



Plan d'adaptation et diagnostic de vulnérabilité

Démarche d'adaptation au changement
climatique de la Réserve naturelle
de la **Forêt de la Massane**



AUTEUR

Kenzo Héas, chargé de missions du projet LIFE Natur'Adapt, Fédération des réserves naturelles catalanes

SUPERVISION

Joseph Garrigue (conservateur de la réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane), **Céline Quélenec** (coordinatrice scientifique, FRNC).

SOUTIEN TECHNIQUE

Jean André Magdalou (technicien scientifique de la réserve), **Diane Sorel** (chargé de communication scientifique de la réserve), **Elodie Magnanou** (Gestionnaire de la réserve).

SOUTIEN METHODOLOGIQUE

Anne Cerise Tissot (coordinatrice du projet LIFE Natur'Adapt), Christine Coudurier (chargé d'étude du projet LIFE Natur'Adapt), Iris Lochon (chargée de missions), Juliette Dané (chargée de missions), Daphné Schloesser (chargée de missions), Emilien Bastian (chargé de missions), Véronique Lebourgeois (chargée de missions), Olivier De Sadeleer (EUROPARK).

Crédits photos

©Diane Sorel-RNN Massane, ©Joseph Garrigue-RNN Massane et ©Kenzo Héas

TABLE DES MATIERES

Préambule	4
Construction du plan d'adaptation	5
Introduction.....	5
Principes et objectifs	9
Quelles sont les étapes de la construction de ce Plan d'adaptation ?	10
Comment le climat évolue-t-il ?	10
Quels sont les objets dont la vulnérabilité est analysée ?	14
Diagnostic de vulnérabilité.....	19
Services écosystémiques que fournit la réserve	22
Conséquences du changement climatique sur les habitats naturels, les groupes d'espèces et les activités socioéconomiques.....	23
Les habitats	23
Les groupes d'espèces.....	24
Les activités socioéconomiques	255
Outils et moyens de gestion.....	27
Prise en compte du changement climatique : plusieurs scénarii de gestion	29
Premier scénario : « une gestion continue et inchangée ».....	29
Deuxième scénario : « Évolution des pratiques pastorales : une gestion continue à l'écoute du changement climatique »	30
Troisième scénario : « Arrêt de l'activité pastorale : une gestion protectrice et non interventionniste »	31
Comparaison des 3 scénarii de gestion.....	33
Leviers d'actions	34
Fiche actions transversales ou préparatoires	35
Fiche fleuve côtier de la Massane et milieux aquatiques	36
Fiche biodiversité	39
Fiche risques naturels	40
Fiche pastoralisme extensif.....	41
Fiche forêt	43
Fiche tourisme.....	46
Fiche gouvernance	47
Fiche communication	48
Glossaire	50
Annexes	52
Introduction.....	533
Analyse climatique	54

Le climat actuel de la réserve et ses alentours	54
Les températures	54
Les précipitations	55
Le vent.....	57
Les épisodes de gel	57
Risques d’incendies.....	58
Occurrences des tempêtes	59
Hydrologie.....	60
Températures de l’eau du fleuve côtier de la Massane.....	62
Climat futur de la réserve et ses alentours	63
Évolution des précipitations	66
Évolution de la sécheresse.....	68
Évolution du bilan hydrique.....	70
Évolution du nombre de jour de gel	71
Évolution de l’hydrologie	72
Évolution du débit du fleuve côtier de la Massane.....	72
Évolution de la température du fleuve côtier de la Massane.....	74
Évolution du risque d’incendie	76
Analyse systémique.....	76
Méthodologie du diagnostic de la vulnérabilité et d’opportunité.....	78
Trame interrogative de l’analyse de la vulnérabilité	78
Effets du changement climatique sur la réserve.....	80
Conclusion.....	86
Bibliographie.....	86

PREAMBULE

Le changement climatique* est un phénomène global. Ses conséquences sont visibles sur l'ensemble de la planète et la réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane n'est pas épargnée. Les mécanismes écologiques, biologiques et économiques en réponse à ces évolutions sont multiples, complexes et partiellement connus. Les impacts du changement climatique touchent tous les domaines : la biodiversité*, le patrimoine naturel, les écosystèmes, les activités socio-économiques, la population et ils risquent d'augmenter.

Sur la réserve naturelle, la vulnérabilité des enjeux est différenciée. En effet certains enjeux sont très fortement menacés par le changement climatique et d'autres moins. La hêtraie de la Massane est particulièrement menacée puisqu'elle est très sensible aux stress hydriques provoqués par l'intensification des sécheresses estivales, elle est en marge sud de son aire de répartition* et soumise à de fortes pressions anthropiques.

Dans ce contexte de changement global effréné, il est urgent de s'adapter !

Nous aurons à construire de nouvelles logiques de gestion, plus cohérentes, plus respectueuses de la Nature. Changer notre façon d'appréhender et de percevoir une réserve naturelle.

S'adapter... S'adapter ne veut pas dire tout arrêter et tout recommencer. S'adapter c'est observer ce que les écosystèmes nous montrent. Regarder leurs réponses aux aléas climatiques. Regarder comment ils réagissent aux pressions anthropiques. C'est se demander comment ils vont évoluer dans le futur dans ce contexte de changement global. C'est également, se questionner sur comment mieux faire en termes de gestion ou comment « laisser faire ». S'adapter, c'est apprendre.

Nous aurons à favoriser la résilience* de la réserve au changement climatique pour augmenter sa capacité d'adaptation* afin que ces fonctionnalités écologiques perdurent. Afin que les services écosystémiques* qu'elle offre continuent de nous protéger.

Nos connaissances et nos techniques sur la protection et la gestion de la nature progressent. Il va pourtant falloir rester prudent, et garder à l'esprit que s'adapter c'est rester souple dans nos décisions. C'est reconnaître que les décisions du passé appartiennent au passé et que dans ce monde qui change à une vitesse incommensurable, le mieux à faire est d'accompagner ces changements. C'est pouvoir s'autoriser à revenir sur des choix qui ne sont plus adaptés.

Le changement climatique est un phénomène continu dont on ne connaît pas l'issue (l'ampleur de l'évolution). Alors, pour éviter les erreurs de gestion, il est plus prudent d'envisager et d'appliquer des mesures « sans regret ». C'est-à-dire, des mesures réversibles qui préservent la nature, avec ou sans changement climatique.

L'adaptation, c'est envisager un accompagnement de la Nature sur le temps long. Ce n'est pas réagir « à chaud » pour « contrer » une manifestation climatique.

L'adaptation au changement climatique se fera au travers d'actions très variées. Ce plan d'adaptation n'a pas pour ambition d'apporter des solutions clé en mains, des solutions toutes faites, bien déterminées. Ce plan d'adaptation a pour ambition, d'aider les acteurs du territoire à se poser les questions adaptées à ce contexte. Il a pour ambition d'aider les acteurs, à répondre à l'urgence climatique.

La conception de cet éventail d'actions devra être conduite à l'échelle du territoire et non seulement de la réserve. N'oublions pas que ce qui se passe en haut du bassin versant* a des conséquences en bas. Tous les acteurs du territoire ont un rôle à jouer et une responsabilité dans l'adaptation au changement climatique. En tant que réserve naturelle nationale, et en capacité de mesurer les effets du changement climatique sur la Massane, nous nous proposons d'être moteur de cette démarche et de présenter ce Plan d'adaptation, afin d'accompagner le territoire dans ce contexte.

CONSTRUCTION DU PLAN D'ADAPTATION

Ce plan d'adaptation s'intègre dans une démarche nationale ainsi qu'aux grands objectifs du PNACC 2 (2018-2022).

L'initiative de la rédaction d'un plan d'adaptation a émergé avec le lancement du projet européen LIFE Natur'Adapt. Le projet vise à intégrer, en innovant sur la base des ressources existantes, les enjeux du changement climatique dans la gestion des espaces naturels protégés européens. Prévu sur 5 ans (2018-2023), il est coordonné par Réserves Naturelles de France, en s'appuyant sur un processus d'apprentissage collectif dynamique avec neuf autres partenaires. Il se structure autour de trois grands axes : (i) l'élaboration d'outils et de méthodes opérationnels à destination des gestionnaires pour élaborer un diagnostic de vulnérabilité au changement climatique et un plan d'adaptation ; (ii) le développement et l'animation d'une communauté d'experts et de praticiens de l'adaptation dans les espaces naturels ; (iii) l'activation de tous les leviers nécessaires pour la mise en œuvre concrète de l'adaptation. Les différents outils et méthodes sont expérimentés sur six réserves partenaires du projet, puis revus et testés sur 15 autres sites avant d'être déployés à l'échelle nationale et européenne. L'objectif du projet est que dans 10 ans, 80 % des réserves naturelles françaises aient intégré le changement climatique dans leur gestion.

La réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane est l'un des 6 sites pilotes du projet Natur'Adapt. Elle a été sélectionnée pour son incroyable richesse écologique. En effet, à l'interface entre influence méditerranéenne, pyrénéenne et ibérique, la Massane abrite plus de 8000 espèces recensées sur seulement 336 hectares. La réserve a été créée en 1973 à l'initiative du monde scientifique sur une forêt en libre évolution depuis 1880. De gros efforts de connaissance sur la biodiversité ont été réalisés (c'est un des sites les mieux connus), y compris sur les effets du changement climatique. La forêt (hêtraie) de la Massane est considérée comme l'une des plus « vieilles forêts » du bassin méditerranéen. Cette maturité est traduite par la présence de nombreuses espèces saproxyliques, qui participent grandement au cycle du carbone, en décomposant le bois mort et en enrichissant le sol en humus. La présence de toutes les phases sylvigénétiques de la forêt, contribue au bon état écologique et favorise sa capacité d'adaptation aux aléas climatiques. La forêt, du fait de son histoire (refuge glaciaire), possède une signature génétique originale et une très riche diversité génétique intraspécifique, lui offrant une forte capacité d'adaptation, en comparaison avec d'autres hêtraies en Europe.

** Les astérisques présentes dans ce document représentent les mots qui sont définis dans le glossaire.*

INTRODUCTION

Les projections climatiques* laissent envisager de nombreux impacts sur la réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane et ses alentours. Ces impacts, déjà perceptibles à l'heure actuelle, vont s'intensifier jusqu'à la fin du siècle. Ces impacts climatiques sont l'augmentation générale de la température, la perturbation du régime des précipitations, l'augmentation des phénomènes météorologiques violents (tempêtes etc.), l'intensification et le rallongement des sécheresses estivales, la réduction du débit du fleuve côtier de la Massane, l'augmentation de la température de l'eau...

Les conséquences sur le socio-écosystème* de la réserve de la Massane sont multiples.

Pour le **patrimoine naturel** on peut s'attendre à des perturbations du cycle phénologique des plantes et de la croissance des arbres, une intensification du dépérissement et de la mortalité des arbres, une désynchronisation entre les pollinisateurs et les périodes de floraison des plantes, une compétition accrue interspécifique, etc.

Pour **les activités humaines**, on peut s'attendre à une diminution de la qualité des pelouses à pâturage, une diminution du bilan fourrager*, des conditions de travail plus difficiles, etc.

Tous les **acteurs du territoire** de l'ensemble du bassin versant sont concernés par le changement climatique. La réserve étant située en tête de bassin versant, sa gestion et son adaptation ont une incidence en aval. Les activités humaines constituent des pressions sur la réserve et peuvent mettre en péril la biodiversité, la fonctionnalité des écosystèmes et les services écosystémiques que la RNN* de la forêt de la Massane offre.

Les perspectives du changement climatique justifient de **nouvelles stratégies d'adaptation**. Les impacts multiples et surtout les effets cumulés peuvent dégrader les écosystèmes, nuire à la rentabilité des activités socio-économiques et causer des **risques importants** pour les populations.

En effet, dans ce contexte méditerranéen, l'érosion du sol est naturellement importante. En raison d'un effet combiné entre des sécheresses estivales et des épisodes météorologiques violents automnaux, les processus érosifs peuvent prendre des ampleurs démesurées. Sur la réserve le pastoralisme extensif et la surfréquentation représentent aussi d'importantes pressions sur le milieu. Ces pressions peuvent entraîner de lourdes conséquences sur le reste du territoire (perturbations des services écosystémiques rendus par la réserve naturelle, limitation des risques d'inondations et d'érosion amoindrie, refuge pour la biodiversité perturbé, etc.)

Pour prévenir et limiter les pressions sur la réserve, il est nécessaire d'avoir une cohérence dans la stratégie d'adaptation à l'échelle du bassin versant. La réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane, soutenue par la fédération des réserves naturelles catalanes, souhaite inciter tous les acteurs du territoire, et tout particulièrement la commune, les éleveurs de la réserve et les acteurs du tourisme, à développer des stratégies d'adaptation, pour l'intérêt de tous (population, activités socioéconomiques, patrimoine naturel, biodiversité, etc.). La RNN de la forêt de la Massane souhaite alimenter la dynamique de cette démarche d'adaptation, pour accroître la résilience* et la capacité d'adaptation* de la réserve et du territoire.

Sur la réserve, des études anthracologiques* ont montré que les peuplements forestiers très différents se sont succédés depuis la dernière glaciation (châtaigner, pin, chêne, etc.). Peu importe les essences présentes sur le site, le gestionnaire de la réserve souhaite maintenir des fonctionnalités écologiques

naturelles et accompagner les mutations environnementales plutôt que maintenir une essence en particulier.

