



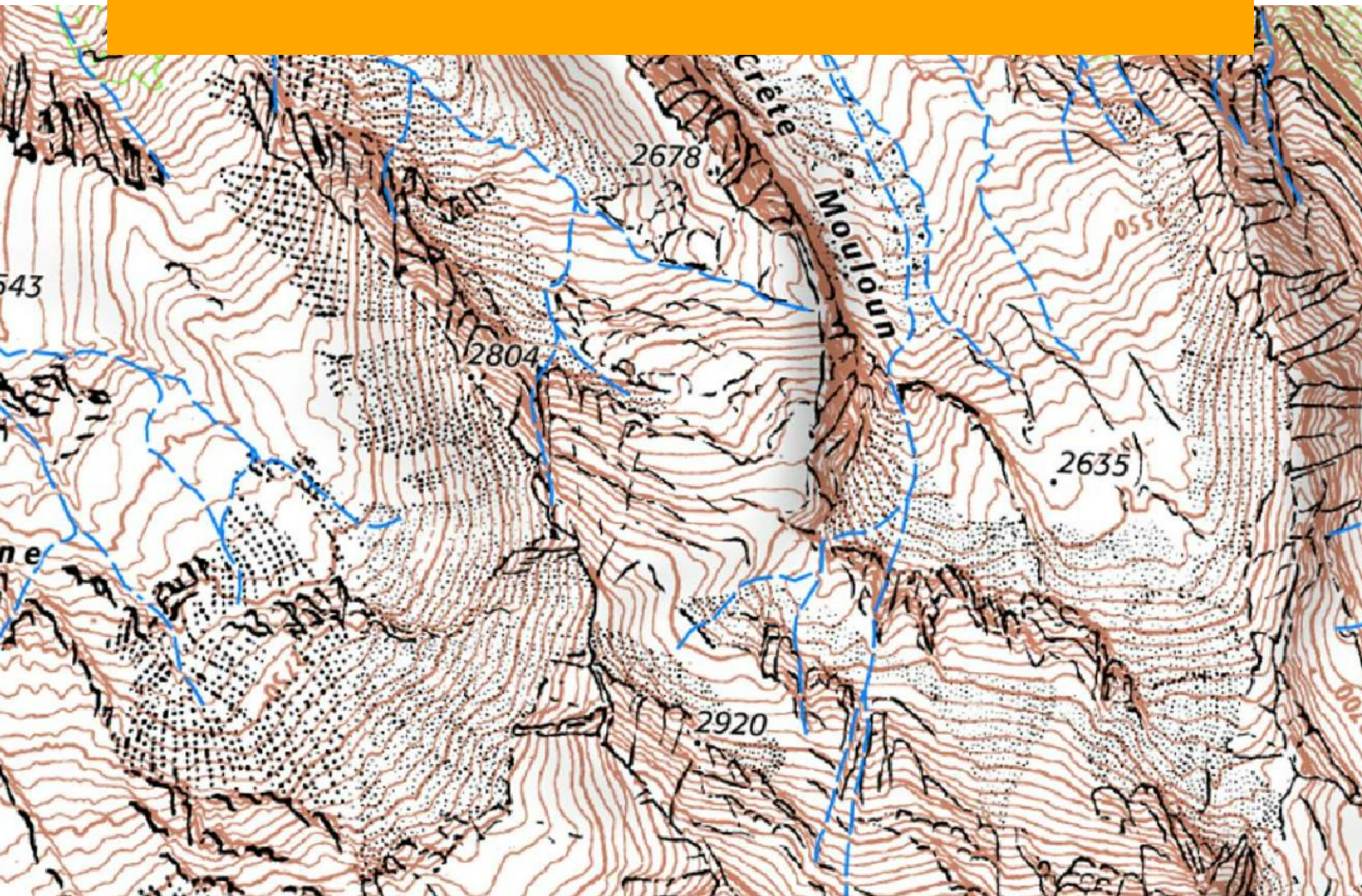
Réserve Naturelle
RISTOLAS - MONT VISO



Parc
naturel
régional
du Queyras

Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique

RESERVE NATURELLE NATIONALE RISTOLAS – MONT VISO



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

Autrices

KELLER Laureen – CEN PACA

GATEL Maëlle – CEN PACA

La trame de ce document est commune aux livrables des 13 réserves participantes et a été rédigée avec les 2 autres animatrices du projet Natur'Adapt Sud :

ABIS Ophélie – CEN PACA

NOJAROFF Noémie – Tour du Valat

Contributeurs et relecteurs

BRENA Pierpaolo – PNR du Queyras

CHESNAIS Marjolaine – PNR du Queyras

CREUSOT Aubin – PNR du Queyras

TENOUX Nicolas – PNR du Queyras

Citation de l'ouvrage

KELLER L., BRENA P., CHESNAIS M., CREUSOT A., TENOUX N., ABIS O., GATEL M., NOJAROFF N., 2026. Diagnostic prospectif de vulnérabilité et d'opportunité au changement climatique – Réserve naturelle nationale de Ristolas – Mont Viso. Projet Natur'Adapt Sud : Adaptation de la gestion des Réserves naturelles de Provence-Alpes-Côte d'Azur au changement climatique. 50 pages.

Table des matières

Résumé.....	4
I. Introduction.....	5
1. Le projet LIFE Natur'Adapt	5
2. Le projet Natur'Adapt Sud.....	5
3. Philosophie de la démarche Natur'Adapt	7
II. Présentation du site	8
III. Analyse climatique	10
1. Climat de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur	10
2. Méthodologie d'analyse du climat	12
Sélection des paramètres climatiques	12
Méthodologie d'analyse du climat récent.....	12
Méthodologie d'analyse du climat futur	12
3. Analyse du climat du site.....	14
Indicateurs de température	14
Indicateurs de précipitation	18
Indicateurs d'enneigement	21
Autres indicateurs	23
4. Synthèse	25
IV. Analyse de vulnérabilité.....	27
1. Sélection des objets d'analyse	27
Critères de sélection.....	27
Objets d'analyse sélectionnés	28
2. Méthodologie d'analyse.....	28
Analyse détaillée du patrimoine naturel.....	28
Analyse de l'évolution des activités socio-économiques	30
Analyse de l'évolution des outils et moyens de gestion	31
3. Facteurs extérieurs.....	31
Description des facteurs extérieurs	31
4. Résultats de l'analyse.....	32
Vulnérabilité et opportunité des objets du patrimoine naturel.....	32
Evolutions potentielles des outils et moyens de gestion	39
Evolutions potentielles des activités socio-économiques.....	41
5. Nouveaux arrivants	44
V. Récit prospectif	45
Liste des acronymes	48
Bibliographie	49

Résumé

Située à l'extrémité sud-ouest de l'arc alpin, la Réserve naturelle nationale de Ristolas – Mont Viso prend place sur le flan français du massif du Mont Viso, en tête de bassin versant du Guil. Ce site de montagne accueille une diversité d'habitats naturels liée notamment à l'étagement de la végétation et à un contexte géologique spécifique. Le paysage de la Réserve est ainsi caractérisé par des pelouses alpines pâturées, des zones d'éboulis et de pierriers, des zones humides d'altitudes et, en fond de vallée, des zones de mélézins. La vallée du Haut-Guil est une source importante d'alimentation en eau de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Son régime hydrographique est actuellement largement dépendant de l'alimentation par la neige et du pergélisol.

Consciente que le changement climatique impacte déjà les habitats naturels de son territoire et leur biodiversité associée, la Réserve a souhaité étudier les tendances climatiques futures et leurs conséquences possibles sur les socio-écosystèmes. Ce diagnostic vise à alimenter le récit prospectif de la Réserve (présenté dans ce rapport) et servir de base à la construction d'un plan d'adaptation de la gestion.

L'analyse du climat passé et des projections jusqu'à l'horizon 2100 ont permis de mettre en évidence une poursuite de l'augmentation des températures avec un allongement de la saison estivale. La fréquence et la durée des vagues de chaleur devraient augmenter, tandis que le nombre annuel de jours sans dégel devrait diminuer, sans pour autant exclure la possibilité d'épisodes de gel tardif. Ce réchauffement devrait induire une probable réduction de la durée d'enneigement, de l'épaisseur et de l'équivalent en eau du manteau neigeux, en particulier aux basses altitudes. De plus, les périodes de sécheresse devraient s'allonger au printemps et en été, et une hausse de l'évapotranspiration potentielle est attendue.

Les effets potentiels de ces évolutions ont été analysés sur 12 objets jugés comme les plus caractéristiques de la Réserve : 5 éléments structurants du patrimoine naturel ou de la fonctionnalité écologique du territoire, 4 outils et moyens de gestion, et 3 activités socio-économiques.

L'étude, menée à partir de données bibliographiques et d'entretiens avec des scientifiques et des acteurs locaux, a mis en relief une très forte vulnérabilité au changement climatique des pelouses alpines, des zones humides, des lacs d'altitude et des cortèges associés à ces habitats. Le fonctionnement du réseau hydrologique se verrait également fortement perturbé. La Salamandre de Lanza, espèce endémique de la région du Viso, pourrait adapter sa phénologie pour faire face aux variations climatiques, mais cela pourrait ne pas suffire au regard des tendances à l'assèchement des milieux. La vulnérabilité de l'espèce au changement climatique pourrait donc être forte.

Enfin, la réponse de certains objets aux changements climatiques reste incertaine. C'est le cas des éboulis, des pierriers et des espèces liées. En effet, dans ces milieux instables, le changement climatique pourrait, en fonction de ses conséquences et de l'ordre dans lequel elles s'expriment, générer des réponses très différentes : stabilisation du substrat générant un verdissement des milieux ou maintien d'une activité érosive permettant de remobiliser régulièrement le milieu. Les deux hypothèses pourraient s'exprimer simultanément dans la Réserve selon le secteur concerné.

Les activités socio-économiques seront également fortement impactées. Le déneigement précoce, l'augmentation de la disponibilité en ressources fourragères à certaines périodes et, inversement, le manque d'eau et l'augmentation des pressions sur les habitats naturels risquent de profondément modifier la manière dont le pâturage est conduit. La fréquentation devrait également évoluer sous l'effet d'une évolution des comportements des visiteurs (recherche de fraîcheur, etc.) ou de potentiels risques sur le territoire (instabilité des sols, etc.). Dans ce contexte, les activités de l'équipe gestionnaire de la Réserve seront également impactées.

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 et testés sur des sites pilotes. Une démarche d'adaptation a ainsi été développée, accompagnée d'un [guide méthodologique](#) (COUDURIER *et al.*, 2023) et d'une formation en ligne à destination des gestionnaires. La démarche Natur'Adapt consiste en la réalisation d'un diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité (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 accompagné dans la prise en compte du changement climatique dans leur gestion.

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

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

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

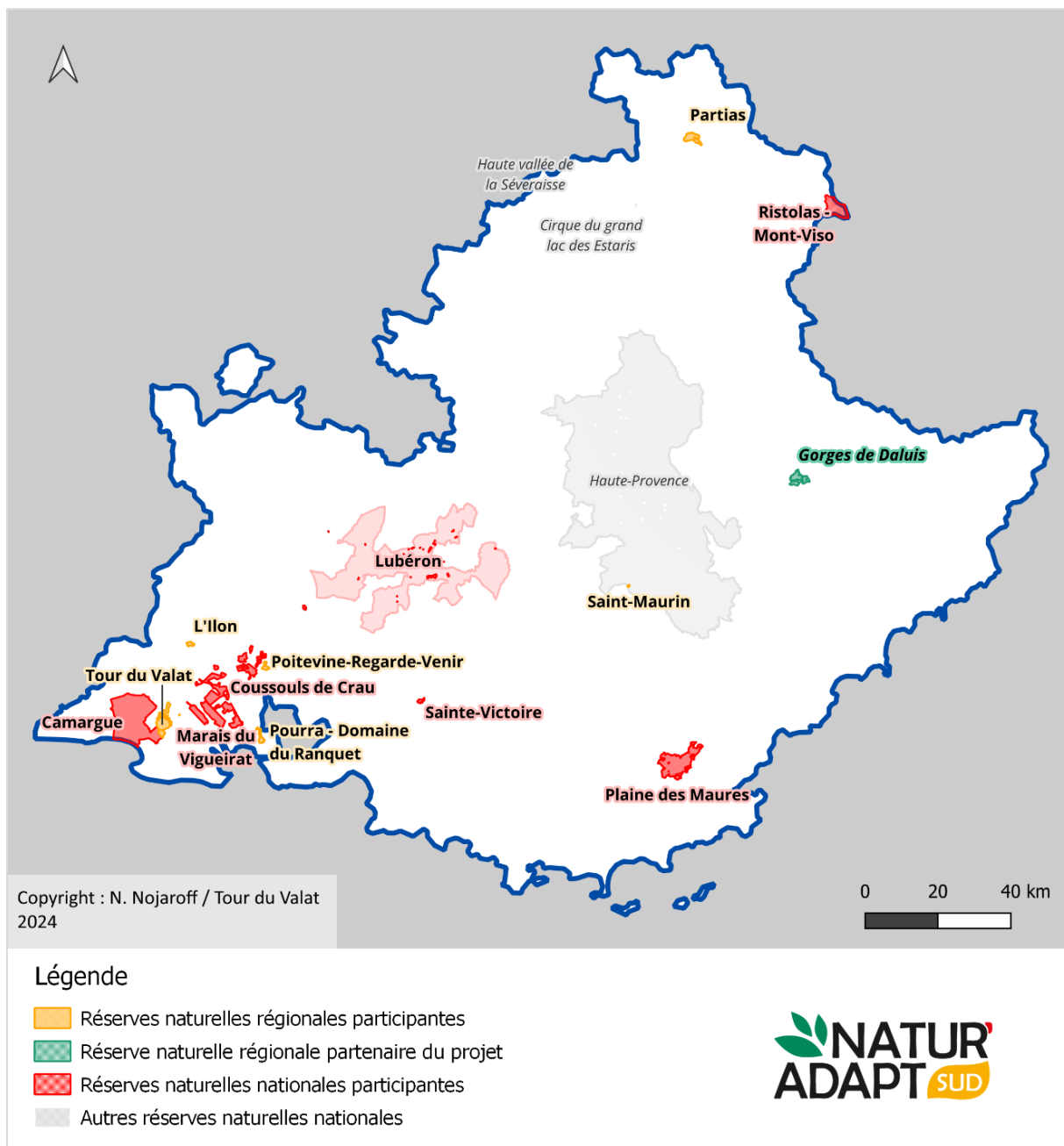


Figure 1 : Carte des Réserves naturelles participant au projet Natur'Adapt Sud

3. Philosophie de la démarche Natur'Adapt

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

La démarche Natur'Adapt est une opportunité pour :

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

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

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

II. Présentation du site

La Réserve Naturelle Nationale (RNN) de Ristolas – Mont Viso, située sur la commune d’Abriès - Ristolas dans le département des Hautes-Alpes, s’étend sur 2 295 hectares de 1 800 à 3 214m d’altitude. Elle se trouve à l’extrémité sud-est du massif du Queyras, à la frontière de l’Italie (Figure 2). Classée en 2007, elle est gérée par le Parc Naturel Régional (PNR) du Queyras depuis 2009 (BLOC, 2018).

