnardes. Il faut donc réfléchir à plus grande échelle afin de comprendre les modifications et arrivées possibles. Les éléments présentés ci-dessus constituent une première réflexion sur ce sujet dans la continuité du diagnostic réalisé et demanderont à être complétés lorsque les connaissances le permettront.

En ce qui concerne la faune, la réserve pourrait voir arriver des espèces thermo- et/ou xérophiles, notamment des invertébrés, en provenance des régions plus au sud.

Pour la flore, les potentielles espèces qui pourraient arriver sur la réserve sont des espèces zoochores transportées depuis le sud sur de longues distances. De plus, des espèces comme le chêne vert, bien qu'il soit déjà présent sur la réserve, pourrait profiter de l'évolution des conditions climatiques pour se développer davantage.

Le développement d'espèces exotiques envahissantes (EEE) semble peu probable sur la réserve à l'heure actuelle mais reste tout de même à surveiller sur le moyen et long terme.

Enfin, il est à noter que la modification des cortèges d'espèces d'un territoire est considérée, par la réserve, comme une réponse naturelle d'un écosystème à des pressions, anthropiques ou non.

V. Récit prospectif

Le récit prospectif de Saint-Maurin a pris la forme d'un poème écrit par Laura Granato, conservatrice de la réserve. Ce dernier a été mis en son et en images au travers d'une vidéo imaginée et réalisée par Laura Granato et Maëlle Gatel.

« Je suis l'eau, l'essentielle à l'existence de Saint-Maurin

Je prends ma source dans les nuages, puis m'infiltrer depuis les cimes de Barbin

Haute barre de calcaire où je me faufile

Puis glisse depuis des millions d'années

Façonnant cascades et gradins en calcaire végétal

Immémoriale eau, je suis, dans cet écrin créatrice

Drapés de mousses, balms suintantes, ruisseaux divagants

Gouttes de pluie ou torrent puissant

Le Vivant prend forme sous mon passage

Des joyaux végétaux et animaux habitent ici

Comme vous les Hommes depuis le Néolithique

Je vous guide comme vous me guidez

Pour que vous demeuriez à San Mauricii

Cueillir, bâtir, cultiver et me sacrifier

Me protéger et me redécouvrir

En mémoire de tous ce qu'il s'est passé

Le monde change et moi aussi

Le climat devient une partition désaccordée

D'une symphonie au son du silence

Le vrombissement du Lignan nous deviendra étranger

Immémoriale eau, je serai, dans cet écrin de plus en plus caché

Souterraine et réservée

Le temps transformera l'empreinte de mon art

Impermanente abondance

Permanente présence

Immémoriale eau, je suis, à Saint-Maurin, la rythmique de ses cycles infinis »

Lien vers la vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=aXb10TVPCYo>

VI. Conclusion

La RNR de Saint-Maurin est d'ores et déjà caractérisée par une dynamique impermanente liée à l'activité des sources pétrifiantes. Ces dernières constituent l'objet du patrimoine naturel avec la plus forte vulnérabilité face au changement climatique car elles pourraient être affectées par les sécheresses, notamment les espèces de bryophytes hygrophiles qui occupent ces milieux. Ainsi, le devenir de la réserve et du patrimoine naturel qu'elle accueille dépendra principalement de l'évolution de son alimentation en eau et de la qualité physico-chimique de cette dernière.

De plus, 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 actuelle mise en œuvre sur le 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.

Enfin, la mise en place de la démarche Natur'Adapt sur la RNR de Saint-Maurin constitue une première expérimentation pour intégrer la thématique du changement climatique dans la gestion. Toutefois, la réserve est un écrin de faible surface au cœur du territoire du PNR du Verdon, avec lequel elle fonctionne en interdépendance. Ainsi, il serait pertinent de déployer cette approche à cette échelle plus large afin de partager un socle commun de connaissances et une vision stratégique cohérente.