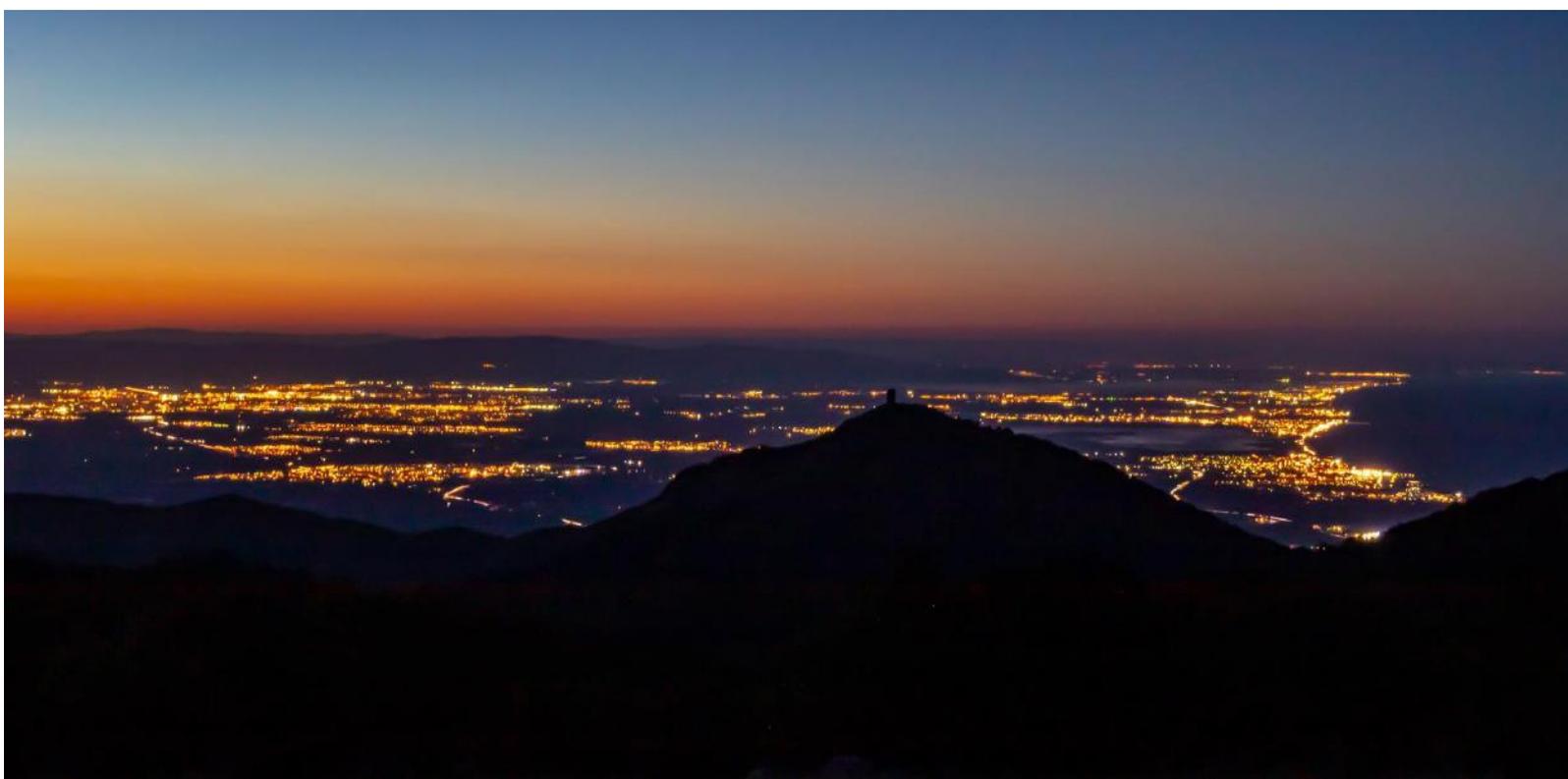
Le plan d'adaptation s'articule autour :

- De quelques principes et objectifs pour animer la dynamique d'adaptation
- D'une description de la vulnérabilité des composantes de la réserve naturelle, qui donne une raison d'agir dès à présent
- D'enjeux justifiant une dynamique à l'échelle territoriale
- D'objectifs et de leviers d'actions d'adaptation
- Une annexe présentant nos connaissances sur le climat passé, présent et futur de la réserve et du territoire et la méthodologie du diagnostic de vulnérabilité face au changement climatique

Le plan d'adaptation n'est **pas un document réglementaire** qui s'impose aux acteurs du territoire : c'est une **invitation à agir** en raison du changement climatique afin de **préserver** au mieux la réserve naturelle, la biodiversité, les services écosystémiques qui nous protègent et les activités socioéconomiques.

Ce document a pour vocation de motiver et **d'amorcer une démarche d'adaptation territoriale**. En limitant les pressions anthropiques sur les milieux naturels, les écosystèmes bénéficieront d'une plus grande résilience aux aléas climatiques.

Ce document souhaite **anticiper** le changement climatique pour **limiter la dégradation** de la Nature et **les risques naturels**.



PRINCIPES ET OBJECTIFS

« Invitation à agir pour l'avenir et pour tous »

Le plan d'adaptation propose des stratégies d'adaptation au changement climatique intégrant les acteurs locaux qui participent à la gestion de la réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane et de son territoire environnant.

Il s'inspire lui-même du Plan d'Adaptation National au Changement Climatique (PNACC), des démarches similaires conduites par le comité de bassin Rhône méditerranéen, à travers le SDAGE* (2016-2021), de la SRB Occitanie* (2018) et du SCAE* du Languedoc-Roussillon (2013).

Le plan d'adaptation est un plan de mobilisation, d'actions et de mesures d'adaptation qui reposent sur des principes structurants.

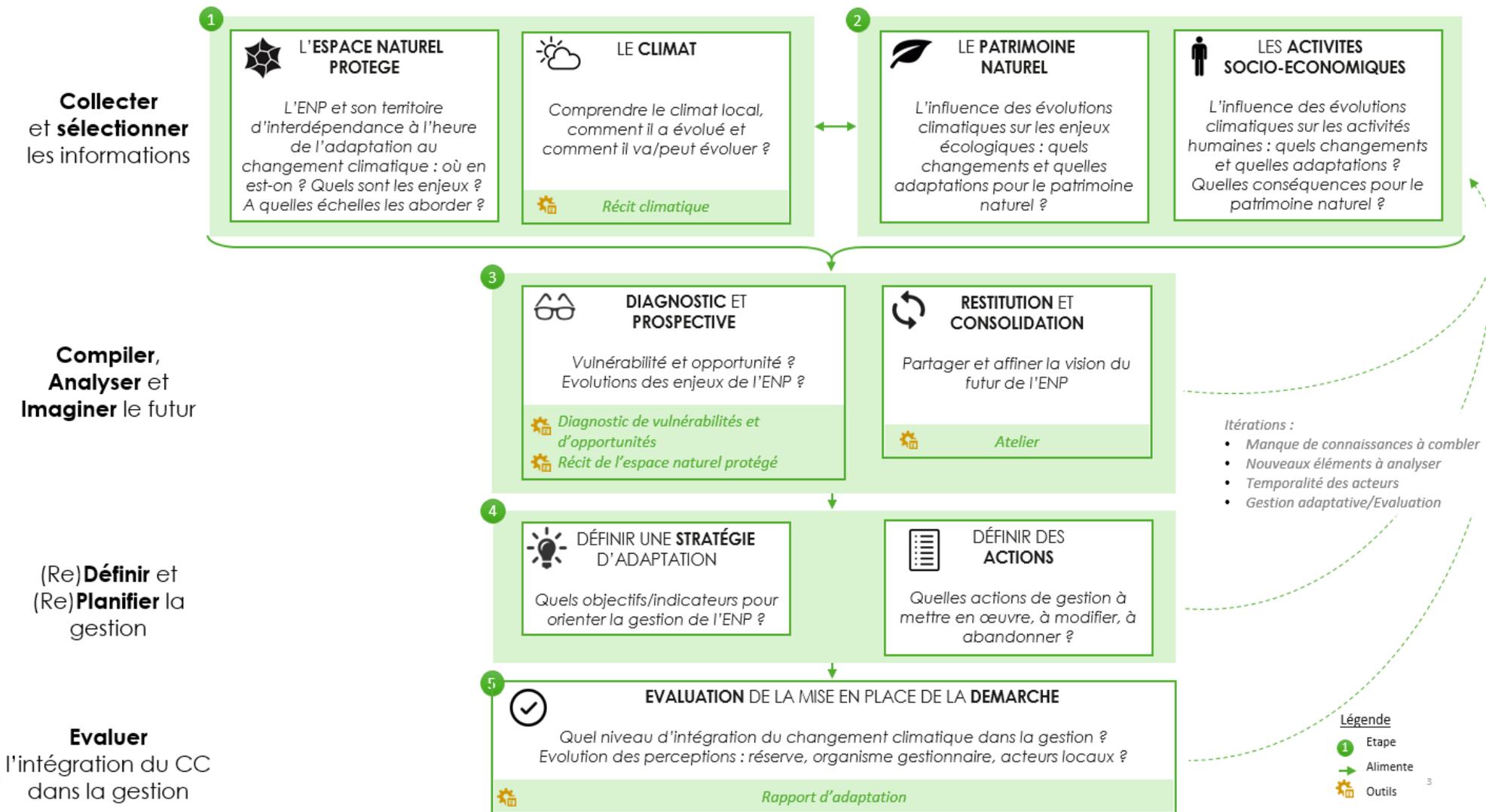
Principes généraux :

- L'objectif premier de ces actions est de **préserver la biodiversité et les fonctionnalités écologique de la réserve.**
- Les actions proposées doivent **éviter la mal adaptation**, c'est-à-dire ne pas renforcer le changement climatique et ne pas amplifier ses impacts (amplification des pressions).
- Elles sont à choisir avec pragmatisme. Les mesures dites « **sans regret** » sont donc à **favoriser**, c'est-à-dire qu'elles restent pertinentes quelle que soit l'évolution climatique future.
- Les actions présentant des **co-bénéfices** sont à privilégier. Par exemple, des mesures servant à la fois à la préservation d'une activité humaine et à la préservation de la biodiversité, ...

Au-delà d'être une liste d'objectifs et de mesures d'adaptation, le plan vise non seulement à **sensibiliser et mobiliser** les acteurs, mais aussi à montrer que des actions sont possibles et que le changement climatique peut être envisagé comme un élément déclencheur, pour améliorer la gestion de la réserve naturelle et de son territoire environnant. C'est l'occasion, pour chaque acteur du territoire, de percevoir les impacts que le changement climatique aura sur leurs activités. Mais aussi de réfléchir à quels leviers d'actions, parmi ceux présentés, seront les plus pertinents et les plus cohérents dans une démarche durable et respectueuse du territoire.

Le plan recherche à rassembler les acteurs locaux afin que le territoire et ses activités puissent s'adapter, au mieux, aux bouleversements qu'induit le changement climatique. Ce plan est basé sur une logique « **gagnant-gagnant** », qui permettra de diminuer ou de limiter les impacts du changement climatique, tout en préservant la biodiversité et les fonctionnalités écologiques. Cela permettra d'augmenter la résilience du territoire au regard de l'évolution des ressources.

QUELLES SONT LES ETAPES DE LA CONSTRUCTION DE CE PLAN D'ADAPTATION ?



COMMENT LE CLIMAT EVOLUE-T-IL ?



Les évolutions récentes du climat de la réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane



Climat sec méditerranéen (sécheresse estivale)

- Actuellement : températures annuelles moyennes : **11,24 °C**
- Augmentation températures moyennes (+1,5°C depuis 1976)
- Entre 1976 et 2018 c'est en automne que les températures moyennes ont le plus augmentées (+2,87°C)
- Période de sécheresse : 37 jours/an



Précipitations : variabilité interannuelle implorante

- Episodes cévenoles caractéristiques des automnes méditerranéens
- Actuellement : **1143 mm/an** en moyenne entre 1961 et 2018
- Depuis 1961, le cumul annuel des précipitations a diminué de **-150 mm**



Débits du fleuve côtier de la Massane

- Actuellement : Débit annuel moyen : **0,26m³/s**
- Débit d'étiage : (Aout : 0,024m³/s)
- Hautes eaux (février : 0,43 m³/s)
- Diminution importante depuis 1960
- Température annuelle moyenne : 12,45°C
- Température minimale moyenne : 7,6°C
- Température maximale moyenne : 18,9°C



Vents : très forte intensité

- Vents dominants Nord Ouest (tramontane) et Sud Est
- Les vents les plus violents sont enregistré en mars/avril
- Occurrence des tempêtes en augmentation



Episodes de gel

- Entre 1976 et 2005 : en moyenne 8 jours de gel/an
- Tendance à la diminution du nb de jours de gel
- Gels tardifs : risques importants pour la hêtraie

Sources : station météorologique de la réserve, station hydrologique de mas d'en Tourens, MétéoFrance : point 933 Grille SAFRAN

Kenzo Héas : chargé de missions LIFE NaturAdapt



Les projections climatiques sur la réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane

Deux scénarios d'émissions de gaz à effets de serre

RCP 4.5

Hausse des températures

- +1,09 °C pour l'horizon proche
- +1,24 °C pour l'horizon moyen
- +2,24 °C pour l'horizon lointain

Certaine stabilité du cumul annuel des précipitations

- +14.9 mm/an entre 2020 et 2070
- +33.08 mm/an entre 2040 et 2070
- +20.13 mm/an entre 2070 et 2100

Régime hydrologique pluvial méditerranéen accentué

- Débit d'étiage : 0,03 m³/s à l'horizon lointain
- Hautes eaux : 0,81m³/s à l'horizon lointain
- Température de l'eau : +2,4°C à l'horizon lointain

- Risque d'incendie fort
- Augmentation des phénomènes météorologiques violents

Episodes de gel

- Horizon moyen : -2 jours/an
- Horizon lointain : -4 jours/an

Référence 1976-2005



annuel : 12,8°C
été : 19,76°C
hiver : 6,76 °C



annuel : 1100 mm/an



Débit d'étiage : 0,024 m³/s
Hautes eaux : 0,43 m³/s
Température de l'eau : 12,45°C



Entre 1976 et 2005 :
8 jours de gel/an

RCP 8.5

Hausse des températures

- +1,21 °C pour l'horizon proche
- +2,16 °C pour l'horizon moyen
- +3,85 °C pour l'horizon lointain

Légère augmentation puis diminution du cumul annuel des précipitations

- +22.67 mm/an entre 2020 et 2050
- 42.86 mm/an entre 2040 et 2070
- 71.09 mm/an entre 2070 et 2100

Régime hydrologique pluvial méditerranéen accentué

- Débit d'étiage : 0,02 m³/s à l'horizon lointain
- Hautes eaux : 0,76m³/s à l'horizon lointain
- Température de l'eau : +4.5°C à l'horizon lointain

- Risque d'incendie très fort
- Augmentation des phénomènes météorologiques violents

Episodes de gel

- Horizon moyen : -6 jours/an
- Horizon lointain : -8 jours/an

La RNN de la forêt de la Massane est un socio-écosystème complexe. Chaque composante (habitats, espèces ou activités socioéconomiques) de ce système possède une vulnérabilité au changement climatique propre à elle-même.

Les conséquences du changement climatiques seront-elles les mêmes pour tous les enjeux de la réserve ?

Pour répondre à cette question, une **analyse de la vulnérabilité des principaux enjeux** de la réserve a été faite. Cette analyse a permis de comprendre quelles seront les conséquences du changement climatique sur les enjeux mais également d'identifier les pressions qui pèsent sur la réserve.

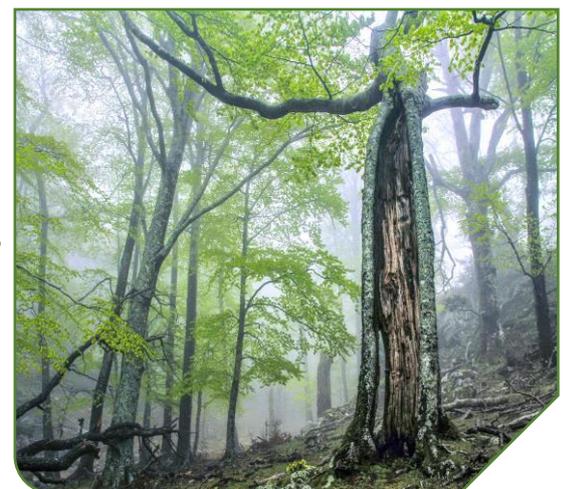
Petit rappel

Le gestionnaire défend depuis longtemps le principe d'une gestion basée sur la libre évolution de l'écosystème forestier et l'intérêt du bois mort et des complexes saproxyliques participant à la très riche biodiversité du site. En effet, plus de 8000 espèces sont inventoriées sur la réserve, sur seulement 336 hectares.