La Réserve est soumise à un climat intra-alpin froid et sec, même si les précipitations peuvent y être ponctuellement abondantes. L’amplitude altitudinale de l’étage montagnard à l’étage nival, les influences climatiques de la vallée du Pô, la diversité des orientations, ainsi que le contexte géologique et géomorphologique permettent au vallon du Haut Guil d’accueillir une diversité d’habitats et de formations végétales. Ainsi, la Réserve est caractérisée par la présence de landes et fourrés, de pelouses, de marais et sourcins, de lacs, de pierriers et de falaises. Ces conditions permettent également le développement d’une diversité floristique d’un grand intérêt patrimonial pour le massif alpin, avec de nombreuses espèces endémiques des Alpes du sud.

Concernant la faune, la Réserve accueille des espèces typiques des milieux de montagne, notamment le lièvre variable, les galliformes et petites chouettes de montagne, ainsi que des ongulés tels que le bouquetin et le chamois. Le territoire possède également une forte responsabilité pour la protection de la Salamandre de Lanza, qui fréquente les milieux humides de l’étage subalpin générés par les sources. Enfin, de nombreux invertébrés endémiques des Alpes du Sud, voire du Queyras, sont recensés sur la Réserve. C’est par exemple le cas de l’Analote du Queyras (*Anonconotus baracunensis*), du Criquet de Cialancia (*Gomphocerippus cialancensis*) ou de l’Hépièle du Queyras (*Pharmacis bertrandi*).

La Réserve possède une grande valeur paysagère et constitue un site de référence pour la pratique de diverses activités humaines. Ainsi, des pratiques de loisirs s’y déroulent, notamment la randonnée pédestre, le ski de randonnée et l’alpinisme. De plus, le pastoralisme constitue un élément économique et culturel fort pour le vallon du Haut Guil.

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

Réserve naturelle nationale de Ristolas - Mont Viso

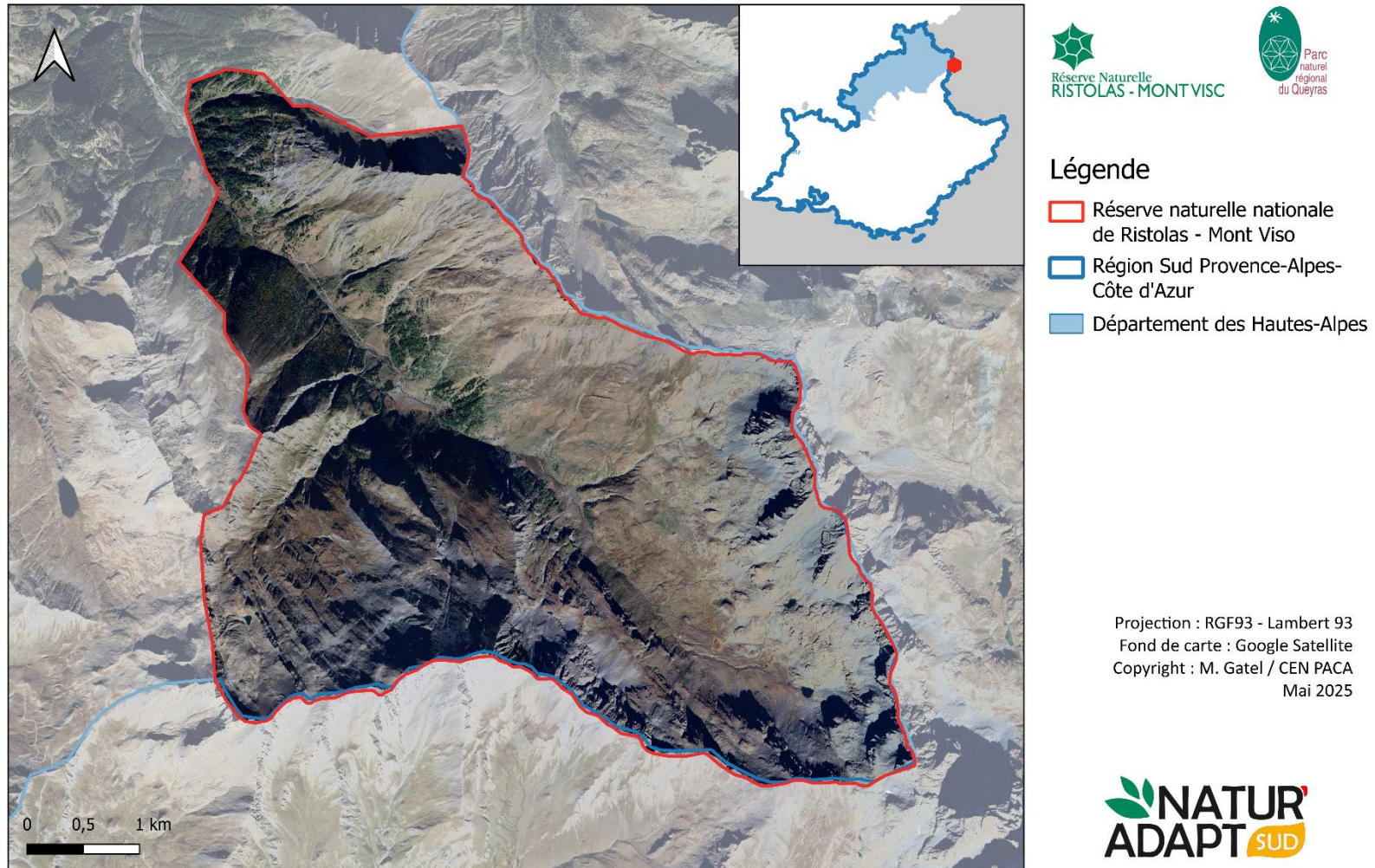


Figure 2 : Localisation de la RNN de Ristolas - Mont Viso

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

2 questions pour comprendre le changement climatique

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

La météo concerne les prévisions à court terme des conditions atmosphériques. Le climat est la moyenne des conditions météorologiques, les extrêmes et les tendances sur le long terme. Les normales climatiques, calculées sur 30 ans, servent de référence pour analyser l'évolution du climat.

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

Bien que le climat ait toujours varié, le réchauffement observé depuis 1900 est essentiellement d'origine anthropique, en lien avec les modifications d'usage des sols (déforestation, bétonisation...) et les importantes émissions de gaz à effet de serre (GES) produites par les activités humaines. Le CO₂ est particulièrement préoccupant en raison de sa longévité dans l'atmosphère, jusqu'à des centaines d'années. Par conséquent, même si nous réduisons les émissions aujourd'hui, les effets du réchauffement se poursuivront pendant des décennies, voire des siècles. En revanche, les actions mises en place maintenant peuvent limiter l'ampleur du réchauffement futur (atténuation). Il est également nécessaire de se préparer aux effets inévitables du réchauffement déjà en cours : c'est l'adaptation.

Le changement climatique contemporain se distingue par son intensité, sa rapidité et son origine humaine.

1. Climat de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Le Groupe Régional d'Experts sur le Climat en Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-Sud), organisme de référence en PACA en matière d'analyse climatique, a produit plusieurs cahiers thématiques en lien avec les effets du changement climatique, ainsi qu'une infographie récapitulative des enjeux climatiques régionaux (GREC-SUD, 2023) (Figure 3).

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

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

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

SPÉCIFICITÉS DE LA RÉGION



ÉTÉ

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



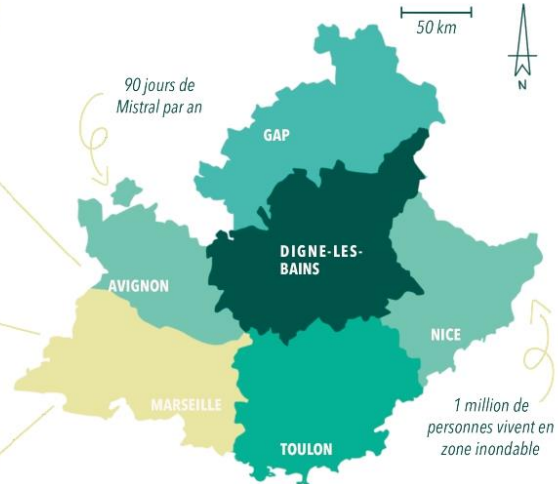
HIVER

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

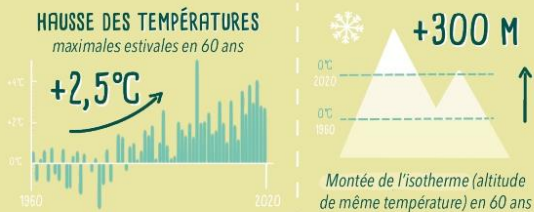


AUTOMNE & PRINTEMPS

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



ÉVOLUTIONS PASSÉES (1960 à 2020)



ÉVOLUTIONS FUTURES (2050 à 2100)

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



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

Figure 3 : Infographie : enjeux climatiques en région PACA (GREC-SUD, 2023)

2. Méthodologie d'analyse du climat

SELECTION DES PARAMETRES 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 le fonctionnement de la Réserve naturelle nationale de Ristolas – Mont Viso 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 actuelles existantes pour les modélisations du climat futur.

Les 13 paramètres et variables retenus pour l'analyse climatique de la RNN Ristolas - Mont Viso sont les suivants :

- **Température atmosphérique** : moyenne, minimale, maximale, nombre de jours d'une vague de chaleur, nombre de jours sans dégel
- **Précipitations** : cumul moyen, nombre de jours de pluie, nombre de jours de fortes pluies, précipitations quotidiennes intenses, périodes de sécheresse
- **Enneigement** : épaisseur du manteau neigeux, équivalent en eau du manteau neigeux
- **Autres paramètres** : évapotranspiration potentielle

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

METHODOLOGIE D'ANALYSE DU CLIMAT RECENT

Les analyses du climat passé de la Réserve proviennent principalement du cahier thématique « Montagne » produit par le GREC-SUD (GREC-SUD, 2018) ainsi que d'un document de synthèse produit par le PNR du Queyras (PNR du Queyras, 2021). En complément, les données issues des services climatiques Climat HD (Météo-France, 2025a), qui synthétisent les grandes tendances de certains indicateurs à l'échelle régionale, ont été utilisées.

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).

METHODOLOGIE 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 Réserve naturelle nationale de Ristolas - Mont Viso, c'est la maille n°6549 qui est utilisée car elle couvre la majorité de la surface de la Réserve et est représentative des paliers altitudinaux et des différents habitats qui s'y trouvent.

► *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 : RCP 2.6 (émissions maîtrisées), RCP 4.5 (émissions modérées), et RCP 8.5 (émissions non réduites). Deux scénarios sont comparés dans cette analyse : le RCP 4.5 (« plutôt optimiste ») et le RCP 8.5 (« pessimiste »). Le choix de 2 scénarios permet de montrer une fourchette des évolutions possibles, et de tenir compte des incertitudes liées au climat futur.

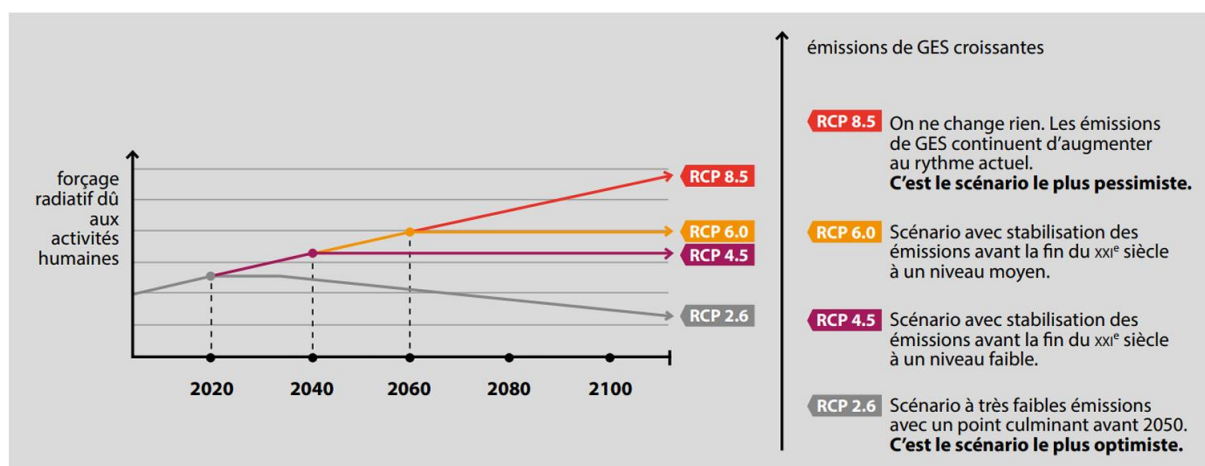


Figure 4. Schéma des différents scénarios d'émissions (RCP) (ONERC, 2015)

► Pas de temps

De nombreux services climatiques, dont DRIAS, proposent des modélisations sur des périodes de 30 ans. L'horizon temporel de moyen terme se base sur la période 2041-2070, traduit dans cette analyse sous le terme d'horizon 2050. L'horizon temporel de long terme concerne, quant à lui, la période 2071-2100, repris ici comme l'horizon 2100.

Ces horizons 2050 et 2100 ont été choisis car ils constituent des repères en matière de gestion, comme 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 dans cette analyse, le choix a été fait de retenir la médiane de l'ensemble des modèles disponibles sur le service climatique DRIAS (DRIAS 2020).

Afin de prendre en compte l'incertitude liée à l'outil de modélisation, un intervalle de prédiction, comprenant les valeurs comprises entre le 5^{ème} centile (valeurs basses) et le 95^{ème} centile (valeurs hautes),

a également été intégré. Cette approche permet ainsi de prendre en compte la majorité des valeurs qu'un paramètre climatique donné peut prendre selon les différents modèles.