Liste des acronymes

CEN	Conservatoire d'espaces naturels
DREAL	Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DRIAS	Donner accès aux scénarios climatiques Régionalisés français pour l'Impact et l'Adaptation de nos Sociétés et environnement
DVO	Diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité face au changement climatique
EEE	Espèce exotique envahissante
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
ONERC	Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique
PACA	Provence-Alpes-Côte d'Azur
PNR	Parc naturel régional
RCP	Representative Concentration Pathway
RNF	Réserves Naturelles de France
RNR	Réserve naturelle régionale
TRACC	Trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique

Bibliographie

- ATEC HYDRO, 2020. Etude préliminaire à la connaissance du fonctionnement hydrogéologique de la Réserve naturelle régionale de Saint-Maurin. 2020.
- BENSETTITI, F, GAUDILLAT, V et HAURY, J, 2004. Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 3. Habitats humides. 2004.
- 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.
- GRANATO, Laura et MOLLARD, Maxime, 2021. Plan de gestion 2022-2028. Réserve naturelle régionale de Saint-Maurin (04). Sisteron : Conservatoire d'espaces naturels de Provence-Alpes-Côte d'Azur.
- GREC-SUD, 2021. Le Parc naturel régional du Verdon face aux défis du changement climatique [en ligne]. Association pour l'Innovation et la recherche au service du climat (AIR Climat). [Consulté le 2 juin 2025]. Les cahiers du GREC-SUD. ISBN 978-2-491380-02-1. Disponible à l'adresse : <https://www.grec-sud.fr/publications/cahier-verdon/>
- 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>
- HUGONNOT, Vincent, VANDERPERT, Héloïse et GRANATO, Laura, 2017. Guide méthodologique. Mise en place d'un suivi de la végétation des tufs. Application à la Réserve Naturelle Régionale de Saint-Maurin. 2017.
- LIU, Chang et VAN MEERBEEK, Koenraad, 2024. Predicting the responses of European grassland communities to climate and land cover change. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 8 avril 2024. Vol. 379, n° 1902, pp. 20230335. DOI 10.1098/rstb.2023.0335.
- LÖFFLER, Franz, PONIATOWSKI, Dominik et FARTMANN, Thomas, 2019. Orthoptera community shifts in response to land-use and climate change – Lessons from a long-term study across different grassland habitats. Biological Conservation. 1 août 2019. Vol. 236, pp. 315-323. DOI 10.1016/j.biocon.2019.05.058.
- MÉTÉO-FRANCE, 2025a. CLIMAT HD par Météo-France. [en ligne]. 2025. [Consulté le 27 mai 2025]. Disponible à l'adresse : <https://meteofrance.com/climathd>
- MÉTÉO-FRANCE, 2025b. DRIAS, Les futurs du climat. [en ligne]. 2025. [Consulté le 20 mai 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.drias-climat.fr/>
- MÉTÉO-FRANCE, 2025c. DRIAS, Les futurs de l'Eau. [en ligne]. 2025. [Consulté le 27 mai 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.drias-eau.fr/>
- ONERC, 2015. Scénarios d'évolution des concentrations de gaz à effet de serre - Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. mars 2015.
- 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>
- WARREN, Martin S., MAES, Dirk, VAN SWAAY, Chris A. M., GOFFART, Philippe, VAN DYCK, Hans, BOURN, Nigel A. D., WYNHOFF, Irma, HOARE, Dan et ELLIS, Sam, 2021. The decline of butterflies in Europe: Problems, significance, and possible solutions. Proceedings of the National Academy of Sciences. 12 janvier 2021. Vol. 118, n° 2, pp. e2002551117. DOI 10.1073/pnas.2002551117.
- ZOGRAFOU, Konstantina, KATI, Vassiliki, GRILL, Andrea, WILSON, Robert J., TZIRKALLI, Elli, PAMPERIS, Lazaros N. et HALLEY, John M., 2014. Signals of Climate Change in Butterfly Communities in a Mediterranean Protected Area. PLOS ONE. 29 janvier 2014. Vol. 9, n° 1, pp. e87245. DOI 10.1371/journal.pone.0087245.

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