Parmi ces différents habitats, la **hêtraie acidiphile** est particulièrement suivie et représente l'enjeu principal de la réserve. En effet, la présence de cette hêtraie de basses altitudes, est exceptionnelle. Cette hêtraie est située en limite sud de son aire de répartition. Sous l'effet du changement climatique, on observe une remontée latitudinale et altitudinale des biomes et des espèces. Ces évolutions climatiques et les profondes mutations environnementales qu'elles vont induire, nous questionnent sur la vulnérabilité et sur la capacité d'adaptation de cette hêtraie, face au changement climatique.

Cela fait plus de 150 ans que les écosystèmes forestiers de la réserve n'ont pas été exploités. Tous les stades de maturité sont présents. Cette « vieille forêt » fait partie des plus anciennes forêts du bassin méditerranéen, elle est aujourd'hui une référence pour plusieurs raisons : tous les stades sylvigénétiques sont représentés, il y a une très grande quantité de bois mort sur pieds et au sol et son ancienneté est exceptionnelle. De nombreuses espèces présentes dans la réserve sont sensiblement liées à la présence du bois mort.

Du fait de son histoire (refuge glaciaire), cette forêt possède une signature génétique originale ainsi qu'une très riche diversité génétique intraspécifique. Ceci lui offre une forte capacité d'adaptation comparée à d'autres hêtraies d'Europe.



Dans l'élaboration du **diagnostic de vulnérabilité**, nous avons appliqué une approche systémique* afin d'appréhender la réserve dans sa globalité (habitats, espèces, activités socioéconomiques, services écosystémiques, etc.).

L'approche systémique permet de faire des analyses pluridisciplinaires à différentes échelles. Cette démarche permet d'identifier :

- Les composantes du système (bassin versant de la Massane)
- Les niveaux d'organisation
- Les échanges et les interactions entre les composantes du système
- Les facteurs d'équilibre (écologique) et de déséquilibre (pressions)
- Les boucles de rétroactions et leurs dynamiques (le changement climatique est un processus continu. C'est-à-dire que les processus qu'il induit se répètent, voire s'amplifient)

Un schéma systémique* de la réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane est présent en annexe.

La démarche recommande de faire l'analyse de la vulnérabilité à la fois sur des **éléments écologiques**, des **activités socioéconomiques** ainsi que sur les **outils et moyens de gestion** de la réserve.

Quels éléments choisir ?

Pour répondre à cette question, nous nous sommes basés sur le plan de gestion. Ce travail s'est effectué avec l'équipe de la réserve et de la fédération des réserves naturelles catalanes.

Pour les **éléments naturels**, le choix fut de sélectionner les **habitats principaux** de la réserve. L'unité fonctionnelle de l'habitat nous paraît plus pertinent puisque celui-ci intègre l'ensemble des interactions entre les espèces, les dynamiques écologiques, les conditions environnementales et les pressions qu'il subit. De plus, nous avons sélectionné des **groupes d'espèces** pouvant être considérés comme des groupes fonctionnels (exemple : espèces aquatiques ou espèces saproxyliques), qui sont supposés avoir une réponse au changement climatique plus ou moins du même ordre. Nous avons fait le choix de ne pas faire une analyse « espèce-centrée ». En effet le fait de sélectionner les espèces à analyser nous paraissait peu pertinent. L'objectif étant une analyse de la vulnérabilité de l'ensemble du vivant de la réserve. Cependant, dans la sélection des habitats principaux de la réserve, les notions d'espèces clé de voûte et parapluie sont prises en compte (exemple : *Fagus sylvatica* pour la hêtraie). Il y a deux principales **activités socioéconomiques** : le pastoralisme extensif et les activités touristiques. Les **outils et moyens de gestion** sont également intégrés à l'analyse.

Au total, **15 « objets »** ont été retenus.

QUELS SONT LES OBJETS DONT LA VULNERABILITE EST ANALYSEE ?

La ripisylve

Zone de transition semi-terrestre régulièrement influencée par l'eau douce, s'étendant généralement du bord de l'eau aux limites des communautés de haut de berge ». (Naiman et al., 2005). La ripisylve est une formation de ligneux qui occupent les espaces riverains du cours d'eau composé d'un lit majeur et d'un lit mineur. Son fonctionnement est régi par les dynamiques hydrologiques et hydrogéomorphologiques, notamment à travers les processus d'inondation, d'érosion, de transport et de déposition des sédiments. La ripisylve correspond alors à un écotone (écosystème de transition), à l'interface entre les systèmes terrestre et aquatique.

Les ripisylves assurent des fonctions multiples, variées et complémentaires qui participent au bon état du cours d'eau : stabilisation des berges, atténuation des inondations, amélioration de la qualité de l'eau, refuge de biodiversité, corridors écologiques, etc. Les ripisylves sont donc des formations en perpétuelle transformation car intrinsèquement liées à la dynamique des cours d'eau (FRAPNA, étude des ripisylves). La ripisylve, en tant que corridor boisé, est importante pour la dispersion des espèces. Avec les perturbations récurrentes (crues), la circulation des diaspores hydrochores, les différences de topographie et de sol à petite échelle et les variations climatiques et/ou morphologiques sont observées entre l'amont et l'aval d'un même cours d'eau (Naiman et al., 1993).

La ripisylve est particulièrement sensible aux sécheresses estivales puisque le bon état écologique des peuplements rivulaires est lié au niveau de la nappe phréatique. Si elle est trop basse, les populations subissent un stress trop important, ce qui peut entraîner du dépérissement, voire la mortalité des individus.

La chênaie mixte et verte

Peuplements de chênes (*Quercus pubescens*, *Quercus ilex*). Dans la majeure partie des cas nous sommes en présence de chênes sessiles (*Quercus petraea* Liebl.) car le substrat beaucoup trop compact interdit le développement du puissant pivot du chêne pubescent (*Quercus pubescens* Willd.), ce dernier étant tout de même présent dans les parties basses de la réserve.

Au sein de ces chênaies, sur des pentes et sur les versants de ravins encaissés, il y a des stations de taille réduite de forêts fraîches et humides possédant une strate arborée plurispécifique de dominance variable. Il est possible de noter la présence de *Fraxinus excelsior* L. (frêne élevé) et d'*Acer* pour la strate arborée et de *Polystichum setiferum* pour la strate herbacée. De plus, une futaie de chênes verts est présente en contrebas du versant de la Tour de la Massane.

La croissance des chênes pubescents et chênes verts est accélérée par l'augmentation de la température moyenne.

La hêtraie acidiphile

Hêtraie de basses altitudes faisant partie des forêts les plus anciennes du bassin méditerranéen. Cela fait plus de 150 ans qu'elle n'a pas été exploitée. Tous les stades de maturité sont présents. Elle est aujourd'hui une référence pour plusieurs raisons : tous les stades sylvigénétiques sont représentés, il y a une très grande quantité de bois mort sur pieds et au sol et son ancienneté est exceptionnelle. De nombreuses espèces présentes dans la réserve sont sensiblement liées à la présence et à la décomposition du bois mort (espèces saproxyliques.). Du

fait de son histoire (refuge glaciaire), cette forêt possède une signature génétique originale et une très riche diversité génétique intraspécifique, lui offrant une forte capacité d'adaptation, en comparaison avec d'autres hêtraies en Europe.

La hêtraie est particulièrement sensible aux sécheresses estivales. Une augmentation importante des températures et une intensification des sécheresses estivales peut causer de lourdes conséquences. Un déficit trop important en eau peut conduire à une perte de turgescence cellulaire qui ralentit la croissance de l'arbre. Lors d'épisodes de sécheresse intense, afin de réguler la conductivité hydraulique au sein de l'arbre, les feuilles ferment leurs stomates pour limiter l'évapotranspiration et ainsi préserver son état hydrique. Ce processus stoppe également la croissance et les échanges entre l'arbre et l'atmosphère (la captation de carbone ne peut plus se maintenir), pouvant causer de forts dépérissements ou la mortalité des individus. Une diminution de la conductivité hydraulique de l'arbre peut provoquer une embolie des xylèmes et causer la mort de l'individu.

Les milieux aquatiques

Ici, les milieux aquatiques correspondent au fleuve côtier de la Massane, aux cours d'eau mais aussi aux zones inondables ou humides (marais et tourbières) et aux nappes souterraines. Le milieu aquatique intègre : un habitat (lit mineur et majeur), des populations végétales, des populations animales, la qualité physico-chimique de l'eau (température, nutriments, sédiments, etc.) ainsi que leurs dynamiques écologiques et morphosédimentaires.

Les pelouses semi-naturelles

Ces pelouses mésophiles sont maintenues par l'activité pastorale et sont situées sur les crêtes de la réserve, les parties les plus hautes en altitude (entre 600m et 1000m alt.). Les principales composantes sont *Lolium perenne* L., *Bellis perennis* L. et *Trifolium pratense* L. On y rencontre d'autre part de nombreuses nitrophiles comme *Plantago lanceolata* L. (PUIG J.N., 1979, TRAVÉ J. et al., 2004)

Les espèces locales indigènes

Ce terme rassemble l'ensemble de la biodiversité et des espèces que l'on peut retrouver au sein de la réserve. Beaucoup d'espèces sont communes et pas forcément vulnérables actuellement. Cependant, elles sont aussi soumises au changement climatique, c'est pourquoi l'évaluation de la vulnérabilité de la biodiversité générale de la réserve est faite. Les espèces locales indigènes de la réserve ne sont pas nécessairement inféodées à la hêtraie. Cependant, elles bénéficient tout de même de la naturalité élevée de cette « vieille forêt ». Les espèces « ordinaires » peuvent être des oiseaux, des mammifères, des amphibiens, des reptiles, des invertébrés, etc. Par exemple, pour les oiseaux, nous pouvons distinguer les espèces qui forent les arbres pour construire leurs nids (picidés), les espèces secondaires occupant ces cavités (sittelle bleue et rapaces forestiers nocturnes), et les espèces qui occupent les couronnes (principalement les mésanges). La présence de « chandelles » (arbres morts sur pieds), fournit des habitats très favorables pour les picidés. Les espèces telles que le pic noir (*Dryocopus martius*) ou le pic épeiche (*Leiopicus medius*) préfèrent forer des trous de petites tailles à de grandes hauteurs pour éviter les prédateurs. La proportion de grands arbres dans une forêt est également associée à une plus grande densité et variété de passereaux, occupants secondaires des cavités, en particulier la sittelle bleue (*Sitta europaea*), etc. Il existe également une corrélation significative entre la quantité de bois mort et la densité

d'oiseaux qui nichent dans des cavités, car les grands arbres morts sur pied conviennent au forage des oiseaux pour nicher (Sandström, 1992, Redolfi et al., 2016).

Les espèces saproxyliques

La hêtraie et la ripisylve de la réserve sont laissées en libre évolution depuis plus de 150 ans. Son caractère ancien permet à la forêt de retrouver des dynamiques naturelles liées à la décomposition du bois mort. Les arbres morts sur pieds et au sol offrent une multitude d'habitats. Les différentes phases de décomposition du bois mort participent à de nombreuses successions écologiques et favorisent la présence de cortèges d'espèces inféodés à ces dynamiques de décomposition. Les espèces saproxylophages (organismes qui ne consomment que le bois mort) forment une part importante de la biodiversité des forêts tempérées et jouent un rôle biogéochimique fondamental en participant à la dégradation du bois mort. Le processus de décomposition de celui-ci est assumé par des champignons, des bactéries et des invertébrés. L'espèce emblématique et clé de voûte, garante d'un équilibre écologique dans la hêtraie est le coléoptère appelé *Osmoderma eremita* (« le Pique-prune »).

Les espèces aquatiques

Ce groupe d'espèces intègre les organismes inféodés à l'eau, liés à l'écosystème et au biotope aquatique, aux conditions hydrogéomorphologiques du fleuve côtier de la Massane. Les organismes peuvent être des végétaux, des animaux ou des micro-organismes. La faune aquatique est composée de l'ichtyofaune mais aussi de l'ensemble des invertébrés benthiques ou pélagiques. On peut également retrouver des mammifères, des reptiles, des amphibiens, dont l'habitat est le fleuve côtier de la Massane.

Le pastoralisme extensif

L'élevage est la seule activité économique qui perdure dans le périmètre de la réserve. Cette activité est garante des milieux ouverts sur les zones de crêtes de la réserve. L'abrutissement des bovins stoppe la croissance des ligneux et maintient les herbacées.

L'élevage pastoral, hérité de traditions très anciennes de valorisation des terres, tiennent compte des cycles saisonniers et des contraintes climatiques. Bien que ce mode d'élevage suppose une grande mobilité du bétail et de ceux qui s'en occupent, il reste très lié à un espace géographique. Il suit généralement des parcours fixes ou prévisibles. L'élevage pastoral est un système extensif, où les troupeaux pâturent sur de grandes étendues. Les troupeaux sont déplacés suivant les saisons pour laisser à la végétation le temps de repousser et pour aller chercher ailleurs l'herbe nécessaire à la nourriture des animaux.

Actuellement, le Groupement Pastoral de la Massane compte 26 vaches et un taureau qui pacagent cinq mois par an (officiellement) dans la réserve naturelle. Il comptait 150 têtes environ en 1995 (TRAVÉ J., GARRIGUE J., 1996). Depuis une dizaine d'années, le vacher parque une partie du bétail en amont du Rimbau durant l'hiver et apporte un complément fourrager. Le reste du temps, le bétail se déplace en toute liberté. Le vacher surveille seulement les différents sous-groupes de son troupeau pour les maintenir sur le territoire qui lui a été attribué, contrôle les saillies et les mises bas et distribue périodiquement du sel. Le seul profit provient des ventes de veaux à la coopérative de Girona. La réserve ne représente que la moitié environ de la surface concédée par bail aux actuels héritiers du titulaire de droit de pacage. Les vacants communaux qui s'étendent sous la réserve jusqu'au Rimbau sont pâturés d'octobre à mars. Pendant les mois les plus froids, ce sont les parties les plus basses qui sont occupées. À la fin de l'hiver, ont lieu les premières mises bas. Elles ont toujours lieu dans la hêtraie, ce qui montre bien l'attachement du troupeau à la réserve. Les vaches y montent pour vêler, quitte à redescendre avec leur veau, si le temps est défavorable. Cette habitude peut d'ailleurs être une cause de mortalité si survient une vague de froid. Du printemps à l'automne, le troupeau reste le plus souvent dans la

réserve. Les vaches de l'*Albera* vivent en semi-liberté. Cette conduite des troupeaux est la même sur les deux versants. Les pelouses sommitales sont ainsi partagées par les vaches des deux versants (celles de la Massane, de Lavail, de Sorède ou encore de Valbonne côté français avec celles de la *Finca de Baussitges* à *Espolla* côté espagnol) (Plan de gestion écologique de la réserve 2010-2014)

Les activités touristiques

Il n'existe pas d'aménagement particulier autre que des sentiers de randonnées mais la proximité de la côte et son afflux estival entraîne une fréquentation qui s'élève en moyenne à 26 500 visiteurs, la plupart (42,3%) à destination de la Tour de la Massane. L'automne est également une période de fréquentation importante liée à la cueillette des champignons.