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 TEMPERATURE

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 dans les Alpes du Sud, au niveau de la station météorologique d'Embrun. Ce réchauffement est plus intense en été avec une tendance des températures moyennes estivales de +0.4 à +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). En 60 ans, la température moyenne annuelle a ainsi augmenté d'environ +1.9°C dans les Alpes du Sud et +1.5°C sur la commune de Saint-Véran, située au cœur du PNR du Queyras à 2042m d'altitude (GREC-SUD, 2018; PNR du Queyras, 2021).

Quel que soit le scénario ou le modèle étudié, l'augmentation des températures moyennes devrait se poursuivre jusqu'à la fin du siècle. Selon la médiane des projections futures, une hausse de la température moyenne annuelle de l'ordre de +1.9°C (scénario d'émissions modérées) à +2.7°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 serait particulièrement marqué en été, avec des températures moyennes pouvant potentiellement augmenter d'environ 6°C d'ici la fin du siècle selon certains modèles. Il est également intéressant de relever que les températures moyennes pourraient devenir positives pour l'ensemble des mois d'hiver d'ici 2100.

Tableau 1 – Projections de l'évolution des températures moyennes annuelles sur la RNN de Ristolas - Mont Viso
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	+2.7°C	+2.4°C	+4.7°C
	Température moyenne	0.1°C	2°C	2.8°C	2.5°C	4.8°C

► **Température minimale quotidienne**

La température minimale quotidienne correspond à la température la plus basse enregistrée sur une période de 24 heures. À l'échelle mensuelle, cet indicateur correspond à la moyenne des températures minimales quotidiennes. Il fournit une vision complémentaire à celle des températures moyennes et maximales, en permettant notamment de visualiser les extrêmes climatiques et l'amplitude thermique quotidienne.

❖ **Evolution récente et projections futures**

Globalement, les températures minimales ont suivi une tendance de réchauffement similaire à celle des températures moyennes, avec une augmentation particulièrement marquée depuis les années 1980. A Saint-Véran, la température moyenne minimale en hiver a augmenté de +0.4°C sur la période 1959-2020 (PNR du Queyras, 2021).

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 +2.6°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 +2.3°C à +4.5°C, selon le scénario d'émissions considéré. Ce réchauffement affecterait toutes les saisons mais serait particulièrement marqué en été. De la même manière, la moyenne des températures minimales pourrait devenir positive pour au moins une partie des mois d'hiver, notamment sur les ailes de saison.

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

Tableau 2 - Projections de l'évolution des températures minimales annuelles sur la RNN de Ristolas - Mont Viso

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	+2.6°C	+2.3°C	+4.5°C
	Température minimale	-2°C	-0.2°C	0.6°C	0.3°C	2.5°C

► **Température maximale quotidienne**

La température maximale quotidienne correspond à la température la plus élevée enregistrée sur une période de 24 heures. À l'échelle mensuelle, cet indicateur correspond à la moyenne des températures maximales quotidiennes. Il fournit une vision complémentaire à celle des températures moyennes et minimales, en permettant notamment de visualiser les extrêmes climatiques et l'amplitude thermique quotidienne.

❖ **Evolution récente et projections futures**

Globalement, les températures maximales ont suivi une tendance de réchauffement similaire à celle des températures moyennes, avec une augmentation particulièrement marquée depuis les années 1980. A Saint-Véran, la température maximale moyenne en été a subi une hausse de +2.7°C sur la période 1959-2020 (PNR du Queyras, 2021).

Cette tendance devrait également se poursuivre jusqu'à la fin du siècle. Selon la médiane des projections futures, une hausse de la moyenne annuelle des températures maximales quotidiennes de l'ordre de +1.8°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 +2.3°C à +4.8°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 voire dépasser les températures maximales actuelles, ce qui témoigne de l'intensification du phénomène de réchauffement.

Tableau 3 - Projections de l'évolution des températures maximales annuelles sur la RNN de Ristolas - Mont Viso
(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	+2.6°C	+2.3°C	+4.8°C
	Température maximale	2.3°C	4.1°C	4.9°C	4.6°C	7.1°C

► **Nombres de jours d'une vague de chaleur**

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

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

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

❖ **Evolution récente et projections futures**

A l'échelle de la région PACA, les vagues de chaleur recensées depuis 1947 ont été sensiblement plus nombreuses et plus longues au cours des dernières décennies. Dans le PNR du Queyras, le nombre de jours de vagues de chaleur a été multiplié par 5 au cours de ces 60 dernières années (PNR du Queyras, 2021).

Selon les projections futures, ces phénomènes extrêmes devraient devenir plus intenses. Les vagues de chaleur devraient voir leur durée considérablement augmenter. Cette tendance serait particulièrement marquée d'ici la fin du siècle, notamment en été. Dans le scénario d'émissions non réduites, la médiane des modèles climatiques indique que la durée des vagues de chaleur estivales pourrait atteindre 38 jours consécutifs à l'horizon 2100. Certains modèles estiment même que cette durée pourrait atteindre jusqu'à 68 jours.

Tableau 4 - Projections de l'évolution de la durée moyenne d'une vague de chaleur sur la RNN de Ristolas – Mont Viso
 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	-	+ 21 jours	+ 45 jours	+ 36 jours	+115 jours
	Jours	8 jours	29 jours	53 jours	44 jours	123 jours
HIVER	Ecart à la référence	-	+ 4 jours	+9 jours	+7 jours	+24 jours
	Jours	0 jour	4 jours	9 jours	7 jours	24 jours
PRINTEMPS	Ecart à la référence	-	+ 4 jours	+ 8 jours	+ 7 jours	+24 jours
	Jours	1 jour	5 jours	9 jours	8 jours	25 jours
ETE	Ecart à la référence	-	+ 6 jours	+ 12 jours	+ 9 jours	+38 jours
	Jours	0 jour	6 jours	12 jours	9 jours	38 jours
AUTOMNE	Ecart à la référence	-	+ 6 jours	+ 10 jours	+ 9 jour	+29 jours
	Jours	0 jour	6 jours	10 jours	9 jours	29 jours

► Nombre de jours sans dégel

Le nombre de jours sans dégel correspond au nombre de jours, sur une période donnée, lors desquels la température maximale quotidienne est restée inférieure ou égale à 0°C.

❖ Evolution récente et projections futures

L'augmentation généralisée des températures entraîne une diminution des gelées ces dernières décennies en région PACA. Ainsi, dans les Alpes du Sud, le nombre de jours de gel a diminué de 20 jours par an à 1500 m d'altitude depuis les années 60. A Saint-Véran, ce nombre a subi une baisse de 40 jours sur la période 1959-2020 (GREC-SUD, 2018; PNR du Queyras, 2021).

Les projections du GREC-SUD indiquent une remontée de 300 m d'altitude de l'isotherme 0°C au printemps d'ici 2050 dans les Alpes du Sud. Concernant le territoire de la Réserve, le nombre de jours sans dégel devrait fortement diminuer sur l'ensemble de la période hivernale. Ainsi, d'ici la fin du siècle, il n'y aurait plus de jours sans dégel en octobre et en mai, et seuls quelques jours persisteraient pour les mois d'avril et novembre. Les mois de décembre à mars devraient quant à eux conserver au moins une dizaine de jours sans dégel.

Tableau 5 - Projections de l'évolution du nombre annuel de jours sans dégel sur la RNN de Ristolas – Mont Viso
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	-	-29 jours	- 44 jours	- 39 jours	- 76 jours
	Jours	146 jours	117 jours	102 jours	107 jours	70 jours

INDICATEURS DE PRECIPITATION

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, l'évolution du cumul annuel de précipitations, enregistré dans les Alpes du Sud, ne présente pas de tendance marquée. Les précipitations sont caractérisées par une grande variabilité spatiale et temporelle, ce qui rend les tendances statistiques peu robustes. Sur la période 1959-2015, les pluies annuelles sont en très légère baisse, mais celles de printemps sont en légère augmentation. Le signal du changement climatique reste ainsi encore incertain (GREC-SUD, 2018). Concernant le territoire du PNR du Queyras, le cumul moyen annuel a diminué de 10% à Arvioux La Chalp tandis qu'il est resté stable à Ceillac sur la période 1959-2020. Les deux communes enregistrent cependant une diminution des précipitations en hiver de -30 à -20% et une légère augmentation de +7 à +11% en été (PNR du Queyras, 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 climatiques proposés 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. Globalement, le cumul annuel des précipitations devrait peu évoluer. Leur répartition dans l'année pourrait légèrement changer avec une faible augmentation des précipitations en hiver et une légère diminution au cours des autres saisons pour la plupart des scénarios, surtout à l'automne et au printemps.

Tableau 6 - Projections de l'évolution du cumul annuel de précipitations sur la RNN de Ristolas – Mont Viso

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

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

Hiver : D, J, F / Printemps : M, A, M / Eté : 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	-	-11 mm (-1%)	-20 mm (-2%)	-8 mm (-1%)	-111 mm (-11%)
	Cumul	973 mm	962 mm	953 mm	965 mm	862 mm
HIVER	Ecart à la référence	-	+20 mm (+10%)	+0 mm	+43 mm (+22%)	+10 mm (+5%)
	Cumul	193 mm	213 mm	193 mm	236 mm	203 mm
PRINTEMPS	Ecart à la référence	-	-12 mm (-5%)	-26 mm (-10%)	-36 mm (-14%)	-45 mm (-18%)
	Cumul	256 mm	244 mm	230 mm	220 mm	211 mm
ETE	Ecart à la référence	-	-2 mm (-1%)	-5 mm (-2%)	+18 mm (+8%)	-11 mm (-5%)
	Cumul	236 mm	234 mm	231 mm	254 mm	225 mm
AUTOMNE	Ecart à la référence	-	-22 mm (-7%)	-21 mm (-7%)	-34 mm (-12%)	-66 mm (-23%)
	Cumul	289 mm	267 mm	268 mm	255 mm	223 mm

► Nombre de jours de précipitations

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

❖ Evolution récente et projections futures

Environ 7 à 12 jours de pluie ont été enregistrés en moyenne chaque mois au cours de la période de référence. Les mois d'avril à juin sont ceux enregistrant le plus de jours de pluie tandis que les mois de janvier, février et septembre sont ceux avec le moins de jours pluvieux. A nouveau, les projections sont peu précises et semblent montrer une importante variabilité interannuelle. Une tendance à la diminution de l'ordre de quelques jours semble se dessiner pour les mois d'avril à décembre d'ici la fin du siècle.

Tableau 7 - Projections de l'évolution du nombre annuel de jours de pluie sur la RNN de Ristolas – Mont Viso

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

Source des données : DRIAS 2020 – médiane des modèles

		Période de référence (1976-2005)	Horizon moyen (2041-2070)		Horizon lointain (2071-2100)	
			RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
ANNEE	Ecart à la référence	-	-3 jours	-7 jours	-4 jours	-16 jours
	Jours	114 jours	111 jours	107 jours	110 jours	98 jours

► **Nombre de jours de fortes précipitations**

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

❖ **Evolution récente et projections futures**

Sur la période de référence, environ 10 jours de fortes précipitations ont été enregistrés annuellement sur la période 1976-2005. Cet indicateur devrait rester assez stable, avec seulement un jour de plus ou de moins envisagé pour certains mois de l'année.

► **Précipitations quotidiennes intenses**

Les précipitations quotidiennes intenses correspondent au 90e centile des précipitations quotidiennes annuelles (en mm).

❖ **Evolution récente et projections futures**

Les précipitations quotidiennes intenses devraient rester relativement stables d'ici la fin du siècle. En revanche, les précipitations journalières intenses devraient légèrement augmenter, principalement en hiver (PNR du Queyras, 2021).

Tableau 8 - Projections de l'évolution des précipitations quotidiennes intenses sur la RNN de Ristolas – Mont Viso

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	-	-0.2 mm	-0.5 mm	-0.2 mm	-1.4 mm
	Cumul	8.1 mm	7.9 mm	7.6 mm	7.9 mm	6.7 mm

► **Périodes de sécheresse**

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

❖ **Evolution récente et projections futures**

Sur la période 1976-2005, la plus longue période de sécheresse de l'année durait 23 jours et se situait plutôt en hiver.

Selon les projections futures et pour la majorité des scénarios, un allongement de l'ordre de quelques jours des périodes de sécheresses est attendu à toutes les saisons d'ici la fin du siècle, en particulier en automne et au printemps. En effet, si les émissions ne sont pas réduites, la médiane des modèles estime que la plus longue période de sécheresse annuelle pourrait atteindre 28 jours, voire 37 jours selon certains modèles.

Tableau 9 - Projections de l'évolution de la durée des périodes de sécheresse sur la RNN de Ristolas – Mont Viso

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	-	+ 3 jours	+ 2 jours	+ 2 jours	+ 5 jours
	Jours	23 jours	26 jours	25 jours	25 jours	28 jours
HIVER	Ecart à la référence	-	+ 0 jour	- 1 jour	- 1 jour	+ 1 jour
	Jours	19 jours	19 jours	18 jours	18 jours	20 jours
PRINTEMPS	Ecart à la référence	-	+ 0 jour	+ 1 jour	+ 2 jours	+ 3 jours
	Jours	14 jours	14 jours	15 jours	16 jours	17 jours
ETE	Ecart à la référence	-	+ 0 jour	+ 0 jour	+ 1 jour	+ 2 jours
	Jours	14 jours	14 jours	14 jours	15 jours	16 jours
AUTOMNE	Ecart à la référence	-	+ 2 jours	+ 2 jours	+ 2 jours	+ 5 jours
	Jours	15 jours	17 jours	17 jours	17 jours	20 jours

INDICATEURS D'ENNEIGEMENT

► *Épaisseur du manteau neigeux*

Cet indicateur correspond à la moyenne de l'épaisseur de neige en centimètres sur une période donnée.

❖ Evolution récente et projections futures

De la même manière que les précipitations, l'enneigement est un paramètre caractérisé par une forte variabilité interannuelle. De plus, le nombre de postes relevant les hauteurs de neige est réduit et les séries de données sont en général plus courtes et incomplètes, ce qui complique la définition de tendances. Dans les Alpes du Sud, les séries complètes disponibles permettent tout de même de mettre en évidence un signal à la baisse, avec par exemple une diminution de 16 cm de la neige au sol ces 30 dernières années par rapport à la période 1961-1990 à la station des Orres. Le manteau neigeux est fortement influencé par la température et les précipitations. En effet, la température agit sur la phase¹ des précipitations et sur la vitesse de fonte du manteau neigeux. La réponse de ce dernier à l'augmentation des températures varie selon l'altitude et l'orientation. Ainsi, le froid étant plus marqué à haute altitude, un même niveau de réchauffement aura un impact plus limité sur les variations de phase des précipitations qu'en basse altitude (GREC-SUD, 2018). De même, les versants ouest sont exposés à des radiations solaires plus importantes générant une fonte des neiges précoce. La topographie et la micro-topographie exercent ainsi une influence majeure sur les impacts du changement climatique.