Le plan d'interprétation (MAGDALOU, 2001) fait la synthèse des potentiels d'interprétation et propose des orientations tenant compte du contexte socioéconomique particulier lié au voisinage de stations balnéaires abondamment fréquentées en période estivale. Si la côte reste toujours aussi attrayante, les touristes se tournent de plus en plus vers un arrière-pays qui propose toute une gamme de produits « verts ». Cela s'inscrit dans une politique d'accueil qui tend à se généraliser à l'échelle du département. Un tel contexte économique transforme bien souvent la « réserve naturelle » en label garantissant une certaine qualité paysagère et écologique. Cette situation confronte le gestionnaire à l'éternel dilemme : faire connaître et apprécier tout en conservant les valeurs inestimables d'un site comme la Massane. Pour préserver le site d'une trop grande affluence, **la découverte individuelle est autorisée mais non promue**. Le développement de la mission d'information dans le cadre d'un pôle d'animations hors-site a été l'option retenue pour faire connaître le site et les travaux qui y sont menés sans accroître la fréquentation (Plan de gestion écologique de réserve, 2010-2014).

Les outils et les moyens humains

Les moyens humains intègrent les personnels de la réserve naturelle mais aussi les infrastructures permettant de mener à bien les missions de protection de la réserve (piste d'accès, refuge, véhicule de service, etc.)

Le patrimoine culturel

Le patrimoine culturel, archéologique et historique est lié à la longue utilisation agricole pastorale du massif de l'*Albera* (Tour de la Massane, puits à glace, Cabanes, tourelle).

Les études et les suivis scientifiques

La réserve de la Massane est aujourd'hui une référence en termes de recherche liées à l'ancienneté de la forêt et à la très riche biodiversité du site. Sous le prisme du changement climatique, le nombre d'études scientifiques risque de s'intensifier.

Liste d'objets analysés

Ripisylve
Chênaie mixte / Chênaie verte
Hêtraie acidiphile
Fleuve côtier / Milieux aquatiques
Pelouses semi-naturelles
Espèces locales indigènes
Espèces saproxyliques
Espèces aquatiques
Espèces extérieures à la réserve
Espèces exotiques envahissantes
Moyens humains
Études et suivis scientifiques
Patrimoine culturel
Activités touristiques et sportives
Pastoralisme extensif

La réserve est composée de :

Éléments naturels

Activités socioéconomiques

Outils et moyens de gestion

Liste des pressions

- Contrainte orographique (massif des Albères, limiter par le Perthus et la méditerranée)
- Fragmentation de l'habitat (discontinuité écologique)
- Espèces exotiques envahissantes
- Maladies, pathogènes, ravageurs
- Activités touristiques (dérangement de la quiétude du site, érosion, pollution, etc.)
- Pollutions atmosphériques (azote, dioxyde de carbone, ozone etc.)
- Fermeture naturelle du milieu
- Activité pastorale (érosion, diminution de la régénération, piétinements, etc.)

Le changement climatique :

- Va impacter **l'ensemble des composantes** de la réserve et le territoire alentour
- Risque d'**accentuer les pressions** déjà existantes sur la réserve
- Est susceptible de **faire émerger de nouvelles pressions**

DIAGNOSTIC DE VULNERABILITE

Pour chaque objet plusieurs paramètres sont analysés :

- **La sensibilité** actuelle (sujet aux pressions, capacité de migration, position par rapport à son aire de répartition etc.)
- **L'exposition**, qui correspond aux variations climatiques auxquelles l'objet sera confronté (si elles sont favorables ou défavorables à l'objet)
- **La vulnérabilité**, qui correspond à cette même situation actuelle mais confrontée au climat de demain (2050), obtenue en croisant la sensibilité et l'exposition.

La démarche méthodologique complète ainsi que la grille d'évaluation de la perception de la vulnérabilité des objets de la réserve au changement climatique sont présentes en [annexe](#).

Le changement climatique soulève de nombreuses questions pour la réserve :

En raison des évolutions climatiques, est-ce que le changement climatique leur sera défavorable (**vulnérabilité**) ou favorable (**opportunité**) ? En raison de la sensibilité actuelle des objets de la réserve, à quel point sont-ils vulnérables ?

Le changement climatique impacte-t-il l'ensemble des composantes de la réserve négativement ou positivement ? Les résultats de cette analyse de la vulnérabilité permettront d'identifier quels sont les objets les plus vulnérables et de comprendre pourquoi ils le sont. Est-ce que leur vulnérabilité est liée à une pression en particulier ? À un effet cumulé ? Est-ce possible de limiter cette vulnérabilité ? Comment améliorer la capacité d'adaptation des objets au changement climatique ? L'analyse de vulnérabilité permet de répondre à ces questions.

L'évaluation se traduit par des appréciations qualitatives (**vulnérabilité** / **opportunité** – forte – moyenne – faible). Cette analyse de la vulnérabilité repose sur un important travail bibliographique ainsi que sur du « dire d'expert ». Cette analyse est basée sur la perception de la vulnérabilité des objets. Dans cet exercice, la réserve s'est efforcée à apprécier la vulnérabilité des objets de la façon la plus objective possible. L'objectif principal de cette démarche est de préserver le patrimoine naturel, les fonctionnalités écologiques, l'intégrité de la biodiversité et les services écosystémiques que fournit la réserve.

Résultats du diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité de la réserve face au changement climatique

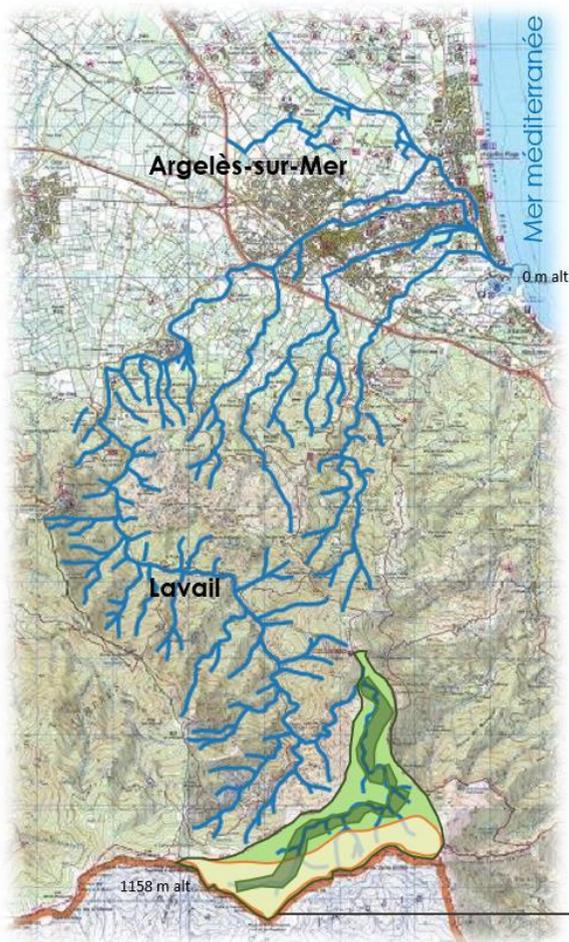


Objets évalués		Vulnérabilité	Commentaires
Habitats	Ripisylve	Vulnérabilité forte	La ripisylve sera fortement impactée par le changement climatique, plus particulièrement pendant la saison estivale. En instaurant un régime hydrique plus irrégulier, le changement climatique risque de maintenir la nappe phréatique à des niveaux plus bas et donc plus difficiles à atteindre pour les racines des végétaux de la ripisylve.
	Chênaie mixte / chênaie verte	Opportunité moyenne	La chênaie est adaptée et résistante à un climat sec. Cet écosystème forestier va entrer en compétition avec la hêtraie, plus vulnérable à l'augmentation des températures et à la baisse des précipitations.
	Hêtraie acidiphile	Vulnérabilité très forte	Cet habitat cumule les facteurs de vulnérabilité (marge sud de son aire de répartition, pressions multiples (pollution à l'ozone, surfréquentation, activité pastorale, etc.), faible tolérance au stress hydrique, etc.). Les défis pour la hêtraie sont pluriels : compétition avec les autres essences, adaptation au changement climatique, résilience aux aléas climatiques (sécheresses estivales intenses), etc.
	Fleuve côtier / milieux aquatiques	Vulnérabilité forte	L'assèchement de lit mineur provoqué par la sécheresse estivale va profondément bouleverser les dynamiques écologiques et morphosédimentaires du fleuve côtier de la Massane. La diminution du débit pourrait causer de lourdes conséquences sur les communautés aquatiques.
	Pelouses semi-naturelles	Vulnérabilité forte	Avec l'augmentation des phénomènes météorologiques violents, additionnés à une divagation des troupeaux non orientés sur des espaces dégradés, renforcés par la fermeture naturelle des milieux, les pelouses semi-naturelles des zones de crêtes risquent fortement d'en subir les conséquences.
Espèces	Espèces locales indigènes	Vulnérabilité très forte	Vers une sixième extinction de masse ? De nombreuses études scientifiques alertent de la disparition massive des espèces. L'ensemble des écosystèmes de la réserve est soumis au changement climatique. Il y a une inadéquation entre la capacité d'adaptation globale des espèces (migration, plasticité phénotypique, évolution du cycle phénologique, réorganisation du réseau trophique, etc.) et la vitesse trop rapide du changement climatique. Cette inadéquation est un des facteurs majeurs de l'érosion actuelle de la biodiversité.
	Espèces saproxyliques	Opportunité moyenne	Le changement climatique va accélérer le dépérissement et la mortalité du hêtre. Or, les espèces saproxyliques qui décomposent et se nourrissent de bois morts pourraient en bénéficier. Il faut cependant nuancer ces opportunités puisque sur le court terme, la mortalité de la hêtraie favoriserait ces espèces mais si la hêtraie venait à disparaître, les espèces inféodées à la décomposition de <i>Fagus sylvatica</i> disparaîtraient par la même occasion.
	Espèces aquatiques	Vulnérabilité très forte	Le changement climatique va perturber le régime de débit ainsi que la température de

			l'eau. Ces modifications auront un impact négatif sur le cycle de vie et la physiologie des espèces aquatiques.
	Espèces allochtones (extérieures à la réserve)	Opportunité forte	Les nouvelles conditions climatiques seront de plus en plus en adéquation avec leurs niches écologiques. Le changement climatique est une aubaine pour ces espèces.
	Espèces exotiques envahissantes	Opportunité forte	Les espèces exotiques envahissantes ont de fortes capacités d'adaptation et sont souvent très compétitrices.
Outils et moyens de gestions	Moyens humains	Vulnérabilité faible	Le changement climatique va rendre les conditions de travail plus difficiles (sécheresse intense, occurrence importante des phénomènes météorologiques violents, exposition au risque d'incendie, etc.) et risque de fragiliser les infrastructures (route DFCl, etc.).
	Etudes et suivis scientifiques	Opportunité très forte	Le nombre d'articles scientifiques relatifs au changement climatique est en augmentation exponentielle depuis les années 2000. Les écosystèmes forestiers de la réserve sont en libre évolution depuis plus de 150 ans. Par ce fait, la réserve est un haut lieu de recherche en écologie (laboratoire à ciel ouvert). Le changement climatique va induire une augmentation des études sur la réponse des habitats ou des espèces au changement climatique. Rôle accentué des réserves en tant que sentinelle de climat et en tant que territoire d'atténuation de l'impact du changement climatique.
	Patrimoine culturel	Vulnérabilité forte	L'augmentation des températures fragilise les constructions (ex : la tour de la Massane). De plus l'augmentation du tourisme peut fragiliser le patrimoine culturel de la réserve.
Activités socio-économiques	Pastoralisme extensif	Vulnérabilité forte	La diminution des précipitations et l'intensification des sécheresses vont considérablement diminuer la ressource en eau sur la réserve. Avec l'augmentation générale des températures, le phénomène de fermeture des milieux risque de s'accroître. Enfin, si l'activité pastorale n'est pas orientée dans une logique cohérente avec le changement climatique les pelouses semi-naturelles vont se dégrader et ainsi diminuer considérablement la valeur fourragère.
	Activités touristiques	Pas assez d'information	Hausse de la fréquentation en période estivale comme lieu de fraîcheur, avec décalage des pics de fréquentation le matin et le soir. Nécessite d'adapter les heures/dates des visites planifiées en fonction des aléas climatiques.

SERVICES ECOSYSTEMIQUES QUE FOURNIT LA RESERVE

-  Fleuve côtier de la Massane
-  Limite de la réserve
-  Pelouses semi-naturelle (pâturage)
-  Milieux forestiers
-  Ripisylve (forêt riveraine de cours d'eau)



La **forêt** contribue à la **régulation du climat** à l'échelle mondiale en captant le CO₂ et rafraîchit également l'air à l'échelle locale sous couvert forestier

Le bon état écologique de la **forêt** permet une bonne infiltration de l'eau dans le sol et **recharge les nappes phréatiques**

La **forêt filtre l'air** (régulation des pollutions atmosphériques) et a un rôle d'épuration, favorisant la bonne qualité de l'air et de l'eau.

La **ripisylve** assure la **stabilisation des berges**, atténue les inondations, améliore la qualité de l'eau, est un refuge de biodiversité, est un **corridor écologique**, et est garante d'une certaine hétérogénéité des habitats aquatiques.