¹ La phase des précipitations est la part relative de pluie et de neige dans ces dernières

Dans l'avenir, les projections indiquent une forte diminution de l'épaisseur du manteau neigeux aux plus basses altitudes de la Réserve, qui ne mesurerait probablement plus que quelques dizaines de centimètres voire quelques centimètres au cœur de l'hiver, à la fin du siècle, selon le scénario d'émissions non réduites. En revanche, les plus hautes altitudes, au-delà de 2500 m, seraient davantage préservées, avec un manteau neigeux plus épais et moins sujet à d'importantes diminutions d'ici la fin du siècle.

Plus globalement, il est probable que l'augmentation des températures entraîne une fonte de la neige plus précoce et plus rapide à la fin de l'hiver quels que soient les paliers altitudinaux.

Tableau 10 - Projections de l'évolution de l'épaisseur du manteau neigeux dans le massif du Queyras sur la période hivernale (nov. à avril)

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

Source des données : DRIAS 2020 – ensemble des modèles ADAMONT

		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
1800 m	Ecart à la référence	-	- 11 cm (-42 %)	- 16 cm (-57%)	- 15 cm (-54%)	- 21 cm (-79%)
	Epaisseur	27 cm	16 cm	12 cm	12 cm	6 cm
3000 m	Ecart à la référence	-	- 4 cm (-8%)	- 43 cm (-22%)	- 50 cm (-16%)	- 45 cm (-42%)
	Epaisseur	107 cm	99 cm	83 cm	90 cm	62 cm

► *Equivalent en eau du manteau neigeux*

L'équivalent en eau du manteau neigeux représente la masse de neige accumulée au sol par unité de surface. Ainsi, l'indicateur choisi pour cette analyse correspond au maximum quotidien de l'équivalent en eau de la neige naturelle au sol sur une période donnée (en kg/m²).

❖ Evolution récente et projections futures

Dans les Alpes, l'équivalent en eau du manteau neigeux augmente pendant la phase d'accumulation de neige et atteint sa valeur maximale en mars. Puis, la fonte débute doucement, et s'accélère fortement à partir de la deuxième quinzaine d'avril.

Bien qu'elles soient marquées par une forte variabilité interannuelle, les Alpes du Sud enregistrent une tendance nette à la baisse de l'équivalent en eau du manteau neigeux depuis les années 60. Ainsi, une réduction significative de 20% par décennie du stock nival au 1er mai dans les Alpes du Sud est enregistrée depuis 1980. Cette diminution de l'eau stockée sous forme de neige est liée au réchauffement atmosphérique qui réduit la fraction des précipitations tombant sous forme de neige au profit de la pluie et renforce la fonte du manteau neigeux (GREC-SUD, 2018).

Sur le territoire de la Réserve, les tendances devraient suivre celles de l'épaisseur du manteau neigeux. Ainsi, une diminution du maximum d'équivalent en eau du manteau neigeux est attendue sur l'ensemble de la période hivernale et à toutes les altitudes, en particulier aux mois de mars et avril. Cette baisse devrait être particulièrement marquée pour les plus basses altitudes de la Réserve, jusqu'à 2500 m.

Bien qu'il soit difficile de prévoir l'évolution de la qualité du manteau neigeux, l'une des hypothèses est qu'il pourrait devenir plus humide notamment en raison de la hausse des températures. Ce dernier pourrait devenir plus instable, avec une possible augmentation de la proportion des avalanches de neige humide à haute altitude (Naaim *et al.*, 2016).

Tableau 11 - Projections de l'évolution du maximum d'équivalent en eau du manteau neigeux dans le massif du Queyras sur la période hivernale (nov. à avril)

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

Source des données : DRIAS 2020 – ensemble des modèles ADAMONT

		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
1800 m	Ecart à la référence	-	-22 %	-34%	-39%	-60%
	Valeur (kg/m ²)	172	134	114	105	68
3000 m	Ecart à la référence	-	-1%	-8%	-10%	-31%
	Valeur (kg/m ²)	513	509	470	463	355

AUTRES INDICATEURS

D'autres indicateurs sont également utiles pour comprendre les impacts du changement climatique dans le territoire de la Réserve.

► *Évapotranspiration potentielle*

L'évapotranspiration potentielle peut se définir comme la somme de la transpiration du couvert végétal et de l'évaporation théorique du sol. Cet indicateur est un cumul de l'évapotranspiration potentielle sur une période donnée.

Cependant, l'évapotranspiration potentielle est calculée pour une végétation basse (type gazon), elle ne prend pas en compte la variabilité liée au type de sol et de la végétation (FAO, 1998). Elle a souvent une valeur supérieure à l'évapotranspiration réelle.

❖ Evolution récente et projections futures

Bien que l'évapotranspiration potentielle fluctue selon les saisons, les projections climatiques futures suggèrent que **le cumul de l'évapotranspiration potentielle pourrait augmenter tout au long de l'année**, en particulier au printemps et en été. D'ici la fin du siècle, la médiane des modèles estime que la hausse annuelle pourrait varier de **+9 à +22%** selon le scénario considéré.

Tableau 12 - Projections de l'évolution de l'évapotranspiration potentielle sur la RNN de Ristolas - Mont Viso

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	-	+ 43 mm (+9%)	+ 57 mm (+11%)	+ 49 mm (+10%)	+ 110 mm (+22%)
	Cumul	500 mm	543 mm	557 mm	549 mm	610 mm
HIVER	Ecart à la référence	-	+ 4 mm (+8%)	+ 7 mm (+14%)	+ 6 mm (+11%)	+ 14 mm (+26%)
	Cumul	52 mm	56 mm	59 mm	58 mm	66 mm
PRINTEMPS	Ecart à la référence	-	+ 9 mm (+7%)	+ 17 mm (+13%)	+ 15 mm (+12%)	+ 33 mm (+25%)
	Cumul	128 mm	137 mm	145 mm	143 mm	161 mm
ETE	Ecart à la référence	-	+ 20 mm (+9%)	+ 25 mm (+12%)	+ 21 mm (+10%)	+ 45 mm (+21%)
	Cumul	218 mm	238 mm	243 mm	239 mm	263 mm
AUTOMNE	Ecart à la référence	-	+ 9 mm (+9%)	+ 12 mm (+12%)	+ 10 mm (+10%)	+ 20 mm (+20%)
	Cumul	101 mm	110 mm	113 mm	111 mm	121 mm

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 +4.8°C d'ici 2100. Les étés connaîtront un réchauffement particulièrement prononcé, avec des températures moyennes estivales pouvant dépasser de plus de 8°C les moyennes actuelles. Les températures minimales et maximales suivront une tendance similaire.

Certains phénomènes comme les vagues de chaleur devraient voir leur fréquence et leur durée augmenter, quelle que soit la saison. De plus, le nombre de jours sans dégel devrait fortement diminuer sur l'ensemble de la période hivernale. En effet, d'ici la fin du siècle, il n'y aurait plus de jours sans dégel en octobre et en mai, et seuls quelques jours persisteraient pour les mois de novembre et avril. Néanmoins, ces projections n'excluent pas la possibilité d'épisodes de gel tardif qui pourraient grandement impacter la végétation.

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 principalement au printemps et à l'automne, tandis que le cumul hivernal aurait tendance à légèrement 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.

La température et les précipitations exerçant une influence sur l'enneigement, il est probable que l'épaisseur du manteau neigeux diminue drastiquement aux plus basses altitudes de la Réserve. Elle devrait également diminuer aux plus hautes altitudes, au-delà de 2500 m, mais dans une moindre mesure. En revanche, le manteau neigeux aurait tendance à fondre plus tôt et plus rapidement à la fin de l'hiver quels que soient les paliers altitudinaux. L'équivalent en eau du manteau neigeux devrait suivre les mêmes tendances avec une diminution généralisée sur l'ensemble de la période hivernale, à toutes les altitudes. Le manteau neigeux pourrait ainsi devenir plus humide et instable, notamment aux ailes de saison et le risque avalancheux en serait d'autant plus renforcé à haute altitude.

En résumé, ces projections suggèrent une évolution du climat vers des étés plus chauds et secs, et des hivers plus doux et moins enneigés, notamment en dessous de 2500 m d'altitude. 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.

Tableau 13. Synthèse climatique de la RNN Ristolas – Mont Viso

	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
	↗ des températures moyennes, minimales et maximales, pouvant devenir positives en hiver. Hausse plus importante en été. Délimitation entre saisons moins nette et allongement de la période estivale.	Température moyenne annuelle : 0.1°C	Annuelle : +1.9° C Jusqu'à +3.8C en été	Annuelle : +2.7°C Jusqu'à +4.3°C en été	Annuelle : +2.4°C Jusqu'à +5.8°C en été	Annuelle : +4.7°C Jusqu'à +8.2°C en été
			Mêmes tendances pour les moyennes, les minimales et les maximales			
	↗ de la durée des vagues de chaleur* et hausse de la fréquence des événements	5 jours consécutifs en été	+6 jours en été	+12 jours en été	+9 jours en été	+38 jours en été
	↘ du nombre de jours sans dégel** Evolution vers une absence de gel en octobre et en mai et un nombre réduit de jours sans dégel de novembre à avril.	146 jours par an	-29 jours	-44 jours	-39 jours	-76 jours
	Forte variabilité interannuelle mais : ↘ du cumul de précipitations du printemps à l'automne ↗ du cumul de précipitations en hiver	Annuel : 973 mm	-11 mm	-20 mm	-8 mm	-111 mm
	↘ du nombre de jours de précipitations d'avril à décembre.	114 jours par an	-3 jours	-7 jours	-4 jours	-16 jours
	Peu de variation du nombre de jours de fortes précipitations*** et légère hausse de la fraction des précipitations quotidiennes intenses****	10 jours de fortes pluies par an	-1 à +2 jours	-2 à +2 jours	-1 à +2 jours	-3 à +1 jours
	↗ de la durée des périodes de sécheresse, notamment au printemps et en automne.	Maximum 23 jours consécutifs par an	+3 jours	+2 jours	+2 jours	+5 jours
		Forte variabilité interannuelle mais : ↘ de l'épaisseur du manteau neigeux à toutes les altitudes, en particulier en dessous de 2500 m. Fonte de la neige plus précoce et plus rapide à la fin de l'hiver.	Valeur moyenne annuelle à 1800m : 27 cm	-42% (-11 cm)	-57% (-16 cm)	-54% (-15 cm)
		Valeur moyenne annuelle à 3000m : 107 cm	-8% (-8cm)	-22% (-24 cm)	-16% (-17 cm)	-42% (-45 cm)
↘ de l'équivalent en eau du manteau neigeux à toutes les altitudes, en particulier en mars et en avril		Valeur moyenne annuelle à 1800m : 172 kg/m ²	-22% (-38 kg/m ²)	-34% (-58 kg/m ²)	-39% (-67 kg/m ²)	-60% (-104 kg/m ²)
		Valeur moyenne annuelle à 3000m : 513 kg/m ² par	-1% (-4 kg/m ²)	-8% (-43 kg/m ²)	-10% (-50 kg/m ²)	-31% (-158 kg/m ²)
	↗ du cumul d'évapotranspiration, notamment au printemps et en été.	Annuel : 500 mm	+9% (+43 mm)	+11% (+57 mm)	+10% (+49 mm)	+22% (+110 mm)

* Nombre de jours, dans une séquence de plus de 5 jours consécutifs, où la température maximale est supérieure de 5°C à la température maximale de référence

** Nombre de jours lors desquels la température maximale est restée inférieure ou égale à 0°C

*** Précipitations quotidiennes ≥ 20 mm

**** 90e centile des précipitations quotidiennes annuelles

IV. Analyse de vulnérabilité

1. Sélection des objets d'analyse

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

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

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

Une analyse est ensuite menée sur ces différentes composantes pour déterminer leur évolution potentielle, en particulier sous l'effet du changement climatique. Ces dernières peuvent interagir entre elles et sont donc analysées de manière croisée. Les résultats permettront de nourrir le récit prospectif du site.

CRITERES DE SELECTION

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

► *Patrimoine naturel*

Les objets du patrimoine naturel correspondent aux éléments les plus représentatifs ou emblématiques de la Réserve naturelle, présentant un enjeu important ou relevant d'une forte responsabilité pour la structure gestionnaire. Pour la RNN Ristolas - Mont Viso, 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 de complexes fonctionnels.

► *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 la Réserve de Ristolas - Mont Viso et pouvant exercer une influence sur les différents patrimoines de la Réserve.

OBJETS D'ANALYSE SELECTIONNES

Au total, 12 objets d'analyse ont été sélectionnés et sont présentés dans le Tableau 14.

Tableau 14. Objets d'analyse sélectionnés pour chaque composante de la RNN de Ristolas – Mont Viso

Nom de l'objet	Description/Justification
Patrimoine naturel	
Pelouses alpines et leurs cortèges associés	Eléments marqueurs de l'identité visuelle du territoire, les pelouses alpines constituent un habitat pour de nombreuses espèces d'intérêt patrimonial, notamment pour la flore, les lépidoptères et les orthoptères. Elles possèdent également un rôle de production fourragère et leur évolution est ainsi fortement liée aux pratiques agro-pastorales.
Pierriers, éboulis et leurs cortèges associés	Ces milieux offrent de nombreux micro-habitats avec des conditions climatiques localisées très variées, ce qui permet à une flore et une faune spécialisée de s'y développer.
Zones humides, lacs d'altitude et leurs cortèges associés	Ces milieux ont des rôles fonctionnels majeurs dans les écosystèmes de montagne, notamment en termes de piégeage de carbone, de rétention de sédiments et d'épuration des eaux. Ils accueillent des habitats et des espèces à forte valeur patrimoniale.
Réseau hydrologique dont le pergélisol	La Réserve se situe en tête de bassin versant. Elle possède ainsi plusieurs rôles fonctionnels majeurs dans le soutien d'étiage, la régulation des apports en eau, la lutte contre l'érosion et la prévention des risques naturels.
Salamandre de Lanza	Cet amphibien emblématique et endémique de la Réserve est une espèce parapluie représentative du microclimat du Haut-Guil. Elle se situe en limite d'aire de répartition sur la Réserve par rapport au versant italien.
Activités humaines	
Pastoralisme ovin	Le pastoralisme ovin est une activité structurante pour le territoire
Fréquentation estivale	En été, la Réserve est fréquentée pour de la randonnée en itinérance ou à la journée.
Fréquentation hivernale	En hiver, la Réserve est fréquentée par les skieurs de randonnée et les randonneurs en raquettes.
Outils et moyens de gestion	
Ancrage territorial	La Réserve bénéficie d'un ancrage territorial fort, confirmé dans le cadre du diagnostic d'ancrage réalisé en 2024.
Connaissances et suivis scientifiques	Différents suivis sont mis en place et réalisés pour suivre l'évolution des différents taxons qui peuplent la Réserve. Le territoire de la Réserve constitue un lieu de recherche et de suivi des changements globaux et s'investit de plus en plus sur les questions de fonctionnalités.
Animation et sensibilisation	L'équipe de la Réserve réalise des actions de sensibilisation des différents publics, y compris dans sa zone d'interdépendance.
Accompagnement des acteurs locaux et des activités humaines	L'équipe de la Réserve travaille en lien étroit avec les acteurs locaux pour mettre en cohérence les activités qui s'y réalisent avec les objectifs de conservation du site.

2. Méthodologie d'analyse

ANALYSE DETAILLEE 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 future 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 de 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. Philippe Rossello [spécialiste du climat – GREC-SUD], Amélie Saillard [Université Grenoble-Alpes – Laboratoire d'Ecologie Alpine], Philippe Choler [CNRS – Laboratoire d'Ecologie Alpine], Georges Olivari [hydrobiologiste, retraité ex-directeur de la Maison Régionale de l'Eau, maître de conférences université Aix-Marseille], Agnès Montesinos [Parc naturel régional du Queyras] consultés dans le cadre de la démarche, ont ainsi apporté des éléments 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 reflète le 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. Il est alors indiqué comme « incertain ». Ce résultat traduit généralement de fortes incertitudes, notamment liées aux projections climatiques mais aussi des lacunes de connaissances concernant les effets directs et indirects du changement climatique sur l'objet concerné. Un résultat incertain ne doit pas être confondu avec un niveau « neutre », qui signifie que l'objet étudié devrait être peu affecté par le changement climatique.

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

Tableau 15. Grille d'évaluation de la vulnérabilité des objets du patrimoine naturel au changement climatique

Sensibilité	Exposition	Capacité d'adaptation			
		Nulle	Faible	Moyenne	Forte
Forte	Défavorable	Vulnérabilité très forte	Vulnérabilité très forte	Vulnérabilité forte	Vulnérabilité moyenne
Moyenne		Vulnérabilité très forte	Vulnérabilité forte	Vulnérabilité moyenne	Vulnérabilité faible
Faible		Vulnérabilité forte	Vulnérabilité moyenne	Vulnérabilité faible	Vulnérabilité faible
Forte ou Moyenne ou Faible	Neutre ou incertaine	Vulnérabilité neutre ou incertaine			
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 : sur certains sites, le changement climatique peut constituer une opportunité forte pour le sanglier car les conditions climatiques vont faciliter sa recherche alimentaire.
- **L'intérêt ou l'inconvénient que peut représenter ce résultat pour le gestionnaire.**
 - Ex : le fait que le sanglier bénéficie des effets du changement climatique peut engendrer de nouvelles problématiques sur d'autres enjeux pour le gestionnaire qui va devoir adapter sa gestion.

ANALYSE DE L'EVOLUTION DES ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES

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 du gestionnaire et d'Agnès Montesinos du Parc naturel régional du Queyras. Des recherches bibliographiques complémentaires ont également alimenté la réflexion.

ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES OUTILS ET MOYENS DE GESTION

Pour cette composante, il s'agit de projeter 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'experts, à savoir l'équipe gestionnaire de la Réserve.

3. Facteurs extérieurs

DESCRIPTION DES FACTEURS EXTERIEURS

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 devenir selon leur propre évolution. Les facteurs pris en compte dans l'analyse de vulnérabilité des objets du patrimoine naturel sont listés et décrits ci-dessous. Ils constituent une liste non exhaustive des facteurs extérieurs agissant sur le territoire de la Réserve.

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 du pastoralisme (activité humaine), qui peut impacter positivement ou négativement certains milieux, notamment les pelouses alpines, selon les choix de conduite des troupeaux.

► *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 méconnue. On observe des difficultés croissantes pour le financements de programmes de recherche s'inscrivant dans le temps long, au profit de projets ponctuels permettant de produire des analyses en quelques années. Les études concernant le changement climatique, les observatoires, nécessitent un recueil de données sur le long terme que les choix financiers des politiques nationales peuvent compromettre.

► *Orientations politiques nationales et du territoire*

Les actions menées par la Réserve, impliquent une étroite collaboration du gestionnaire avec les acteurs du territoire, les collectivités, les instances de gouvernance et les scientifiques. Les orientations politiques des collectivités locales, comme des instances nationales, peuvent influencer largement les possibilités d'action sur le territoire (e.g. octroi de financements pour la recherche).

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 réalisée à partir des connaissances disponibles au moment de la rédaction du document. Les différents niveaux de vulnérabilité attribués au patrimoine naturel restent subjectifs et permettent notamment une première hiérarchisation des objets pour tenter de définir les priorités d'action 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.

VULNERABILITE ET OPPORTUNITE DES OBJETS DU PATRIMOINE NATUREL

► Pelouses alpines et leurs cortèges associés

VULNERABILITE TRES FORTE

Les pelouses alpines et subalpines subissent des transformations rapides ces dernières années. Le LECA suit leur évolution par imagerie satellite ces 40 dernières années. L'objectif est de reconstituer la trajectoire du couvert végétal sur l'ensemble des Alpes en zone supra-forestière. Ce suivi permet une identification des zones stationnaires, en dynamique de végétation (= verdissement) ou en régression. La tendance dominante dans les Alpes du sud (Queyras notamment) est au verdissement, c'est-à-dire à une augmentation du recouvrement végétal. Cette tendance est d'autant plus marquée à moyenne et haute altitude.

Le verdissement s'explique par une réponse du milieu à l'augmentation des températures. La durée de l'enneigement saisonnier définit largement la dynamique de végétation de ces zones. Dans un système de type nival (avec un enneigement long) le déneigement génère un surcroît de chaleur perçu par les plantes. Ce réchauffement entraîne un développement précoce et une plus forte croissance des espèces qui sont déjà présentes. La hausse des températures et la réduction du manteau neigeux prévues d'ici la fin du siècle avanceraient la date à laquelle le milieu serait exposé aux températures atmosphériques. Le développement du couvert végétal serait ainsi accéléré. D'après les observations conduites par les chercheurs, l'augmentation des degrés-jours bénéficie d'abord aux espèces résidentes, à savoir des espèces hyper spécialisées au contexte des pelouses nivales très rases. Elles en ont été les principales bénéficiaires pendant les 20-40 dernières années. Une remontée ou une expression plus forte d'espèces plus mésophiles dans les zones de pelouses est également documentée. Ce phénomène a été observé dans le secteur du Lautaret, au Lauvitel et dans les Alpes suisses. On parle de mésophilisation du milieu. Les épisodes de canicule pourraient renforcer ce phénomène en favorisant les espèces sub-alpines ou liées à des conditions mésophiles au détriment de la flore spécialisée des pelouses alpines. Globalement une tendance à la banalisation du cortège floristique est à envisager.

La canicule de 2003 avait permis une expression accrue de la végétation en haute altitude. Ce phénomène avait été plus limité lors des canicules suivantes. A l'avenir, du fait de la co-limitation entre la température (degré-jour) et la disponibilité en eau accentués sous l'effet du changement climatique, une réponse des milieux de pelouses en deux phases pourrait être envisagée. La première phase (comme en 2003) d'ici 2050, serait marquée par un développement accru de la végétation. Le renforcement du manque de disponibilité en eau marquerait ensuite un palier dans le développement de la végétation voire un dépérissement ou a minima une transformation de la composition des cortèges d'espèces présentes au détriment des espèces typiques de ces milieux.

L'implication des modifications chimiques du sol sous l'effet du changement climatique dans l'évolution des cortèges floristiques reste méconnue mais pourrait être majeure.

Concernant la faune associée aux pelouses alpines et subalpines, le changement climatique conduirait à des changements de répartition des espèces et de composition des communautés. C'est par exemple le cas des papillons de jour et des orthoptères, pour lesquels une remontée en altitude des espèces est observée. Les espèces ubiquistes et mobiles semblent avoir de meilleures capacités d'adaptation que les espèces spécialistes et sédentaires. De plus, les espèces dépendant d'une plante-hôte exclusive pourraient être très impactées par un potentiel décalage entre leur cycle biologique et la phénologie végétale (ex : entre l'émergence des larves et la floraison des plantes). Il pourrait également y avoir un décalage temporel entre la remontée altitudinale des papillons et celle de leur plante-hôte, par définition moins mobile.

Les impacts du changement climatique sur le sol des pelouses et son rôle fonctionnel sont assez incertains et nécessiteront d'être étudiés.

Outre le changement climatique, les pelouses alpines et subalpines sont également soumises, au sein de la Réserve, à la pression du pastoralisme. Bien que certains des impacts respectifs des changements climatiques et du pastoralisme soient parfois difficiles à distinguer, une potentialisation entre leurs effets délétères est suspectée, par exemple dans le cas de la dynamique érosive déjà constatée suite au passage du troupeau, amplifiée par un contexte de sécheresse prolongée et/ou de précipitations abondantes qui lessivent le sol peu profond des pelouses.

Sources : Thalmann 2005 ; Bradley et al. 2017 ; Choler et al. 2021 ; entretien avec Philippe CHOLER (LECA)

► **Zones humides, lacs d'altitude et leurs cortèges associés**

VULNERABILITE TRES FORTE

Le territoire de la Réserve est ponctué de zones humides, de lacs et de prairies humides qui abritent une faune et une flore spécifiques, adaptées par exemple à l'altitude, à la température de l'eau et à la disponibilité en oxygène dissout. Le fonctionnement hydrologique de ces milieux est mal connu même s'il est établi que la neige constitue une part importante des cycles hydrologiques en montagne et alimente en grande partie les zones humides. Le pergélisol et les glaciers rocheux interviennent également mais dans des proportions indéterminées.

Selon la littérature scientifique, les zones humides sont considérées parmi les écosystèmes les plus vulnérables face au changement climatique, en particulier dans les régions montagneuses. Le climat influence en effet les apports en eau, mais également les apports en sédiments des lacs. Il influence de ce fait les hauteurs et volumes d'eau, la température de surface des eaux, les stratifications thermique et chimique de la colonne d'eau, la dynamique de mélange du lac, la durée d'englacement du lac, la disponibilité en nutriments...

Plus concrètement, la réduction de la durée d'enneigement et de l'équivalent en eau du manteau neigeux due à la hausse des températures réduirait la quantité d'eau disponible pour ces milieux.

La hausse des températures de surface et en profondeur des lacs et rivières modifierait l'équilibre chimique et biologique de l'eau. En effet, la température de l'eau détermine notamment la quantité d'oxygène dissout, la viscosité de l'eau, la vitesse de processus biologiques des organismes aquatiques (ex : le métabolisme, la croissance et la reproduction), la photosynthèse, la respiration (consommation d'O₂). Ce bouleversement chimique pourrait conduire à une eutrophisation du milieu affectant les cortèges d'espèces présents. Une modification de la composition des communautés végétales pourrait être observée avec une diminution des espèces spécialistes des milieux humides au profit d'espèces généralistes thermophiles. Ces changements devraient être visibles d'abord aux plus basses altitudes de la Réserve, puis de plus en plus haut à mesure que le réchauffement progresse.

La diminution de l'apport en eau par la fonte des neiges, associée à l'augmentation de l'évapotranspiration et à la possible diminution des précipitations estivales pourraient conduire à la réduction des niveaux d'eau

des zones humides et des lacs, au raccourcissement de leur hydropériode et à la hausse de leur probabilité d'assèchement. Tous les types de zones humides pourraient subir des changements hydrologiques, de manière plus ou moins intense. Les zones humides de régime intermédiaire seraient les plus affectées. De ce fait, le changement climatique pourrait induire une transition vers des zones humides de plus en plus temporaires.

L'ensemble de ces éléments entrainerait probablement une perte d'habitats pour différents cortèges de la faune, notamment les amphibiens. Par exemple, une étude menée sur la Grenouille rousse dans le massif du Mont Blanc a montré une forte relation entre la date de fonte des neiges et la date de ponte (Bison et al, 2021). Une date de fonte des neiges précoce induit un avancement de la date de ponte, augmentant ainsi le risque d'exposition des œufs et des têtards au gel. En été, l'assèchement des points d'eau entrainerait également une mortalité importante des têtards. De plus, il a été montré que la diversité et la connectivité entre les patchs d'habitats humides améliorent la résilience des populations aux variations interannuelles du climat. Cette capacité de résilience pourrait donc être amoindrie dans le contexte du changement climatique. Ainsi, la viabilité locale des populations d'amphibiens pourrait être menacée. Les odonates, dont le cycle de vie dépend également de la présence d'eau, seraient aussi impactés par cette potentielle perte d'habitats, en particulier les espèces inféodées aux milieux montagnards.

Sources : entretien avec Georges OLIVARI, volets Ressources en eau et biodiversité du Diagnostic climat-énergie en vue du renouvellement de la charte du PNR du Queyras (2021), Bison et al, 2021 ; Lee et al 2015 ; Moradi et al 2012.

► Réseau hydrologique dont le pergélisol

VULNERABILITE TRES FORTE

Le Parc naturel régional du Queyras, longtemps considéré comme un château d'eau pour la région, s'articule autour du bassin versant du Guil, l'un des principaux affluents de la Haute-Durance. Le Guil et ses affluents sont des torrents alpins au régime hydrologique nival à influence méditerranéenne. Des cours d'eau non permanents, des zones humides et des glaciers rocheux viennent également alimenter ce bassin. Les ressources de surface sont principalement régulées par les précipitations liquides et la couverture neigeuse : plus de 80 % des précipitations se produisent sous forme de neige entre décembre et avril, avec un pic de crue nivale observée à la fin du printemps (juin). Les pics de crues automnales sont particulièrement variables en intensité et en durée d'une année à l'autre. La fin d'automne marque le début de la constitution du couvert nival qui s'accompagne de la décroissance du débit des rivières. En hiver, la quasi-totalité des précipitations est stockée dans le manteau neigeux, marquant une longue période d'étiage avec un débit minimal de janvier à mars, avant la reprise de la fonte en avril. Extrait du volet Ressources en eau du Diagnostic climat-énergie en vue du renouvellement de la charte du PNR du Queyras (2021).