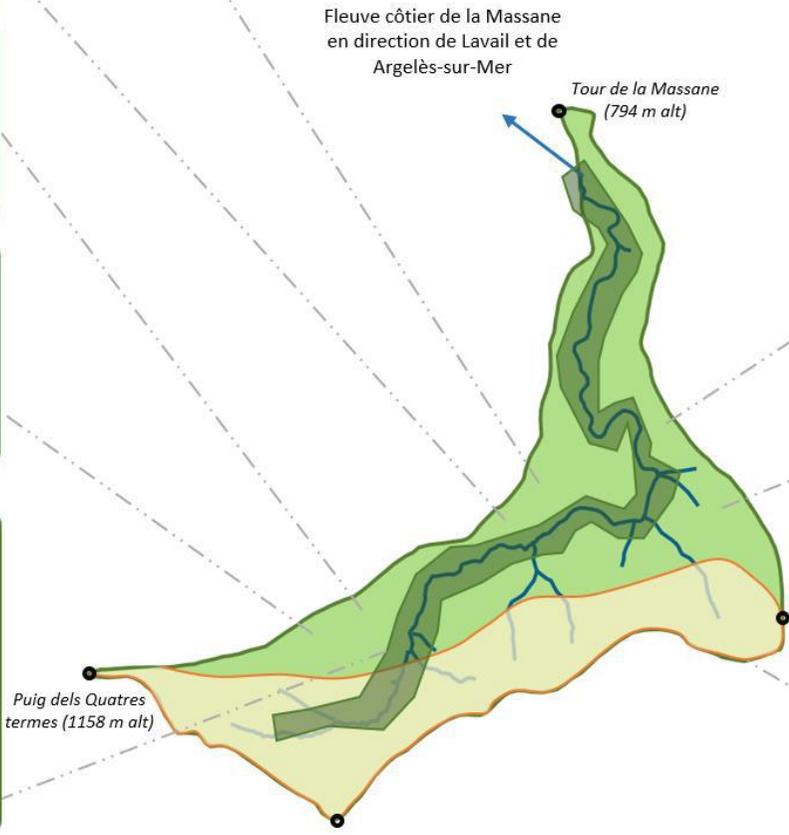
La **forêt limite les risques d'inondations** et de **coulées de boues** et protège ainsi les populations et les infrastructures en aval de la réserve

La **forêt limite l'érosion**. La litière de feuilles, les horizons humiques et le sous-étage arbustif, forment un écran physique de faible hauteur contre l'énergie de la pluie. La canopée intercepte aussi les précipitations et réduit la force avec laquelle celles-ci touchent la surface du sol.

La **forêt** limite aussi l'érosion provoquée par le pastoralisme extensif, avec la présence de la litière et du bois mort au sol qui limitent les écoulements superficiels

La **forêt** est un **accueil** pour la **biodiversité** et participe au bien être humain

Les **pelouses sommitales** fournissent des zones de pâturage et une **valeur fourragère** nécessaire à l'activité pastorale



Réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane



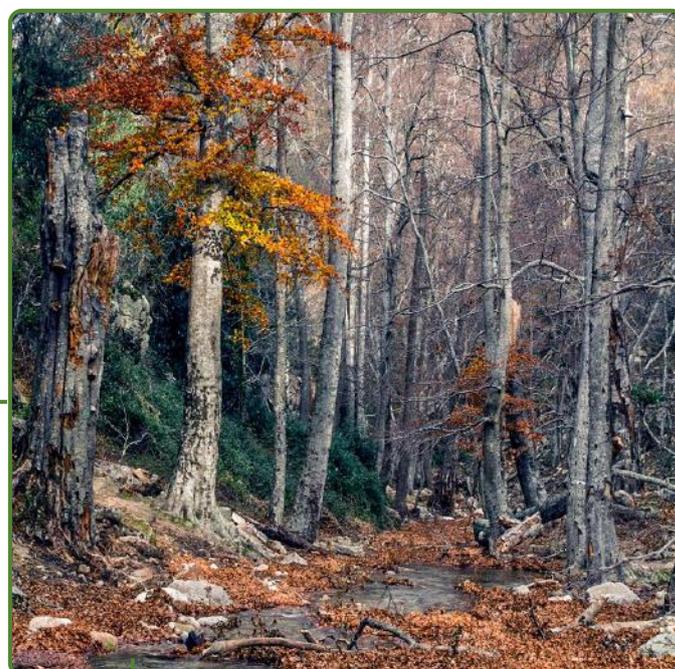
CONSEQUENCES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES HABITATS NATURELS, LES GROUPES D'ESPECES ET LES ACTIVITES SOCIOECONOMIQUES

Le changement climatique va impacter l'ensemble de la réserve. Les informations ci-dessous sont le résultat de la conjugaison entre un important travail bibliographique et une analyse spatiale, écologique, géomorphologique et économique de la réserve.

Les habitats

Les milieux forestiers

- Accélération du dépérissement et de la mortalité de *Fagus sylvatica*
- Réduction des boisements les plus humides
- Ripisylve confrontée aux Espèces Exotiques Envahissantes (EEE)
- Dans un premier temps, forte augmentation de la quantité de bois morts et du nombre de trouées forestières.
- bouleversement de la composition forestière
- Remontée des essences (*Quercus Ilex* et *Quercus suber L.*) de basses altitudes (et compétition avec *Fagus sylvatica*)
- Une modification de la phénologie sous forçage climatique peut aboutir à une perte de synchronie trophique entre les espèces, entraînant une restructuration des réseaux trophiques
- Milieux forestiers de plus en plus exposés aux maladies, pathogènes et ravageurs dus à des hivers plus doux



Les milieux aquatiques

- Diminution du débit et perturbation de l'équilibre écologique et morphosédimentaire
- Augmentation de la température de l'eau
- Crues plus fréquentes et plus intenses dues à l'augmentation des phénomènes météorologiques violents
- Risques accrus de la propagation des Espèces Exotiques Envahissantes
- Réduction des surfaces d'habitats et baisse de la qualité des eaux durant la période estivale
- Modification de la composition spécifique avec la perte des espèces d'eau fraîche et des espèces sensibles, et l'arrivée de nouvelles espèces.
- Rajeunissement plus fréquent des communautés végétales sur les milieux d'eau courantes avec les crues

Les pelouses semi-naturelles

- Fermeture accélérée du milieu due au développement plus rapide des ligneux sous l'effet de l'augmentation des précipitations
- Diminution de la quantité fourragère et nutritive due à la réduction de l'humidité du sol
- Dégradation progressive de l'habitat et érosion massive liée aux phénomènes météorologiques violents.



Les groupes d'espèces

La réponse au changement climatique est spécifique à chaque espèce. Il est néanmoins possible de dégager des grandes tendances en fonction des préférences écologiques. L'évolution des habitats va sensiblement impacter les espèces présentes sur la réserve. Il est probable qu'on observe une disparition accélérée d'espèces dans les prochaines décennies. De nombreuses études émettent l'hypothèse que la vitesse des modifications environnementales, induite par le changement climatique, est trop importante par rapport à la capacité d'adaptation des espèces.

Les espèces indigènes présentes dans la réserve

- Déplacement des espèces vers les pôles et en altitude.
- Réorganisation du réseau trophique – perturbation de l'équilibre proies/prédateurs.
- Évènements du cycle de vie et du cycle phénologique plus précoces.
- Possible inadéquation entre cycle phénologique et pollinisateurs.
- Capacités d'adaptation plus ou moins grandes : possibles pour les espèces cosmopolites et quasi impossibles pour les espèces très spécialisées.



Rosalia alpina

Osmoderma eremita



Les espèces saproxyliques

- À court terme, la mortalité accrue des arbres, pourrait favoriser la disponibilité des ressources alimentaires des espèces.
- À long terme, la disparition de la hêtraie ferait disparaître l'ensemble des espèces inféodées à la décomposition du bois mort de *Fagus sylvatica*.
- Évènements du cycle phénologique plus précoce : le débourrement précoce, couplé à des épisodes de gels tardifs, pourrait accélérer le dépérissement et la mortalité des arbres, ce qui serait bénéfique pour les espèces saproxyliques
- À long terme, leurs capacités d'adaptation sont moindres car ce sont des espèces très spécialisées.

Les espèces aquatiques

- Stress thermique et compétition avec les espèces non natives et mieux adaptées aux nouvelles conditions environnementales.
- Physiologiquement : tendance à la diminution de la taille des individus sous l'effet de l'augmentation de la température de l'eau
- L'augmentation de la température de l'eau va altérer le milieu aquatique et diminuer la quantité d'oxygène dans l'eau, favorisant l'eutrophisation, au détriment des espèces aquatiques actuelles.
- Soumises aux perturbations hydrologiques et morphosédimentaires dues aux crues engendrées par la fréquence accrue des phénomènes météorologiques violents.
- Pour les poissons : décalage de la phénologie avec des dates de pontes et de migration décalées, impact au niveau individuel avec une accélération de la maturation.



Rana perezi Dianose

Les espèces exotiques envahissantes (EEE) et espèces locales extérieures à la réserve

- Espèces très plastiques, plus adaptées aux futures conditions climatiques et environnementales.
- Mécanismes de dispersion multiples.
- Espèces plus compétitrices que les espèces natives.
- Espèces légitimes à occuper leurs futures niches écologiques (acceptation de l'apparition d'espèces allochtones et de la disparition d'espèces natives).
- Sur la réserve on peut s'attendre à voir apparaître le chêne liège (*Quercus suber*).

Les activités socioéconomiques

Le pastoralisme extensif

- Fermeture du milieu réduisant la surface des zones d'estives.
- Pression de pâturage insuffisante en début de saison, avec le risque de prolifération d'EEE.
- Pression de pâturage trop importante durant la période estivale, causant la mortalité de la végétation souffrant déjà de stress hydrique et/ou thermique.
- Réduction de bilan fourrager en été due à l'augmentation de la fréquence et de l'intensification des sécheresses.
- Les phénomènes météorologiques violents ainsi que l'augmentation des précipitations en automne couplés au piétinement des troupeaux vont impacter la réserve de façons multiples (accentuation de l'érosion, perturbation du bilan sédimentaire, risques de colmatage du fleuve côtier de la Massane, risques d'inondations et de coulées de boue en aval, etc.).



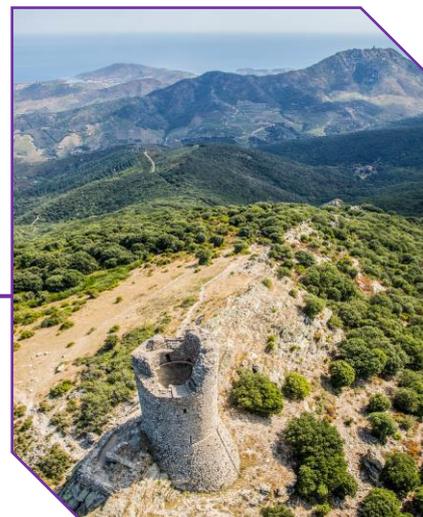
Les activités touristiques

- Hausse de la fréquentation durant la période estivale
- Décalage des heures de fréquentation en période caniculaire
- Conditions météorologiques difficiles (sécheresses, orages, etc.)

Outils et moyens de gestion

Les moyens humains et patrimoine culturel

- Conditions de travail plus difficiles avec des étés de plus en plus chauds et secs.
- Conditions de travail pouvant devenir dangereuses avec l'augmentation des phénomènes météorologiques violents (tempêtes, inondations, crues éclairées, etc.).
- Potentiellement plus de missions de police dues à une augmentation du nombre de touristes.
- Usures naturelles des infrastructures (routes DFCI, sentiers) et du patrimoine naturel (ex : fissure sur la Tour de la Massane).



Les études et suivis scientifiques

- Suivis scientifiques plus difficiles à effectuer, voire matériels dégradés par des événements météorologiques violents (tempêtes, érosion massive, coulées de boue, etc.).
- Suivis plus en adéquation avec le changement climatique (disparition d'espèces, etc.).
- Le changement climatique est un moteur pour les études scientifiques et représente un nouveau champ d'étude à large spectre (augmentation des financements nationaux, européens, thèses, etc.).



Le changement climatique est un phénomène mondial qui a des conséquences sur l'ensemble des écosystèmes mais aussi sur les activités socioéconomiques. Cette situation impose aux gestionnaires d'espaces naturels protégés, un profond changement de paradigme dans leurs gestions. En effet, les bouleversements rapides des conditions environnementales favorisent une érosion de la biodiversité. Le changement climatique agit en lui-même comme une pression sur la nature et a tendance à accentuer les pressions déjà existantes (pollution, surexploitation, érosion, etc.).

D'un point de vue de la conservation, ces évolutions nous invitent à repenser la gestion de la façon la plus adaptée et adaptable au changement climatique. La gestion se doit d'être de moins en moins interventionniste afin d'appliquer des mesures de conservation dites « sans regret » pour préserver la nature et l'ensemble des services écosystémiques rendus par la réserve.

Dans ce contexte, on peut se demander quel est l'avenir de la réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane, sous l'effet du changement climatique ?

Tenter de répondre à cette question amène à se projeter dans les décennies à venir et imaginer comment va évoluer la réserve. Cela invite le gestionnaire à se baser sur plusieurs trajectoires futures pour la réserve, qui lui semblent acceptables, possibles dans le contexte du site, sous l'influence du changement climatique, sur la base du diagnostic de vulnérabilité.

Pour la réserve de la Massane, c'est le changement climatique et ses conséquences, croisés avec les activités (et pressions) sur la réserve, qui conditionnent le bon état écologique, la présence d'habitats naturels exceptionnels et les services écosystémiques que fournit la réserve. La pression principale qui pèse sur la forêt de la Massane est une pratique pastorale peu rigoureuse. Les scénarii qui suivent sont donc basés sur une évolution, de l'activité pastorale sur la réserve.

PRISE EN COMPTE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE : PLUSIEURS SCENARII DE GESTION

- Un scénario : « **une gestion continue et inchangée** »
- Un scénario : « **Evolution des pratiques pastorales : une gestion continue et à l'écoute du changement climatique** »
- Un scénario : « **Arrêt de l'activité pastorale : une gestion protectrice et non interventionniste** »

Peu importe le scénario de gestion envisagé, le changement climatique va induire des bouleversements écologiques au sein de la réserve. Les différents scénarii peuvent tout de même avoir une incidence sur le devenir de la réserve.