D'ici la fin du siècle, le changement climatique pourrait modifier en profondeur les débits et les cycles des cours d'eau, la température de l'eau ainsi que les apports (volume et nature) et l'évacuation des matériaux.

En effet, les projections climatiques tendent vers une augmentation des températures. Ce phénomène joue un rôle majeur sur le territoire à plusieurs niveaux.

La température détermine largement la forme des précipitations (pluie ou neige). A la fin du siècle, l'augmentation de la part des précipitations sous forme liquide en hiver, par rapport aux précipitations neigeuses, entrainera une diminution du temps de rémanence de l'eau dans le territoire de la Réserve, ainsi qu'une baisse de l'épaisseur du manteau neigeux pouvant atteindre près de 80% à 1800m et plus de 40% à 3000m, selon les projections sans modifications des trajectoires d'émissions de CO₂. L'augmentation des températures modifiera également les dates de fonte du manteau neigeux.

Aujourd'hui les cours d'eaux de la vallée du Guil sont en étiage marqué en hiver, jusqu'en mars. Le pic de crue nivale se produit en juin. L'augmentation de la part des précipitations liquides en hiver diminuera l'étiage hivernal. Le pic de fonte sera moins marqué et avancé, du fait de l'augmentation des températures. Les débits seront réduits de juin à septembre, entraînant des étiages plus sévères en fin de printemps et surtout en été.

En été, les cours d'eau sont également alimentés par la fonte d'une part du pergélisol. En fondant, il injecte dans le cours d'eau les matières fines (sables) qui le composent. Sous l'effet du changement climatique, une augmentation de la contribution du pergélisol dans l'apport en eau des cours d'eau pourrait entraîner une hausse de l'apport en matières fines qui, accompagnées d'une baisse globale des débits l'été, pourrait conduire à un colmatage de certaines portions de cours d'eau entraînant des conséquences sur la faune (sur les frayères notamment).

Les débits définissent le développement des habitats naturels aquatiques puisqu'ils déterminent les courants, le déplacement des matériaux, la température de l'eau et la quantité d'oxygène dissout. La diminution du débit générera donc un réchauffement de l'eau. La quantité d'oxygène dissout varie avec l'altitude, la température, la présence de composés oxydants, la pollution... Dans le cas du réchauffement climatique, l'augmentation de la température entrainera une diminution de l'oxygène dissout alors même que les besoins de la faune aquatique en oxygène augmenteront avec la hausse des températures de l'eau.

Par ailleurs, la réponse des glaciers rocheux au changement climatique reste méconnue. La part de leur contribution dans la ressource en eau (volume, température, apport de matières fines) demeure indéterminée. Il semble qu'à ce jour, les glaciers alimentent les cours d'eau en été. La disparition à terme de ces glaciers accentuerait davantage la pression sur la ressource en eau estivale.

Le changement climatique aura donc un effet majeur sur la ressource en eau et le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Le Guil pourrait connaître des périodes de sécheresse plus longues et plus intenses en été.

Sources : entretien avec George OLIVARI, volet Ressources en eau du Diagnostic climat-énergie en vue du renouvellement de la charte du PNR du Queyras

► **Pierriers, éboulis et leurs cortèges associés**

VULNERABILITE INCERTAINE – POTENTIELLEMENT TRES FORT

Les pierriers et éboulis constituent 23 % de la surface de la Réserve. Leur variabilité (taille et nature des roches, exposition, altitude, dynamique) permet l'expression d'une grande diversité d'espèces végétales associées, notamment des espèces artico-alpines et des orophytes. Les éboulis siliceux paraissent moins diversifiés que les éboulis calcaires. Leur forte valeur patrimoniale est reconnue (pour 7 d'entre eux, sur les 9 de la Réserve) au travers de leur classement en tant qu'habitat d'intérêt communautaire. Ces milieux, considérés en bon état de conservation dans la Réserve, abritent également une diversité importante d'espèces animales qui y trouvent les micro-conditions favorables à leur développement. C'est le cas par exemple du Lagopède alpin ou de plusieurs espèces de coléoptères.

Dans ces milieux instables, le changement climatique pourrait, en fonction de ses conséquences et de l'ordre dans lequel elles s'expriment, générer des réponses très différentes des milieux.

D'un côté, comme pour les pelouses alpines, le changement climatique, et plus particulièrement la diminution de la durée d'enneigement, pourrait favoriser un développement de la végétation. En effet, dans un système de type nival, le déneigement génère un surcroît de chaleur perçu par les plantes, qui entraîne un développement et une plus forte croissance des espèces déjà présentes, à condition qu'il reste du substrat disponible (sol). Ces espèces se mettent alors à occuper des niches qui étaient vacantes. Une

dynamique des ligneux subalpins gagnant sur des prairies abandonnées est déjà observée. Ces dynamiques végétales concourent à la stabilisation des éboulis et pierriers. Les espèces associées aux éboulis étant souvent dépendantes de la présence de micro-habitats, cette stabilisation et l'homogénéisation qui l'accompagnerait constituerait une perte d'habitats pour les espèces qui y sont aujourd'hui présentes. D'autres espèces de milieux ouverts végétalisés pourraient en revanche tirer profit de l'extension de ce type de milieu.

Cette tendance à l'homogénéisation des milieux est cependant à relativiser dans le cas des éboulis en fonction de leur exposition. En effet, les pentes ouest et sud sont exposées à des radiations solaires plus intenses et à une fonte des neiges plus précoce que les versants orientés au nord ou à l'est. Les effets du changement climatique pourraient ainsi être moins marqués dans certaines conditions micro-topographiques permettant la persistance d'une diversité en micro-habitats en fonction de l'exposition. Ces micro-habitats peuvent jouer un rôle majeur comme zones tampon et de découplage climatique permettant ainsi la persistance de certaines plantes dans un contexte de changement climatique.

D'un autre côté, la réduction de la durée de l'enneigement et de l'épaisseur du manteau neigeux pourrait exposer plus régulièrement les roches, jusqu'ici protégées du gel par la neige, à des alternances de gel-dégel. Ce phénomène pourrait alors renforcer la cryoclastie des roches ophiolitiques et alimenter régulièrement les éboulis en roches non stabilisées, freinant ainsi le développement d'espèces végétales nécessitant des sols stables. Dans les secteurs schisteux, les précipitations plus marquées pourraient accentuer l'érosion des terrains. Là encore, ce phénomène pourrait conduire à une remobilisation régulière des pierriers et éboulis limitant le développement d'une végétation non spécialisée. Si ce scénario se confirme, l'instabilité des terrains dans certains secteurs de la Réserve pourrait donc compromettre leur accessibilité pour les activités humaines.

Sources : Entretien avec Philippe CHOLER (LECA), Finocchiaro et al. (2024)

► Salamandre de Lanza

VULNERABILITE FORTE

La Salamandre de Lanza est une espèce d'amphibien endémique des Alpes cottiennes franco-italiennes, classée comme quasi menacée sur la liste rouge française (UICN France et al., 2015). En France, sa répartition connue se limite exclusivement à la haute vallée du Guil.

La Réserve abrite 70% des effectifs de la population française connue en 2025. Le site de référence bénéficie d'un suivi depuis 1994 en partenariat avec le CEFE (EPHE/CNRS) de Montpellier. La mise en place d'un suivi démographique par capture marquage recapture (CMR) a établi une relative stabilité de la population en termes d'effectif, autour de 700 individus depuis 33 ans (Bloc et al, 2026).

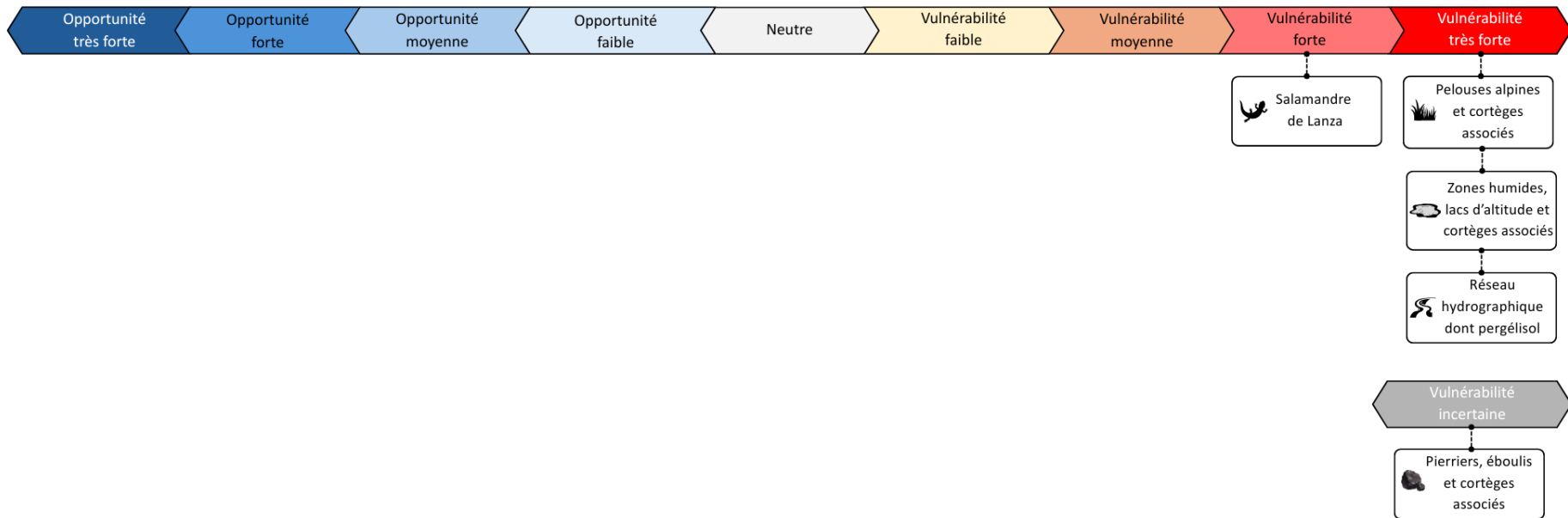
Au sein de la Réserve, la circulation des visiteurs est interdite en dehors des sentiers balisés. Cette réglementation participe à la conservation des zones de présence de l'espèce. L'érosion de l'habitat de la salamandre est liée aux pratiques pastorales, suivant la méthode de conduite. Les passages répétés du troupeau peuvent déstructurer le milieu et l'érosion résultante, a été identifiée comme une menace majeure pour la population. Des mesures de protection du milieu ont été mises en place (i.e. mise en défens) et sont bien respectées.

Cependant, le changement climatique, et plus particulièrement la modification du régime des précipitations, l'assèchement périodique des milieux, l'augmentation des températures et un éventuel affaiblissement du retour d'est pourraient amplifier le phénomène de réduction de l'aire de répartition de

l'espèce. L'étude menée par Giuliano et al. (2024) envisage une extinction possible de l'espèce, d'ici la fin du siècle sur le territoire national, dans le cas d'un maintien des tendances actuelles d'émissions de gaz à effet de serre.

Sources : Bibliographie, Analyse de l'équipe gestionnaire

► Synthèse



EVOLUTIONS POTENTIELLES DES OUTILS ET MOYENS DE GESTION

► *Ancrage territorial*

La création de la Réserve en 2007 résulte d'une volonté locale de valoriser et protéger le patrimoine naturel et paysager du vallon du haut Guil. Cette base d'assentiment permet à la Réserve de bénéficier d'un ancrage local fort, confirmé par le récent diagnostic d'ancrage territorial (Deveaux, 2024).

Dans le détail, on note que la connaissance de la Réserve par les acteurs du territoire est bonne mais assez superficielle, et surtout variable en fonction de leur éloignement géographique (habitants de la commune ou du territoire du Parc, résidents principaux ou secondaires...). La connaissance de la Réserve par les visiteurs italiens est également plus faible.

L'ancrage de la Réserve sur son territoire est renforcé par l'entretien de liens interdépendants entre l'équipe gestionnaire et la communauté locale.

Le changement climatique peut constituer à la fois une opportunité et une source de dissensions en termes d'ancrage territorial de la Réserve. En effet, il pourrait générer une diminution de l'enneigement de la vallée du Guil et donc impacterait certaines pratiques de sport d'hiver comme le ski de fond. La Réserve, étant donnée son altitude et son exposition, pourrait constituer l'un des derniers espaces du territoire propices à accueillir cette activité. Des demandes d'extension de la pratique au sein de la Réserve ont d'ores et déjà été formulées. Les interventions mécaniques qu'elles impliquent étant interdites et la pression relativement faible, les refus ont été acceptés. Cela pourrait être plus difficilement compris par les acteurs de la pratique, notamment les acteurs économiques, si les contraintes pesant sur le ski de fond venaient à s'intensifier. Des cas d'antagonismes similaires entre des objectifs de conservation et des enjeux économiques pourraient se révéler à l'avenir.

A l'inverse, le changement climatique peut rassembler les acteurs du territoire autour d'un sujet commun avec la Réserve. En effet, le constat des impacts peut être partagé entre des acteurs de sphères très différentes et la possibilité d'actions communes pourrait être envisagée pour limiter les impacts du changement climatique ou s'y adapter. La Réserve pourrait alors être perçue comme une ressource d'information fiable et locale sur le changement climatique, de ses effets sur le territoire et créer des espaces de discussion et d'échanges.

La poursuite de la démarche actuelle de concertation et d'implication des acteurs, au travers des instances de gouvernance et d'une dynamique plus informelle, constituent la garantie d'un maintien voire d'un renforcement de l'ancrage territorial de la Réserve dans un contexte futur de changement climatique.

Sources : Deveaux, 2024 ; Analyse de l'équipe gestionnaire

► *Connaissances et suivis scientifiques*

La Réserve naturelle nationale de Ristolas – Mont Viso réalise depuis de nombreuses années un ensemble de suivis de l'état de conservation de quelques espèces ou groupes d'espèces cibles, comme la Salamandre de Lanza. Son dernier plan de gestion a également renforcé son implication dans plusieurs programmes de recherche et observatoires autour des questions de la ressource en eau, des mouvements de la faune, des manifestations du changement climatique et de ses effets (e.g. Zone Atelier Alpes).

L'acquisition de connaissances et l'amélioration de la compréhension des phénomènes qui structurent le fonctionnement des socio-écosystèmes de la Réserve et plus globalement des mutations socio-économiques des territoires de montagne prennent aujourd'hui une place importante dans les objectifs et la charge de travail de la Réserve.