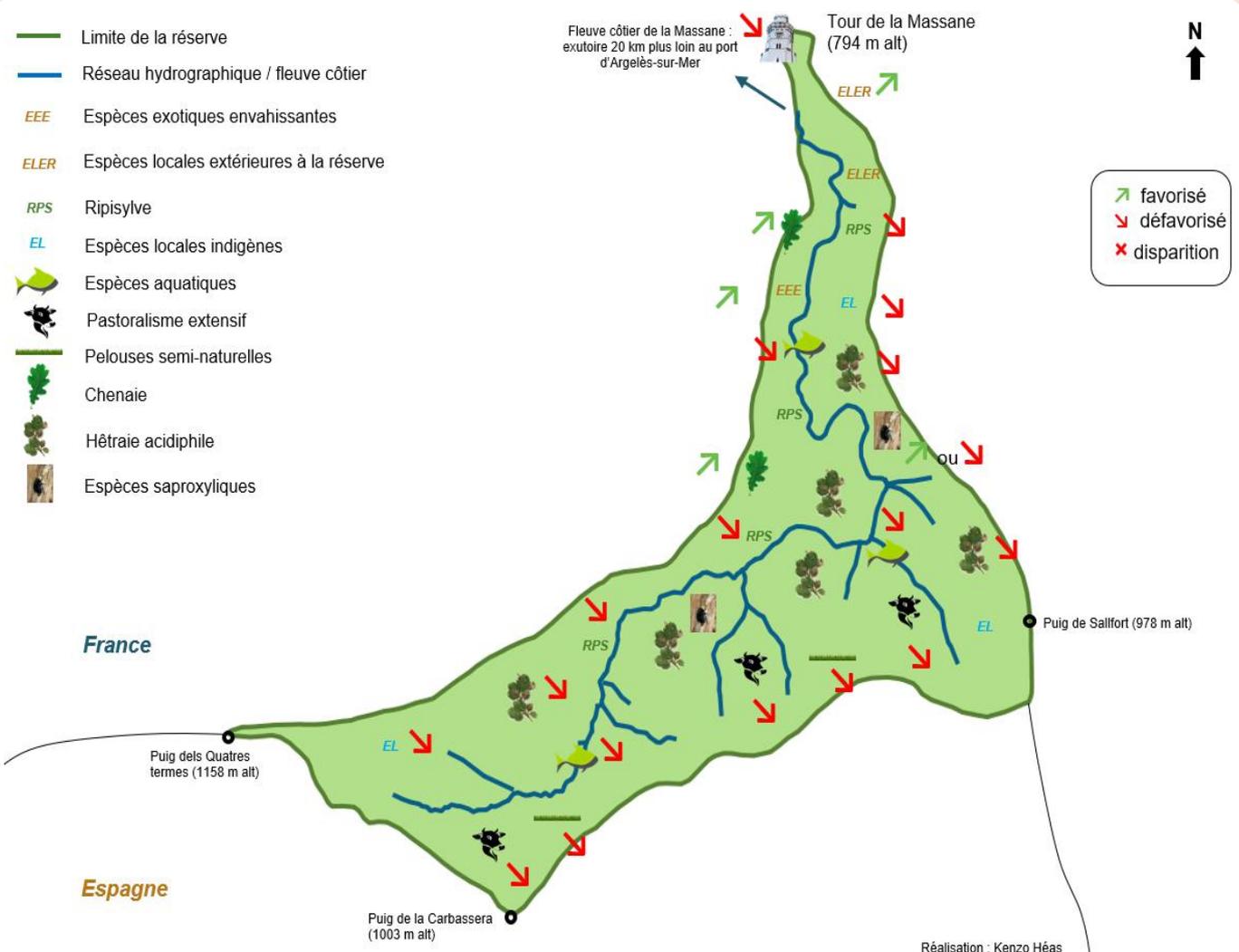
En effet, **les scénarii de gestion** peuvent soit **accélérer, amplifier, limiter ou contrer les conséquences du changement climatique** sur la réserve. La vision prospective ainsi que les scénarii de gestion se projettent en 2050 (soit 30 ans).

Premier scénario : « une gestion continue et inchangée »

Ce scénario signifie que **la gestion reste identique**, c'est-à-dire que l'activité pastorale n'est pas gérée lorsque les troupeaux sont en estive – que les troupeaux ne sont pas orientés sur des espaces moins dégradés – qu'on observe la présence de troupeaux illégaux (Lavail et espagnols) sur la réserve – qu'on observe des troupeaux dans la forêt.

Avec une gestion continue qui **ne s'adapte pas** au changement climatique les conséquences seront multiples :

- La forêt est dans l'impossibilité à se déplacer en altitude (le changement climatique impose à la faune et à la flore de se déplacer en altitude pour occuper de nouvelles conditions environnementales optimales) due à l'activité pastorale en tête de bassin versant
- La présence des troupeaux dans la forêt limite la régénération des plantules et enfreint la capacité d'adaptation de la forêt au changement climatique. En période de plus en plus critique les vaches se concentrent sur la ripisylve.
- La non orientation des troupeaux fragilise le bon état écologique des pelouses sommitales et crée de l'érosion massive. Les pelouses sont situées en tête de bassin versant et ont donc une incidence sur le reste du bassin versant. Ces processus érosifs débutent sur les pelouses sommitales, puis continuent en contrebas dans la forêt (dégradation du milieu, instabilité du sol, perte en épaisseur de sol, etc.).
- Cette érosion met en péril les services écosystémiques que fournit naturellement la forêt (limitation des inondations en aval, stabilisation des berges, etc.)
- Accentuation du colmatage et de l'asphyxie des milieux aquatiques due à d'importantes quantités de sédiments dans le fleuve côtier, provenant de l'érosion formée par une activité pastorale peu gérée.



Deuxième scénario : « Évolution des pratiques pastorales : une gestion continue à l'écoute du changement climatique »

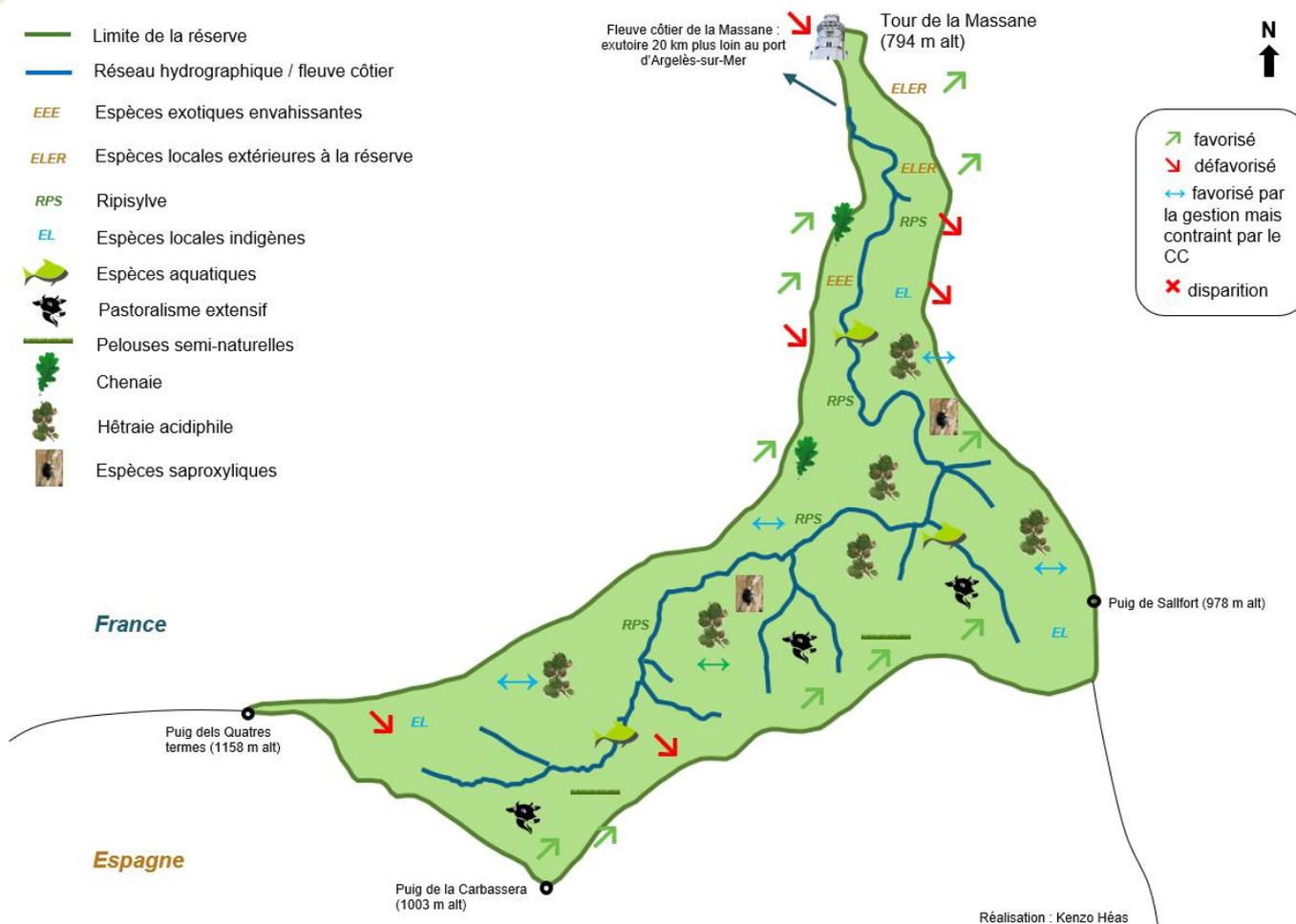
Ce deuxième scénario intègre une prise en compte du changement climatique, de ses impacts et des pressions qui pèsent sur la réserve. Ce scénario entre dans une stratégie cohérente avec le changement climatique, visant à préserver la nature du site et les activités socioéconomiques.

Les objectifs de ce scénario sont basés sur de **nouvelles pratiques pastorales** :

- Adapter la charge pastorale à la ressource. Préserver la race locale menacée (*Vaca negra*).
- Orientation du troupeau. Nécessité qu'un vacher soit présent en estive afin d'orienter les troupeaux sur des surfaces de pelouses moins dégradées ou moins exploitées par les troupeaux. Cette orientation permettra également que les troupeaux soient présents uniquement sur les pelouses et non dans la forêt.
- Maîtrise des troupeaux illégaux (Lavail et espagnols)
- Réduction du temps en estive
- Installation de clôtures mobiles (durant l'estive)
- Actions mécaniques des vachers sur les ligneux, sur les pelouses sommitales afin de limiter la fermeture du milieu et une trop forte concentration des troupeaux.
- Modifier les zones de parcours pour interdire la présence des troupeaux en forêt

Une **activité pastorale gérée et orientée** permettra de :

- Favoriser la régénération de la forêt et des sous strates arbustives et donc la biodiversité associée. Cela va favoriser sa capacité d'adaptation au changement climatique.
- Limiter la dégradation des pelouses sommitales de la réserve (limitation de l'érosion liée aux piétinements des bovins)
- Limiter l'érosion massive présente en aval dans la forêt
- Renforcer les services écosystémiques de régulation (qualité du sol, qualité de l'air, limitation du risque d'inondation et de coulées de boue)
- Éviter les risques de colmatage et d'asphyxie des milieux aquatiques et la dégradation de la ripisylve.
- Favoriser le bon état de la qualité fourragère et augmenter la quantité du bilan fourrager.
- Freiner la fermeture du milieu due à l'action mécanique des vachers.



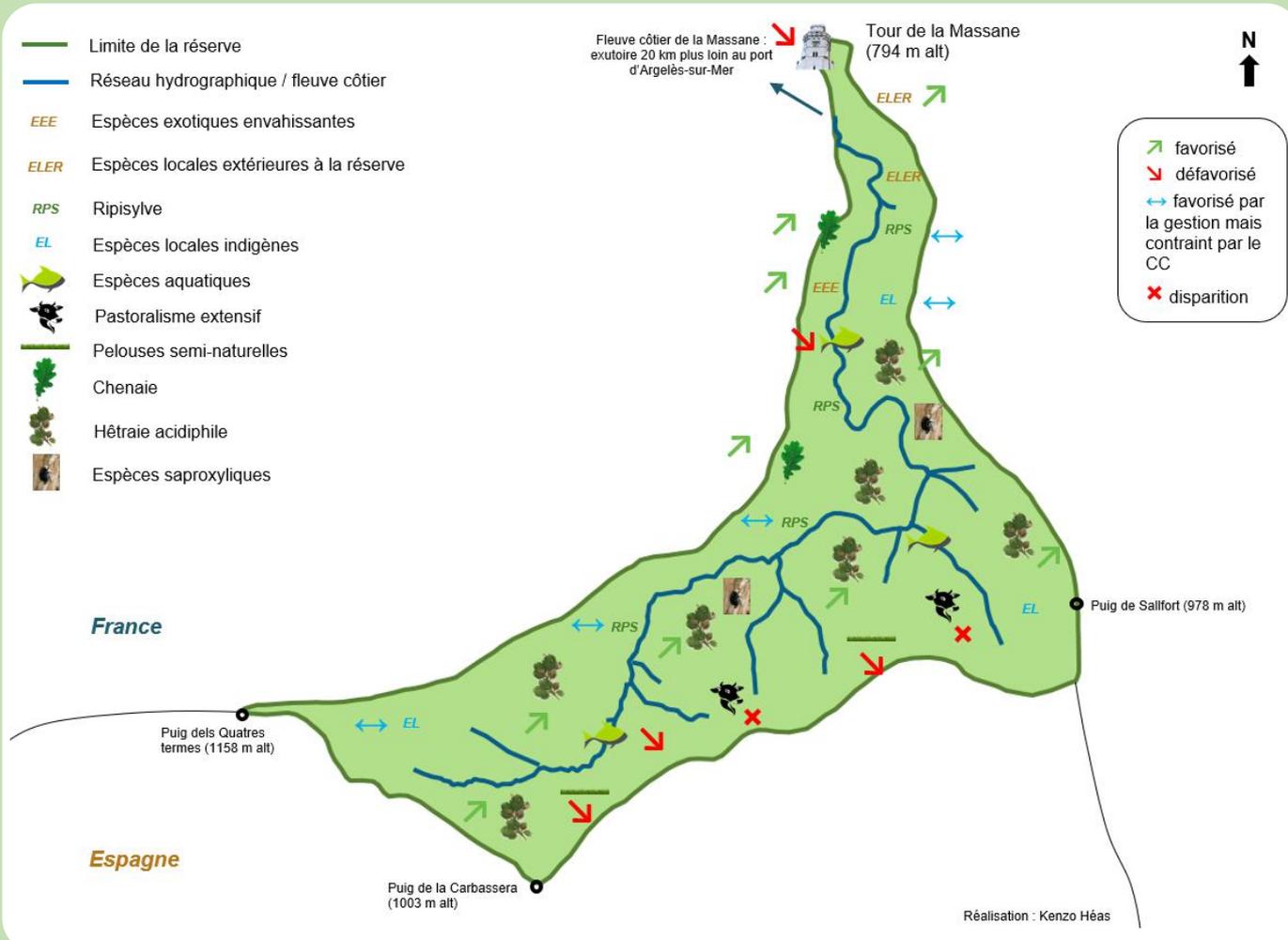
Troisième scénario : « Arrêt de l'activité pastorale : une gestion protectrice et non interventionniste »

Ce troisième scénario intègre le changement climatique et un changement drastique en termes d'activité socioéconomique sur la réserve.

L'objectif de ce scénario est de préserver la nature de la réserve, **en interdisant le pastoralisme extensif**.