Dans ce cadre, la Réserve travaille en lien étroit avec plusieurs laboratoires de recherche français et italiens ainsi qu'avec les Parcs nationaux alpins (PN des Ecrins en tête). Ces partenariats se sont renforcés suite au

regain d'intérêt des laboratoires de recherche quant aux thématiques liées aux changements globaux. Le développement de matériel de suivi plus simple d'utilisation et à des prix abordables a également facilité le déploiement de certaines actions.

Le changement climatique actuel a déjà orienté les thématiques de recherche de la Réserve. A l'avenir, il pourrait faire émerger d'autres enjeux de connaissance (identification de refuges climatiques, remontée d'espèces, dynamiques de population d'espèces indicatrices...). A l'inverse, certains suivis réalisés actuellement pourraient être remis en question à l'avenir, soit au regard de leur pertinence même (e.g. disparition d'une espèce sur le territoire), soit au regard des impacts qu'ils génèrent sur des populations affaiblies (e.g. suivi du Lagopède alpin au chien d'arrêt), soit encore au regard d'un contexte qui contraindrait leur mise en œuvre (e.g. risques naturels – avalanches, éboulement...).

L'apparition de nouveaux objets d'études ou la réduction de financements dans certains programmes de recherche, la montée en puissance de certaines missions comme la police (cf. paragraphe fréquentation), et donc la nécessité d'internaliser plus de compétences pourra nécessiter des arbitrages quant aux priorités de l'équipe gestionnaire de la Réserve.

Sources : Analyse de l'équipe gestionnaire

► **Animation et sensibilisation**

Le partage de la connaissance et la sensibilisation font partie des priorités de la Réserve et sont des éléments forts de l'ancrage territorial. Des actions sont menées auprès des scolaires (primaire et collège) locaux et italiens. Les socio-professionnels du territoire d'influence de la Réserve sont également ciblés pour la conduite d'opérations de sensibilisation. Un large pan de la sensibilisation est également réalisé sur le terrain, lors des patrouilles.

D'après les études réalisées, le public français local ou de visiteurs ponctuels est globalement bien informé sur les patrimoines naturels et paysagers, ainsi que sur les implications liées au statut de Réserve du site. Le niveau d'information transmis aux visiteurs peut être très avancé sur certaines thématiques en réponse à la culture et la curiosité des personnes concernées. Le recours à la verbalisation est marginal.

Le public italien apparaît moins sensibilisé. Cela pourrait s'expliquer par une moins forte exposition des visiteurs italiens aux différentes sources de sensibilisation de la Réserve (peu de participation aux animations, peu d'échanges avec l'équipe de la Réserve en dehors de patrouilles...). De plus, les visiteurs italiens semblent se rendre moins fréquemment sur la Réserve que les visiteurs français qui sont des fidèles du territoire. Cela pourrait changer à l'avenir. En effet, côté italien, l'accès à la Réserve depuis l'aire métropolitaine de Turin est relativement rapide, jusqu'à Crissolo par exemple, favorisant la présence d'un large public urbain ou péri-urbain (cf. ci-après).

Le changement climatique constitue d'ores et déjà un sujet de sensibilisation auprès des visiteurs qui questionnent les agents. Il est également un sujet d'échanges avec les habitants du territoire. Il permet de partager sur les évolutions déjà observées et de nourrir la réflexion via les données produites par la Réserve ou les résultats d'études portées par les observatoires.

Il est probable que la question du changement climatique (e.g. ses effets sur le paysage, la biodiversité, la ressource en eau et le pastoralisme) prenne de l'ampleur à l'avenir, au regard de l'intensification de la perception de ses impacts et de sa prise en compte croissante dans les actions de la Réserve.

La possible augmentation de l'affluence d'un public moins informé fuyant la chaleur, ou l'augmentation globale des pressions sur les espaces naturels pourraient impliquer une adaptation des cibles de la sensibilisation, de la nature de l'information transmise et de sa modalité. Une mobilisation plus forte des agents de la Réserve sur des missions de police est envisagée si le volume de public non sensibilisé et donc

les constats de non-respects de la réglementation devaient augmenter. Cette évolution pourrait se faire au détriment de la sensibilisation si les moyens humains nécessaires à la poursuite de ces deux missions ne sont pas mis à disposition de la Réserve.

L'évolution des périodes de présence des visiteurs sur la Réserve nécessitera également des ajustements dans l'action des agents (cf. paragraphes Fréquentation).

Sources : Analyse de l'équipe gestionnaire

► **Accompagnement des acteurs locaux et des activités humaines**

Les agents de la Réserve accompagnent les acteurs locaux pour adapter leurs pratiques aux enjeux écologiques et paysagers. L'équipe gestionnaire affiche une volonté forte de comprendre les contraintes et les objectifs des acteurs réalisant tout ou partie de leur activité au sein de la Réserve, pour faciliter la transition des pratiques. Ces échanges se font dans la limite de l'objectif de conservation des enjeux de la Réserve. Le lien avec les acteurs économiques est d'autant plus marqué que la Réserve s'inscrit dans un territoire de montagne encaissé, avec un nombre d'acteurs réduits et de proximité.

Le changement climatique pourrait générer des contraintes supplémentaires sur de nombreuses activités économiques menées dans la Réserve. Le manque d'eau et la pression sur les espaces naturels constitueront notamment un sujet central dans la recherche de nouveaux équilibres. De nouveaux ajustements et des arbitrages devront ainsi être discutés et adoptés.

Sources : Analyse de l'équipe gestionnaire

EVOLUTIONS POTENTIELLES DES ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES

► **Pastoralisme ovin**

Le changement climatique devrait avoir des impacts sur les ressources pastorales. La hausse des températures et la réduction de la période d'enneigement associée devraient permettre un allongement de la période de végétation. En revanche, l'intensité croissante des sécheresses estivales occasionnera une augmentation de l'évapotranspiration et donc un creux de production. Ces phénomènes contribueront à diminuer la quantité et la qualité de la ressource fourragère et conduiront sur le long terme à l'évolution et/ou la dégradation des milieux pastoraux.

La hausse attendue de la fréquence et de l'intensité d'aléas considérés comme extrêmes demanderont de réfléchir à adapter les pratiques agro-pastorales à l'évolution de la variabilité climatique interannuelle. Ces événements pourraient entraîner une évolution rapide des végétations, plus ou moins irréversible selon les cas. Sur le long terme, les végétations sont susceptibles d'évoluer avec une modification de la composition spécifique et de l'abondance relative des différentes espèces végétales. De plus, une remontée progressive des étages de végétation peut être attendue. Concernant les boisements, il est possible de s'attendre à une accélération de la dynamique ligneuse, ou bien alors à une hausse de la mortalité des arbres sous l'effet des sécheresses.

La hausse des températures et de l'ETP ainsi que la baisse de la durée d'enneigement renforceront la pression sur la ressource en eau. Cette pression sera d'autant plus importante que les besoins en eau des troupeaux auront tendance à augmenter en raison des températures atmosphériques plus chaudes et de la consommation de végétaux plus secs. Des tensions autour de la ressource en eau seront également possibles entre les différents usagers (refuge, troupeau, visiteurs...).

Par ailleurs, de potentielles conséquences du changement climatique autres que celles sur les ressources de l'alpage doivent être prises en compte. Ainsi, les épisodes de chaleur peuvent conduire les troupeaux à

modifier leur comportement alimentaire en pâturant les secteurs plus hauts et plus frais et en augmentant la période de chaume dans la journée pour pâturer plus tôt le matin, tard le soir ou la nuit. Ce phénomène peut nécessiter une adaptation des pratiques de gardiennage. Une problématique liée au développement potentiel de nouvelles maladies et de nouveaux vecteurs est également à envisager dans le cas d'utilisation d'alpages nécessitant des déplacements et des mélanges de troupeaux. De plus, il est possible que le changement climatique entraîne une évolution de la démographie et de l'aire de répartition de certaines espèces herbivores. Enfin, l'évolution des conditions climatiques devrait entraîner une dégradation des conditions du travail des bergers.

Références : (Chaix et al., 2017)

► **Fréquentation estivale**

La position de la Réserve, en fond de vallée étroite et en altitude, son éloignement des grandes métropoles ainsi que ses conditions d'accès (route sinueuse, parfois étroite) limitent la fréquentation du site. Comme dans de nombreux espaces naturels, le déconfinement suite à la crise sanitaire du Covid-19 s'est accompagnée d'une augmentation de la fréquentation du territoire et d'une modification du profil et des pratiques des visiteurs. Les visiteurs sont en moyenne plus jeunes et moins sensibilisés à la montagne et au territoire. La pratique du bivouac qui s'était développée après 2020 tend à se réduire à nouveau.

La randonnée familiale ou sportive reste l'activité la plus pratiquée. Le VTT a tendance à se développer en parallèle de la démocratisation du VTT électrique. L'escalade et l'alpinisme restent des pratiques marginales.

L'augmentation des températures a engendré un certain nombre de modifications dans le comportement des visiteurs. Par exemple, la baignade dans les lacs de montagne, dont la température a augmenté, est aujourd'hui plus régulièrement observée. La tendance des visiteurs à monter en altitude pour trouver de la fraîcheur est en revanche peu marquée sur le territoire. La Réserve présente en effet un accès escarpé et peu de zones ombragées. Les visiteurs du Queyras privilégient donc globalement les randonnées en bord du Guil aux ascensions dans la Réserve.

La pratique du parapente, qui n'était auparavant que très marginale sur le territoire, tend à augmenter légèrement à l'occasion de conditions aérologiques plus favorables. Même si elle reste anecdotique, elle génère déjà des conflits avec le monde pastoral, après le constat d'importantes désorganisations de troupeaux à la suite de survols.

Le Tour du Viso, qui constitue un circuit de randonnée phare du territoire, inclut des étapes de haute montagne enneigée. Le raccourcissement des périodes d'enneigement a modifié les dates d'arrivée des premiers randonneurs sur l'itinéraire.

La pratique de l'alpinisme en automne s'est également étendue au profit du décalage des dates des premières chutes de neige et des conditions plus favorables de cette période. Aujourd'hui, les températures sont en effet toujours assez douces, notamment la nuit pour permettre de bivouac. La Nebbia est également moins marqué qu'auparavant à cette période.

A l'avenir, les agents du Parc et de la Réserve, anticipent de potentiels conflits d'usages autour de la ressource en eau entre visiteurs et bergers. Les sources pour se réapprovisionner devraient en effet se raréfier, poussant les visiteurs à se diriger vers les cabanes des bergers et donc potentiellement proche des troupeaux à la recherche de ravitaillement, comme cela peut déjà être observé.

L'augmentation des températures, également prévue en Italie, pourrait augmenter le nombre de visiteurs à la recherche de fraîcheur. Ce phénomène serait surtout marqué côté italien où l'accès à la Réserve est aisé pour un bassin de population important (métropole de Turin), contrairement à l'accès côté français.

Une accentuation de la fréquentation sur les ailes de saisons, et notamment à l'automne, est également envisagée.

D'autres facteurs non climatiques influent sur la fréquentation c'est le cas par exemple du pastoralisme. La présence des chiens de protection suscite souvent des comportements d'évitement des secteurs pâturés par les visiteurs. Des effets de mode relayés sur les réseaux sociaux peuvent également générer des afflux importants de visiteurs.

Sources : Analyse de l'équipe gestionnaire, entretien avec Agnès MONTESINOS

► **Fréquentation hivernale**

La Réserve ne constitue pas une destination hivernale prisée. Du fait de sa position géographique et de l'enneigement des routes, l'accès à la Réserve implique des durées importantes de marche d'approche. Si le Queyras est très prisé lors de phénomènes de retour d'est, la Réserve est en revanche peu fréquentée en raison du fort risque d'avalanche. Elle constitue donc seulement une destination secondaire pour la pratique du ski de randonnée et de la randonnée en raquettes, principalement au printemps.

Sous l'effet du changement climatique, la pression pour que des pistes de ski de fond soient damées dans la Réserve pourrait augmenter. En effet, l'exposition, l'altitude et la topographie de la Réserve pourrait en faire un des derniers espaces favorables à cette pratique quand les conditions ne seront plus favorables dans les secteurs du Queyras privilégiés aujourd'hui.

L'enneigement du territoire constitue aujourd'hui un frein à la fréquentation permettant de maintenir la quiétude du site pour la faune en hiver et au printemps. Un déneigement précoce pourrait favoriser l'accès des visiteurs au printemps générant des perturbations pour la faune à une période critique de leur cycle de vie. En effet, le printemps constitue la période de reproduction pour un grand nombre d'espèces de montagne (oiseaux, mammifères...).

Sources : Analyse de l'équipe gestionnaire, entre avec Agnès MONTESINOS

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. Les éléments présentés ci-dessous ne sont pas exhaustifs, mais permettent d'amorcer une réflexion sur ce sujet dans la continuité du diagnostic réalisé.

► *Arrivées récentes*

La RNN de Ristolas – Mont Viso est une Réserve de montagne située entre 1 800 et 3 214m d'altitude. Ainsi, une remontée altitudinale de certaines espèces est déjà observée, sous l'impulsion de la hausse des températures. Les espèces concernées sont des espèces généralistes qui entrent en compétition avec les espèces spécialistes des conditions de haute altitude. C'est notamment le cas de la Chouette hulotte qui peut prédater les petites chouettes de montagne, notamment la Chevêchette d'Europe. Une remontée des sangliers est également observée depuis quelques années. Ces derniers piétinent les zones de nichée et les œufs des Tétrasyre. Enfin, la population de cerfs semble se développer sur la Réserve, d'après les observations des gestionnaires et des locaux.

► *Arrivées futures*

Les remontées en altitude d'espèces plus ubiquistes devraient se poursuivre dans les prochaines années à mesure que les températures augmentent, au détriment des espèces inféodées aux hautes altitudes et aux conditions froides.

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

2100 : Y'a plus de saison

HIVER – LE CHAUD S'IMMISCE

Traditionnellement, l'hiver dans le Queyras était celui du froid sec, du gel persistant et de la neige abondante. Mais aujourd'hui, l'air est différent : il fait moins froid, il gèle moins souvent. Des vagues de chaleur, auparavant rares voire inexistantes en hiver, s'invitent désormais régulièrement au tableau.

En moyenne, les précipitations annuelles ont légèrement augmenté mais elles sont devenues moins prévisibles, plus concentrées dans le temps et de forme incertaine. Neige ou pluie ? La nuance est cruciale. En altitude, la neige est moins abondante du fait de températures positives plus fréquentes. En moyenne montagne, elle a été remplacée par la pluie et l'eau n'est plus stockée sur place sous forme de neige. Elle ne s'infiltre pas dans le sol, tantôt gelé tantôt déjà gorgé d'eau, et coule directement vers la vallée.