Les répercussions de l'absence de l'activité pastorale sont les suivantes :

- Une gestion qui permet d'éviter de faire des erreurs (la moins interventionniste possible)
- La forêt aurait la possibilité de recoloniser les pelouses sommitales (étendre sa surface et donc plus d'amplitude dans sa réponse aux aléas climatiques). Cette possibilité augmenterait drastiquement la capacité d'adaptation de la forêt face au changement climatique.
- Gestion plus stricte concernant les troupeaux illégaux sur la réserve (amendes, etc.)
- Favorisation des services de régulation (la forêt comme outils d'épuration de l'air et de l'eau, limitation des inondations, limitations des coulées de boue, protection des populations en aval de la réserve)
- Continuité des efforts de recherche (hêtraie ancienne de la Massane comme témoin des dynamiques naturelles face au changement climatique).
- La réserve représente déjà un site témoin de changement climatique mais pourrait également devenir le témoin d'une recolonisation de la forêt ancienne sur des pelouses semi-naturelles (enjeux de recherche)
- Diminution de la pression sur la ripisylve déjà très vulnérable au changement climatique
- Maintien de la progression des espèces exotiques envahissantes grâce à une meilleure résilience de la forêt
- Possibilité naturelle accrue de la progression des espèces locales extérieures à la réserve dans la réserve



Comparaison des 3 scénarii de gestion

Enjeux de la réserve (objets)	Perspectives d'évolution		
	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Hêtraie acidiphile	↘	↔	↗
Ripisylve	↘	↔	↔
Chênaie	↗	↗	↗
Fleuve côtier (milieux aquatiques)	↘	↘	↘
Pelouses semi-naturelles	↘	↗	↘
Espèces saproxyliques	↔	↔	↗
Espèces locales indigènes	↘	↘	↔
Espèces aquatiques	↘	↘	↘
Espèces locales extérieures à la réserve	↗	↗	↗
Espèces exotiques envahissantes	↗	↗	↗
Pastoralisme extensif	↘	↗	×
Activités touristiques	↗	↗	↔
Moyens humains	↘	↔	↔
Etudes scientifiques	↗	↗	↗
Patrimoine culturel	↘	↘	↘

Scénario 1 : l'inadaptation risque de conduire à une perte d'habitats exceptionnels, intensification de l'érosion et des risques d'inondations, perte de biodiversité, diminution du bilan fourrager, etc.

Scénario 2 : prise en compte de changement climatique va favoriser la capacité d'adaptation de la hêtraie, préserver la biodiversité, préserver l'activité pastorale dans une logique durable, stabiliser, voire augmenter le bilan fourrager

Scénario 3 : la gestion protectrice et non interventionniste, en stoppant l'activité pastorale, laisse la pleine capacité de la forêt à s'adapter au changement climatique, à fournir les services écosystémiques qui protègent les populations. Pertes des pelouses sommitales et de la biodiversité associée (perte des habitats témoignant de l'évolution des espèces et des activités humaines).

Ces trois scénarii de gestion représentent différentes stratégies d'adaptation au changement climatique. Ils dévoilent des résultats et des réponses des enjeux (objets) de la réserve très variés et très contrastés. Ces grandes stratégies permettent d'orienter le gestionnaire et les acteurs du territoire dans leurs démarches d'adaptation.

Dans la partie suivante, des « **fiches actions** » composées d'objectifs et de mesures d'adaptation sont proposées. Ces fiches apportent des pistes d'adaptation qui permettent d'intégrer le changement climatique dans la gestion de la réserve.

Ces objectifs et **ces mesures d'adaptation ne sont pas d'ordre réglementaire**, c'est une « **boîte à outils** » et une invitation à agir face du changement climatique afin de préserver au mieux la réserve naturelle, la biodiversité, les services écosystémiques qui nous protègent et les activités socioéconomiques, dans une logique durable.

LEVIERS D' ACTIONS

Les fiches actions sont élaborées par thématique, elles sont complémentaires au plan de gestion de la réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane :

-  **Fiche actions transversales ou préparatoires**
-  **Fiche fleuve côtier – milieux aquatiques – eau**
-  **Fiche biodiversité**
-  **Fiche risques naturels**
-  **Fiche pastoralisme extensif**
-  **Fiche forêt**
-  **Fiche tourisme**
-  **Fiche gouvernance**
-  **Fiche communication**

Fiche actions transversales ou préparatoires

Objectif n°1 : Analyser le climat de la réserve

Une des premières étapes dans l'adaptation au changement climatique est de comprendre l'ampleur des changements. Pour cela, quatre étapes semblent nécessaires :

- Acquisition de données météorologiques
- Analyse climatique du climat passé récent
- Analyse des normales climatiques actuelles
- Analyse des projections climatiques futures

Dans le cadre du Projet LIFE Natur'Adapt, un récit climatique de la réserve a été produit.

Ce récit est une analyse des variables climatiques et hydrologiques de la réserve à partir des données de la station météorologique de la réserve, de la station hydrologique de Mas d'en Tourrens et des données de Météo France.

L'acquisition de données météorologiques (depuis dans 1960 pour les précipitations et depuis 1976 pour la température), *via* la station météorologique a sensiblement facilité cette étape. À partir des données provenant de la station météorologique de la réserve, une analyse du climat passé et présent a été produite. Concernant l'analyse des projections climatiques futures, nous avons utilisé le portail DRIAS de Météo France.

Le récit climatique de la réserve est présent en **annexe** de ce document.

Objectif à long terme : poursuivre les suivis et l'acquisition de données météorologiques

Mesure d'adaptation :

- Renouveler la station météorologique sur la réserve.
- Renforcer la robustesse des suivis météorologiques de la réserve (nouveaux matériels, passages réguliers du personnel de la réserve pour s'assurer du bon fonctionnement de la station et enregistrer les données, etc.).
- Poursuivre les suivis et l'acquisition de données météorologiques
- Récolter auprès de Météo France et des stations hydrologiques proches, les paramètres non suivis sur la réserve.

Fiche fleuve côtier de la Massane et milieux aquatiques

L'eau est une des ressources les plus importantes pour l'ensemble du vivant. Les milieux aquatiques, les espèces aquatiques mais également les activités humaines telles que le pastoralisme extensif sont dépendants de cette ressource et sa protection est essentielle. La gestion intégrée de la ressource en eau par bassin doit être vécue comme une gestion globale qui tient compte des besoins de la biodiversité et humains.

Objectif n°1 : Améliorer la connaissance des impacts du changement climatique sur les ressources en eau et suivi des mesures d'adaptation prises en fonction de la stratégie choisie

Mesures d'adaptation :

- Évaluer l'impact de la variabilité climatique sur les régimes d'étiage, sur la base des observations passées (exemple : diagnostic de vulnérabilité face au changement climatique)
- Cartographier la vulnérabilité des masses d'eaux souterraines de la réserve vis-à-vis du changement climatique
- Acquérir de nouvelles connaissances à l'échelle des grands bassins hydrographiques, notamment par une modélisation des hydrosystèmes intégrant les impacts du changement climatique
- Communiquer les connaissances acquises lors de réunion avec les acteurs du territoire
- Développer les partenariats avec les laboratoires de recherche et étoffer les thématiques de recherche : i) Réponses du réseau hydrographique de la Massane et des communautés aquatiques face au changement climatique. ii) Réponses des dynamiques morphosédimentaires du réseau hydrographique de la Massane sous l'effet de pressions cumulées (pastoralisme, changement climatique). iii) etc.

Objectif n°2 : Se doter d'outils de suivis des phénomènes de déséquilibres structurels, de la rareté de la ressource en eau, dans un contexte de changement climatique

Il est nécessaire d'augmenter la capacité de suivi de la ressource en eau à moyen et long terme afin d'anticiper les changements structurels induits par le changement climatique.

Quatre mesures répondent à cette nécessité :

- Mettre en œuvre un réseau de références piézométriques pour le suivi de l'impact du changement climatique sur les eaux souterraines, suivi du débit des sources.
- Installer des suivis de la température et des paramètres physico-chimiques (PH, conductivité électrique etc.) de l'eau. Ces indicateurs sont essentiels pour comprendre le fonctionnement des organismes aquatiques et leurs réponses au changement climatique.
- Optimiser les réseaux de suivis existants (hydrologique) pour renforcer notre capacité de vigilance et d'alerte sur l'état des milieux aquatiques et adapter les usages aux ressources disponibles (actualisation des données de la station hydrologique de Mas d'en Tourrens, à partir du site internet BanqueHydro).
- Améliorer la conduite pastorale et adapter la charge pastorale en fonction de la disponibilité en eau.

- Créer des zones d'abreuvements.

Objectif n°3 : Développer les économies d'eau et assurer une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau

Le bon état écologique des écosystèmes forestiers et des pelouses sommitales de la réserve permet un meilleur stockage de l'eau de pluie et un remplissage des nappes phréatiques plus efficace. [Les mesures liées à l'économie d'eau concernant le pastoralisme sont présentes dans la **fiche pastoralisme extensif**]

Comment faire pour améliorer le bon état écologique des écosystèmes forestiers et des pelouses sommitales ? Deux mesures répondent à cette question :

- Mettre en place une conduite du troupeau afin d'optimiser la gestion des troupeaux sur les pelouses sommitales et, ainsi, éviter d'amplifier les processus érosifs et de permettre aux pelouses, par infiltration, de services d'interface lors du remplissage des eaux souterraines. Rappelons que cette activité pastorale est située en tête du bassin versant et a donc des conséquences sur tout l'aval.
- Renforcer la protection des écosystèmes forestiers de la réserve pour assurer leur bon fonctionnement écologique et les services écosystémiques qu'ils fournissent (stockage de l'eau, stockage du carbone, interface de remplissage des eaux souterraines, limitation des inondations et des coulées de boue).

Objectif 4 : Soutenir et encourager la continuité écologique.

- Participer aux réunions avec les acteurs du territoire et avertir de l'importance de la continuité écologique (trame verte et bleue).
- Soutenir la re-naturalisation des berges en aval de la réserve.
- Sensibiliser les acteurs du territoire
Les berges du fleuve ainsi que la ripisylve (forêts riveraines) font partie intégrante du lit mineur. Cet espace est la zone d'épandage des crues, c'est-à-dire que naturellement lors d'un épisode de crue, le cours d'eau est susceptible d'occuper cet espace. Cet espace de « liberté » du cours d'eau doit être considéré comme une zone tampon protectrice pour l'urbanisation et les populations. Certains ouvrages tels que les canalisations et la rectification des berges, déconnectent le fleuve de sa nappe phréatique. En plus de détruire la biodiversité de ces espaces, ces ouvrages, couplés à une imperméabilisation liée à l'urbanisation, augmentent drastiquement les risques d'inondation. De plus, la déconnexion du fleuve à sa nappe, ne permet plus la recharge phréatique, pourtant essentielle dans ce contexte de changement climatique où les besoins en eau augmentent et la ressource diminue.
- Inciter et soutenir des programmes de renaturation et d'amélioration de la continuité écologique sur la Massane. Soutenir la suppression des seuils, pour favoriser la biodiversité (faciliter la remontée des espèces migratrices vers la réserve, migration amont-aval des invertébrés, etc.).

Objectif n°5 : Limiter la dégradation des milieux aquatiques et favoriser la capacité de résilience du fleuve côtier de la Massane. Limiter l'érosion des sols et favoriser ainsi l'infiltration des eaux pluviales afin de recharger les nappes phréatiques et ainsi de stocker l'eau pendant l'année et d'alimenter le fleuve côtier

pendant les débits d'étiage. Limiter les pollutions (déjections) estivales en débit d'étiage. Limiter l'érosion des berges.

- Améliorer les pratiques pastorales.
- Limiter la présence des troupeaux dans la forêt.
- Limiter les pressions sur les milieux aquatiques afin de maintenir les services écosystémiques qu'ils fournissent (rôle épurateur, stabilisateur de berge, écrêtement des crues etc.).
- Maintenir le suivi de la ripisylve et de l'impact du pastoralisme sur cette dernière.

Fiche biodiversité

Les actions proposées ont pour objectif de conserver ou de restaurer des potentialités qui permettront à la nature de s'adapter ; en diminuant les pressions humaines sur les espèces et les milieux, là où cela s'avère nécessaire, et en favorisant localement la diversité et les continuités écologiques.

Objectif n°1 : Améliorer la connaissance, soutenir la recherche et renforcer les outils de suivi existants, pour étudier les effets du changement climatique sur la biodiversité

- Valoriser la recherche sur la biodiversité et le changement climatique (conférences, présentations, etc.).
- Étudier les conséquences actuelles et futurs possibles des changements climatiques sur la biodiversité en poursuivant et valorisant les démarches déjà initiées dans les réseaux d'espaces protégés.
- Disposer d'indicateurs robustes et régulièrement mis à jour, des effets du changement climatique sur la biodiversité, notamment en se rapprochant des démarches nationales et régionales telles que sentinelles du climat.
- Améliorer la collaboration entre gestionnaires et chercheurs pour étudier l'impact du changement climatique sur la biodiversité.

Objectif n°2 : Maintenir les inventaires d'espèces

Ces inventaires permettent d'améliorer la connaissance sur les écosystèmes de la réserve. Ils peuvent également offrir un repère écologique sur l'état des écosystèmes et servir de témoins de l'impact du changement climatique sur les espèces.

- Trouver les spécialistes pour déterminer les espèces des nombreuses familles.
- Poursuivre les inventaires sur les autres groupes méconnus ou partiellement étudiés (champignons, psoques, bactéries, etc.)
- Poursuivre le lien avec les réseaux d'inventaires (Inventaire Général de la Biodiversité, *All Taxa Biodiversity Inventory*) à l'échelle nationale et internationale.
- Maintenir l'objectif initial de connaissance : de quoi est constitué cet écosystème forestier
- Comblent les lacunes (Hyménoptères, Nématodes, Champignons, Bactéries, Psoques, etc.)

Objectif n°3 : Promouvoir une gestion intégrée des territoires prenant en compte les effets du changement climatique sur la biodiversité.

La gestion intégrée d'un territoire, prenant en compte les effets du changement climatique sur la biodiversité, doit préserver ou restaurer l'essentiel des potentialités qui permettront à la nature de s'adapter. Cela implique notamment d'assurer, par une gestion durable des ressources, la continuité des services rendus par les écosystèmes face au changement climatique, de favoriser la diversité, la qualité et la fonctionnalité des milieux naturels, de sauvegarder des populations viables, du plus grand nombre d'espèces.

- Accompagner l'évolution de l'activité pastorale vers une logique durable et orientée.
- Adapter la charge pastorale au maintien d'un bon état écologique des pelouses et de la biodiversité associée.

Fiche risques naturels

Objectif n°1 : Développer la connaissance (aléas, enjeux, méthodes) dans les différentes zones sensibles

- Consolider la connaissance des risques d'inondations et des coulées de boue et évaluer les impacts du changement climatique à l'échelle du bassin versant (des zones de crêtes de la réserve jusqu'au Port d'Argelès-sur-Mer).
- Développer des outils d'analyse des processus d'érosion sur les pelouses sommitales.
- Développer des outils d'analyse des processus d'érosion dans la forêt.
- Développer des systèmes de suivis de la turbidité de l'eau et de la charge sédimentaire dans le fleuve côtier.

Objectif n°2 : Développer l'observation et prévoir la mise à disposition des données

- Consolider la cartographie des zones potentiellement sensibles aux incendies de forêt à moyen terme.
- Réaliser la cartographie des zones exposées à de fortes érosions afin d'engager une démarche de suivi à long terme.
- Réfléchir sur le suivi à long terme de l'évolution des aléas crues et inondations.