Alors que les précipitations sont très variables d'une année à l'autre, elles sont plus souvent liquides, entraînent plus d'écoulements, enflent les rivières, intensifient l'érosion des berges et favorisent le glissement des versants instables de schistes lustrés. La piste du grand belvédère, qui permettait autrefois l'accès au cœur de la réserve, a été balayée depuis bien longtemps déjà.

PRINTEMPS – LA FONTE ACCELERE

Le printemps commence plus tôt : la nature émerge à la faveur d'une douceur précoce. Bien qu'il ne gèle quasiment plus en Mai, le climat reste très fluctuant. Parfois, les espèces activées trop tôt sont éliminées par le gel tardif, ou parce-que les ressources dont elles dépendent ne sont pas encore disponibles.

La neige, que l'on ne trouve désormais qu'en haute montagne, est plus humide et instable : les avalanches retentissent, les paysages en sont remodelés, il est plus risqué de progresser en montagne.

Les vagues de chaleur printanières durent plus longtemps. Cantonnée en altitude, la neige fond plus rapidement et des crues enflent les vallées avant même que n'arrive la pluie – si elle arrive. Car les printemps se suivent mais ne se ressemblent pas. A la saison censée recharger nappes et rivières, l'eau est devenue imprévisible, tantôt abondante, tantôt rare, mais en déclin régulier sur le long terme. Quand la pluie tombe, elle s'évapore plus vite sous la chaleur précoce qui agit comme un sèche-cheveux. Lors des périodes sans pluie de plus en plus longues, le sol s'assèche et la végétation est mise à l'épreuve avant même que ne commence l'été.

Le printemps, autrefois synonyme de renouveau, est désormais une saison aléatoire où les pluies et les crues alternent avec les sécheresses.

ETE - LA TERRE BRULE

L'été débute plus tôt et dure plus longtemps : c'est un enchaînement de vagues de chaleur, certaines durant jusqu'à 38 jours consécutifs. La température dépasse de 8°C les moyennes des années 2000, il pleut moins, la chaleur intense et prolongée assèche le sol.

Les glaciers rocheux ont disparu et il n'y a plus de neige pour alimenter les cours d'eau car tout a déjà fondu au printemps. Les rivières s'amenuisent ou s'interrompent. Vidée de son eau, la montagne entre dans une phase de vulnérabilité extrême dans un air chaud et sur un sol sec.

AUTOMNE – HUMIDITE, OU ES-TU ?

L'automne, autrefois porteur de brumes, de rosées épaisses et de rivières renaissantes, a changé lui aussi. La terre a soif mais l'eau tombe peu. En outre, les vagues de chaleur persistent et l'effet sèche-cheveux continue de raréfier l'eau du sol. L'automne ne recharge plus : il prolonge la sécheresse de l'été et accentue le déficit hydrique cumulé pendant l'année.

Montagne en révolution

LES PELOUSES

Dans un premier temps, le réchauffement généralisé a profité à la végétation des pelouses alpines, puis aux mélèzes et aux cembroles qui ont remonté les versants. Ce développement de la végétation s'est accompagné d'une perte de diversité floristique. Dans un deuxième temps, la pénurie d'eau est entrée en jeu : la végétation historique a déperissé, remplacée par des espèces de milieux secs à la faveur des maladies et des incendies.

LES PIERRIERS

Dans les pierriers et les éboulis, l'augmentation des températures a activé deux phénomènes opposés. D'une part, elle a favorisé le développement de la végétation qui - à condition de trouver du sol sur lequel s'ancrer - stabilise le terrain. D'autre part, elle a réduit l'épaisseur du manteau neigeux qui isole thermiquement la roche. Le gel hivernal fracture alors davantage les parois rocheuses et accentue les mouvements de terrain. Certains secteurs de la réserve en sont devenus trop dangereux pour l'homme.

LES BESTIOLES

La faune a changé elle aussi. Le lagopède et les autres espèces spécialisées des milieux froids ont disparu depuis longtemps. Les sangliers et les espèces de basse altitude se sont installées pour de bon, bouleversant au passage les équilibres en place et évinçant les espèces locales comme le Tétralyre.

LE MILIEU AQUATIQUE

Des particules fines, issues de la fonte des sols gelés, ont peu à peu colmaté les zones humides et certaines portions de torrent. Les milieux aquatiques de la réserve, auparavant clairs et frais, se sont transformés au gré des proliférations d'algues. Il se retrouvent par endroits asséchés de manière temporaire ou permanente, emportant avec eux la faune aquatique. La végétation typique des berges alpines a été remplacée par de nouvelles espèces

LES SOLS

Les sols sont fragilisés par la sécheresse. Les passages répétés des troupeaux nombreux ont accentué leur vulnérabilité. D'une part, les drailles sont autant de cicatrices d'où s'échappe l'humidité et s'infiltré la pluie : les glissements de terrain, déjà constatés dans les années 2000, sont désormais fréquents et arrachent toujours plus de sol aux versants. Autant de sol qui ne pourra plus absorber les précipitations et atténuer les crues. D'autre part, les sols tassés par du bétail trop lourd ou trop nombreux ne sont plus capables d'absorber l'eau, ce qui exacerbe également le risque de crue. Les chardons, indiquant des sols compactés impropres à la végétation typique, sont apparus dans les années 2020. Ils sont désormais très fréquents dans le bas de la réserve, contrairement à la végétation patrimoniale du Haut-Guil.

LES REFUGES CLIMATIQUES

Presque toute la réserve s'est profondément transformée. Presque toute, car le vallon du Haut-Guil présente des expositions variées, une topographie complexe et une mosaïque de milieux qui permettent à certains sites de conserver un microclimat moins bouleversé. Ces refuges climatiques continuent d'abriter certaines espèces emblématiques qui ont toujours fait l'identité de la réserve, laquelle s'est penchée très tôt sur leur identification et leur connaissance pour mieux les protéger.

Liste des acronymes

CEFE	Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive
CEN	Conservatoire d'espaces naturels
CMR	Capture marquage recapture
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
DREAL	Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DVO	Diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité face au changement climatique
EPHE	Ecole Pratique des Hautes Etudes
ETP	Evapotranspiration potentielle
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
LECA	Laboratoire d'Ecologie Alpine
PACA	Provence-Alpes-Côte d'Azur
PNR	Parc naturel régional
RCP	Representative Concentration Pathway
RNF	Réserves Naturelles de France
RNN	Réserve naturelle nationale
TRACC	Trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique

Bibliographie

BLOC, Alain, 2018. *Réserve Naturelle Nationale de Ristolas - Mont Viso. Plan de gestion 2019-2028*. Parc naturel régional du Queyras.

BLOC A., MIAUD C. & BRETON F. *La Salamandre de Lanza*. In CEN PACA (Hadj-Bachir O., Marchand M-A., Plault F., Renet J.) et LPO PACA (Fuento N.) (coord.). 2026. *Atlas des reptiles et amphibiens de Provence-Alpes-Côte d'Azur*. Le naturographe éditions, Gap, 384 p.

BISON, Marjorie, YOCCOZ, Nigel G., CARLSON, Bradley Z., KLEIN, Geoffrey, LAIGLE, Idaline, VAN REETH, Colin et DELESTRADE, Anne, 2021. Earlier Snowmelt Advances Breeding Phenology of the Common Frog (*Rana temporaria*) but Increases the Risk of Frost Exposure and Wetland Drying. *Frontiers in Ecology and Evolution* [en ligne]. Vol. 9.

CARLSON, Bradley Z, CORONA, Monica C, DENTANT, Cédric, BONET, Richard, THUILLER, Wilfried et CHOLER, Philippe, 2017. Observed long-term greening of alpine vegetation—a case study in the French Alps. *Environmental Research Letters*. octobre 2017. Vol. 12, n° 11, pp. 114006. DOI 10.1088/1748-9326/aa84bd.

CHAIX, Christophe, DODIER, Hermann et NETTIER, Baptiste, 2017. *Comprendre le changement climatique en alpage* [en ligne]. juin 2017. Réseau Alpagnes Sentinelles. Disponible à l'adresse : <https://www.alpages-sentinelles.fr/wp-content/uploads/2020/06/Brochure-Changement-climatique-en-alpage-2017-7Mo.pdf>

CHOLER, P., BAYLE, A., CARLSON, B. Z., RANDIN, C., FILIPPA, G., and CREMONESE, E.: The tempo of greening in the European Alps: Spatial variations on a common theme, *Global Change Biol.*, 27, 5614-5628, 10.1111/gcb.15820, 2021

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.

CREA MONT-BLANC, 2022. *Sur les traces du lagopède alpin et du lièvre variable*. Rapport d'étude – programme POIA Espèces arctico-alpines. Chamonix, France : CREA Mont-Blanc.

Deveaux L. 2024. *Diagnostic d'ancrage territorial - Etudes qualitative, quantitative et suggestions pour le prochain plan de gestion*. 62 p.

FINOCCHIARO M, MÉDAIL F, SAATKAMP A, DIADEMA K, PAVON D, BROUSSET L, MEINERI E. 2024. Microrefugia and microclimate: Unraveling decoupling potential and resistance to heatwaves. *Science of the Total Environ*. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.171696.

GIULIANO, Davide, SEGLIE, Daniele, BERGÒ, Paolo Eusebio, CAVALCANTE, Riccardo, FAVELLI, Marco, GIGIO, Bruno Aimone, BLOC, Alain, GAGGINO, Anna, MASSARA, Matteo, PUCCI, Alessandra, RASTELLI, Marco, MIAUD, Claude et RIZZIOLI, Barbara, 2024. Dark future for a black salamander: effects of climate change and conservation implications for an endemic alpine amphibian. *Herpetological Journal*. 2024. Vol. 34, n° 1, pp. 35-47.

GREC-SUD, 2018. *Impacts du changement climatique et transition(s) dans les Alpes du Sud* [en ligne]. Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR). [Consulté le 28 mai 2025]. Les cahiers du GREC-SUD. ISBN 978-2-9560060-6-0. Disponible à l'adresse : <https://www.grec-sud.fr/publications/montagne/>

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>

HABEL, Jan Christian, ULRICH, Werner, GROS, Patrick, TEUCHER, Mike et SCHMITT, Thomas, 2023. Butterfly species respond differently to climate warming and land use change in the northern Alps. *Science of The Total Environment*. 10 septembre 2023. Vol. 890, pp. 164268. DOI 10.1016/j.scitotenv.2023.164268.

LEE, Se-Yeun, RYAN, Maureen E., HAMLET, Alan F., PALEN, Wendy J., LAWLER, Joshua J. et HALABISKY, Meghan, 2015. Projecting the Hydrologic Impacts of Climate Change on Montane Wetlands. *PLOS ONE*. 2 septembre 2015. Vol. 10, n° 9, pp. e0136385. DOI 10.1371/journal.pone.0136385.

KERNER, Janika M., KRAUSS, Jochen, MAIHOFF, Fabienne, BOFINGER, Lukas et CLASSEN, Alice, 2023. Alpine butterflies want to fly high: Species and communities shift upwards faster than their host plants. *Ecology*. 2023. Vol. 104, n° 1, pp. e3848. DOI 10.1002/ecy.3848.

KLEIN, Geoffrey, REBETEZ, Martine, RIXEN, Christian et VITASSE, Yann, 2018. Unchanged risk of frost exposure for subalpine and alpine plants after snowmelt in Switzerland despite climate warming. *International Journal of Biometeorology*. 1 septembre 2018. Vol. 62, n° 9, pp. 1755-1762. DOI 10.1007/s00484-018-1578-3.

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/>

MORADI, H., FAKHERAN, S., PEINTINGER, M., BERGAMINI, A., SCHMID, B. et JOSHI, J., 2012. Profiteers of environmental change in the Swiss Alps: increase of thermophilous and generalist plants in wetland ecosystems within the last 10 years. *Alpine Botany*. 1 avril 2012. Vol. 122, n° 1, pp. 45-56. DOI 10.1007/s00035-012-0102-3.

ONERC, 2015. *Scénarios d'évolution des concentrations de gaz à effet de serre - Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. mars 2015.

PNR DU QUEYRAS, 2021. *L'évolution du climat sur le territoire du Parc naturel régional du Queyras*. 2021.

PNR DU QUEYRAS 2021. Extrait du volet ressources en eau du *Diagnostic climat-énergie en vue du renouvellement de la charte du Parc naturel régional du Queyras 2024 - 2039*. 12 p.

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 ?*

STEINBAUER, Manuel J., GRYTNES, John-Arvid, JURASINSKI, Gerald, KULONEN, Aino, LENOIR, Jonathan, PAULI, Harald, RIXEN, Christian, WINKLER, Manuela, BARDY-DURCHHALTER, Manfred, BARNI, Elena, BJORKMAN, Anne D., BREINER, Frank T., BURG, Sarah, CZORTEK, Patryk, DAWES, Melissa A., DELIMAT, Anna, DULLINGER, Stefan, ERSCHBAMER, Brigitta, FELDE, Vivian A., FERNÁNDEZ-ARBERAS, Olatz, FOSSHEIM, Kjetil F., GÓMEZ-GARCÍA, Daniel, GEORGES, Damien, GRINDRUD, Erlend T., HAIDER, Sylvia, HAUGUM, Siri V., HENRIKSEN, Hanne, HERREROS, María J., JAROSZEWICZ, Bogdan, JAROSZYNSKA, Francesca, KANKA, Robert, KAPFER, Jutta, KLANDERUD, Kari, KÜHN, Ingolf, LAMPRECHT, Andrea, MATTEODO, Magali, DI CELLA, Umberto Morra, NORMAND, Signe, ODLAND, Arvid, OLSEN, Siri L., PALACIO, Sara, PETEY, Martina, PISCOVÁ, Veronika, SEDLAKOVA, Blazena, STEINBAUER, Klaus, STÖCKLI, Veronika, SVENNING, Jens-Christian, TEPPA, Guido, THEURILLAT, Jean-Paul, VITTOZ, Pascal, WOODIN, Sarah J., ZIMMERMANN, Niklaus E. et WIPF, Sonja, 2018. Accelerated increase in plant species richness on mountain

summits is linked to warming. *Nature*. avril 2018. Vol. 556, n° 7700, pp. 231-234. DOI 10.1038/s41586-018-0005-6.

Thalmann E. (2005) Canicule de l'été 2003 - Rapport de synthèse. ProClim. 32p

UICN France, MNHN & SHF (2015). La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Reptiles et Amphibiens de France métropolitaine. Paris, France.

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
SAINTE-MURIN



Réserve Naturelle
TOUR DU VALAT