Objectif n°3 : Réduire la vulnérabilité, améliorer la résilience et l'adaptation au changement climatique

- Développer un outil méthodologique pour évaluer la résilience du territoire face aux aléas naturels.
- Limiter les impacts des activités socio-économiques (voir Fiche Pastoralisme extensif) qui renforcent le risque d'inondations et de coulées de boue en aval de la réserve.

Objectif n°4 : Partager la connaissance autour des risques naturels

- Sensibiliser les acteurs du territoire sur les risques et sur le rôle d'une forêt, en libre évolution, contre les inondations.
- Intégration des données dans les Plans de Préventions des Risques Incendies et Inondations.

Fiche pastoralisme extensif

Objectif n°1 : Améliorer la gestion de la ressource fourragère et réduire l'impact de l'activité pastorale sur les pelouses

- Aller vers **une orientation** progressive des troupeaux. En dirigeant les bovins sur les espaces moins dégradés ou moins exploités par les troupeaux, la croissance des pelouses favorisera la ressource fourragère et le bilan fourrager.
- Étudier la faisabilité de mettre un vacher, employé par la commune (**emploi saisonnier de vacher**). La personne serait en charge de maintenir le troupeau sur les pelouses sommitales, de l'éloigner de la forêt et d'éloigner les troupeaux illégaux de la réserve.
- **Diminuer le nombre de bêtes** afin d'adapter la charge pastorale à la ressource fourragère et de limiter les pressions sur la réserve.
- Accroître les missions de polices : sanctionner la présence de troupeaux illégaux.
- **Modifier des zones de parcours** pour éviter le parcours des troupeaux en forêt.
- **Interdire le pâturage en forêt.**
- Envisager de **réduire le temps** des troupeaux en estive. La pression du changement climatique (sécheresses estivales intenses et diminution des précipitations), a tendance à perturber le cycle phénologique des pelouses sommitales, en limitant sa croissance (en période estivale). Les pelouses nécessitent une période plus longue pour se régénérer. Le broutage des troupeaux sur une trop longue durée diminue la valeur fourragère des pelouses. Le piétinement des troupeaux pendant une période trop longue. Cela dégrade leur bon état écologique et favorise une érosion massive sur les zones des crêtes et en forêt.
- Envisager que la **commune soit propriétaire du troupeau** présent sur la réserve. Ce troupeau pourrait maintenir les pelouses sommitales de la réserve en estive et pourrait être utilisé sur d'autres espaces communaux hors période d'estive.

Objectif n°2 : Prendre en compte l'impact du changement climatique dans la gestion de l'activité pastorale

- Faire évoluer les pratiques pastorales de l'éleveur actuel.
- Renforcer les missions de police pour les activités illégales.
- Étudier la faisabilité d'une gestion pastorale avec l'appui de la commune.
- Maintien de l'activité pastorale avec l'exploitant actuel avec aide de la commune pour la conduite du troupeau *via* la mise à disposition d'un vacher.
- Reprise totale de l'activité pastorale par la commune qui posséderait son propre troupeau.

Objectif n°3 : Pérenniser un héritage pastoral culturel

- Disposer de troupeaux exclusivement composés de la **race locale menacée** et ancestrale *Vaca negra* (la massanaise), bien adaptée au climat sec méditerranéen du massif des Albères.

Objectif n°4 : Gérer les ressources naturelles de manière durable

- Préserver les ressources génétiques pour permettre de s'adapter demain (race locale).
- Promouvoir une activité pastorale la plus efficiente en réduisant le nombre de bêtes ou le temps en estives.

- Optimiser le stockage de l'eau. Mettre en place des lieux d'abreuvement, en stockant l'eau de pluie afin de l'imiter l'érosion due aux piétinements (au niveau de la source et sur les espaces dégradés). Cela permettra également de limiter la présence des troupeaux dans la ripisylve (ce qui favoriserait la capacité de régénération de la forêt et donc sa capacité d'adaptation au changement climatique).

Objectif n°5 : Adapter les systèmes de surveillance et d'alerte aux nouveaux risques sanitaires

Afin de comprendre et de suivre les impacts du changement climatique, il est nécessaire de pouvoir anticiper les menaces émergentes. Les systèmes d'alerte et de surveillance devront être conçus comme des outils flexibles et rapidement adaptables aux situations nouvelles.

Cette action comporte quatre mesures :

- Renforcer l'expertise sur les vecteurs de risques sanitaires.
- Renforcer l'étude des interactions entre le changement climatique (ou global, intégrant les pressions anthropiques, les pollutions atmosphériques, etc.) et la santé des troupeaux (maladies, parasites, pathogènes, etc.).
- Mettre en place des dispositifs de surveillance des maladies animales (sur les troupeaux).
- Mettre en place des dispositifs de surveillance des maladies végétales (sur les pelouses sommitales).

Fiche forêt

La forêt de la Massane et plus particulièrement la hêtraie acidiphile est très vulnérable au changement climatique. En effet, l'intensification des sécheresses estivales, les épisodes de gel tardif et les pressions anthropiques (pastoralisme extensif et activités touristiques) fragilisent considérablement sa capacité d'adaptation au changement climatique.

Objectif n°1 : Poursuivre et intensifier la recherche sur l'adaptation des forêts au changement climatique

La diversité des sujets à aborder et des financements à mobiliser demande de coordonner les efforts de recherche afin de favoriser la préservation de la biodiversité forestière et la capacité d'adaptation de la forêt au changement climatique

Cette action comporte six mesures :

- Mobiliser des moyens afin de financer une recherche sur les thématiques prioritaires (changement climatique, pollutions atmosphériques, érosions, etc.)
- Maintenir les coopérations actuelles (O OB, ISEM, INRA, CEFE, UPVD, UVED, CNRS, MNHN, etc.)
- Favoriser la collaboration avec les universités et les laboratoires de recherche spécialisés sur la réponse de l'ensemble des composantes de la forêt aux changements climatiques (espèces, habitats, fonctionnalités, génétiques, etc.)
- Mobiliser et inciter les spécialistes et experts à intégrer le changement climatique dans leurs travaux (génétique, écophysiologie, etc.)
- Rechercher d'autres coopérations (publiques, privées, etc.) et maintenir l'intégration dans les réseaux (Medforval, etc.).
- Initier et faciliter les recherches en lien avec la conservation de la nature (transposons, cartographie lidar, forêt connectée, utilisation de drone, etc.).

Objectif n°2 : Collecter les données écologiques, promouvoir et organiser leurs disponibilités, assurer le suivi des impacts sur les écosystèmes, pour permettre à l'observatoire présent dans la réserve intégrale de fournir un témoin écologique des impacts du changement climatique.

Cette approche permettra à la réserve mais également à toutes les autres réserves naturelles, d'observer la réponse « naturelle » d'un écosystème forestier sous l'effet du changement climatique.

Cet objectif donne lieu à cinq mesures :

- Poursuivre le suivi de la cartographie exhaustive de 50000 arbres au sein de la réserve intégrale et de la ripisylve.
- Moderniser et optimiser la collecte et le stockage de données. Développer des outils de géomatique permettant d'améliorer la collecte et le traitement des données (spatialisation de la cartographie).
- Cartographier les peuplements forestiers de la réserve (témoins des réponses différenciées au changement climatique en fonction de l'exposition, des essences, de la proximité au fleuve côtier, etc.).

- Valoriser le monitoring forestier pour le suivi de la réponse des écosystèmes au changement climatique.
- Poursuivre les indicateurs de l'état écologique des milieux forestiers (oiseaux, espèces saproxyliques, espèces patrimoniales, etc.) pour suivre leurs comportements effectifs vis-à-vis du changement climatique.
- Poursuivre les efforts d'homogénéisation des données avec les autres réserves naturelles de la fédération des réserves naturelles catalanes.
- Mise en œuvre de protocoles de suivi communs à l'échelle fédérale de la biodiversité face aux changements climatiques.
- Veille technologique sur les différents outils (cartographiques, SIG, bases de données, portail de partage de données, etc.).

Objectif n°3 : Poursuivre et intégrer les programmes communs

- Participer aux protocoles (STOC, SHOC, STELI, PSDRF, etc.) d'évaluation développés à l'échelle nationale ou internationale. Le caractère ancien de la forêt et sa libre évolution permettent d'offrir un témoin et un repère du développement « naturel » d'une forêt.

Objectif n°4 : Favoriser la capacité d'adaptation des peuplements forestiers au changement climatique

La gestion de la réserve doit favoriser l'adaptation des peuplements afin de conserver le maximum des potentialités des forêts et garantir les services écosystémiques qui y sont associés et qui protègent la biodiversité et les populations en aval de la réserve (Lavail et Argelès-sur-Mer).

- Établir un diagnostic de vulnérabilité de la réserve face au changement climatique afin d'orienter les méthodes de gestions et les suivis scientifiques. Établir une réévaluation de ce diagnostic de vulnérabilité sur la période du plan de gestion en vigueur, afin d'observer l'évolution de la vulnérabilité (tous les 5 ans).
- Poursuivre la libre évolution de la forêt pour conserver au mieux ses ressources génétiques forestières intrinsèques. Les ressources génétiques forestières constituent le potentiel de la forêt de demain. Une diversité génétique importante est synonyme d'une plus grande résilience aux aléas climatiques.
- Sensibiliser la commune d'Argelès-sur-Mer, la communauté de communes et les usagers de l'importance de la forêt de la Massane dans l'atténuation (filtration de l'air et de l'eau aux pollutions atmosphériques, captation de carbone et rafraîchissement de l'air) du changement climatique et son importance dans la réduction des risques (limitation des risques d'inondations, de coulées de boue, etc.).

Objectif n°5 : Préserver la biodiversité et les services écosystémiques rendus par la forêt face aux risques naturels

Plusieurs mesures répondent à cet objectif :

- Réaliser une analyse des services écosystémiques rendus par la forêt.
- Valoriser cette analyse des services écosystémiques auprès des acteurs locaux et du grand public.
- Réaliser des études scientifiques sur ces services rendus par la forêt (économiques : coûts des dommages en aval sur l'urbanisation, environnementale : coûts en termes captation de carbone, etc.).

- Contenir l'activité pastorale de façon à préserver les fonctionnalités de la forêt pour lui permettre d'assurer ces services.

Objectif n°7 : Anticiper et atténuer les évènements climatiques extrêmes

Une des conséquences du changement climatique est l'occurrence d'évènements météorologiques violents plus fréquents, plus intenses ou étendus. De tels évènements créent des situations exceptionnelles qui exigent donc d'adopter des modes de gestion dérogeant aux pratiques usuelles.

Cette action comprend deux mesures :

- Laisser la forêt en libre évolution pour favoriser le bon état écologique de la forêt avec la représentation de l'ensemble des étapes du cycle sylvigénétique et les strates forestières (arborescente, arbustive et herbacée) afin de favoriser la résilience aux évènements climatiques extrêmes.
- Discuter et définir avec les acteurs du territoire un plan de gestion de crise.

Fiche tourisme

Le changement climatique devrait influencer les activités touristiques sur la réserve. Le nombre de touristes sur la réserve augmente chaque année. Le changement climatique risque d'influencer les touristes à s'éloigner du littoral de plus en plus chaud, pour aller chercher la fraîcheur des écosystèmes forestiers. Cette surfréquentation peut déranger la faune et dégrader la flore.

Objectif 1 : Non Valorisation de la réserve

- Favoriser la non valorisation de la réserve auprès des offices de tourisme ou autres, afin d'éviter d'accentuer les pressions sur le milieu.
- Poursuivre l'évitement de la traversée de la réserve par les touristes. Orientation des touristes sur les zones déjà très fréquentées (la tour de la Massane et le GR10).
- Contenir l'érosion due à la surfréquentation (sentiers, etc.). Interdire les véhicules à assistance (vélos électriques, etc.), afin de limiter la dégradation des pelouses sommitales.
- Éviter toutes manifestations sportives ou touristiques de masse.

Objectif n°2 : Sensibilisation du public autour des enjeux principaux de la réserve sous le prisme du changement climatique

- Afficher des panneaux explicatifs sur la commune. Ces panneaux permettront de renseigner de la vulnérabilité de la réserve face au changement climatique et de son importance pour les populations, au travers des services écosystémiques qu'elle rend.
- Discuter avec les usagers et le grand public, et inviter à la bienveillance du site, compte tenu de patrimoine naturel exceptionnel et des pressions que le changement climatique renforce.

Objectif n°3 : Régulation du tourisme mycologique

Sur la réserve, la cueillette des champignons est interdite. Cependant il existe une tolérance pour les cueillettes dites « familiales », sans commercialisation. L'intensification de cette pratique conduit à la perte des ressources alimentaires pour les espèces mycophages (qui se nourrissent de champignons) et peut perturber le fonctionnement mycorhizien. En cela une régulation est essentielle.

- Instaurer un fonctionnement de cartes de prélèvement / inscriptions (payantes), que les utilisateurs doivent se procurer auprès de la réserve ou de la commune.
- Limiter la cueillette à 3kg par jour et par personne.

Objectif n°4 : Interdire la fréquentation dans la réserve intégrale

La réserve de la Massane représente actuellement un témoin de l'évolution naturelle d'une hêtraie de basse altitude. Une réserve dite « intégrale » de 11 hectares a été créée et clôturée, afin de laisser la forêt en libre évolution et de servir de référence pour le monde scientifique.

- Permettre à cet espace, d'acquérir le statut de protection officiel de « réserve naturelle intégrale ».
- Instaurer une superficie de 100 hectares de la hêtraie sous le Pic de Sallfort, sous le statut de « réserve naturelle intégrale », afin d'interdire la fréquentation sur cet espace et limiter sa dégradation. Ces mêmes 100 hectares de forêt ont déjà été proposés au patrimoine mondial de l'UNESCO. Le statut de « réserve naturelle intégrale » lui permettrait d'accéder à ce titre. Cette partie de la forêt est actuellement hors sentier, ce nouveau statut n'affecterait donc pas l'activité touristique de randonnée de façon négative.

Fiche gouvernance

La démarche d'adaptation d'un territoire est efficace et constructive lorsqu'elle se produit avec l'aide de l'ensemble des acteurs locaux. L'évolution du système ne pourra se faire que de manière globale (PNACC1, PNACC 2, Accord sur le Climat, SRB, etc.). Le principal enjeu retenu est donc tout d'abord de partager la connaissance relative à l'adaptation dans le système et l'intérêt pour chacun des acteurs à s'adapter.

Objectif 1 : Soutenir l'élaboration de stratégies territoriales d'adaptation au changement climatique

Cet objectif comprend deux mesures :

- Participer aux démarches territoriales pour une meilleure prise en compte des espaces protégés dans les démarches liées à l'adaptation.
- Soutenir les politiques publiques environnementales dans le cadre de l'adaptation au changement climatique.

Fiche communication

Objectif 1 : Améliorer la prise en compte du changement climatique par le grand public et les acteurs du territoire.

Établir un plan de communication permettra d'organiser efficacement la diffusion des messages communicationnels aux différents publics (acteurs locaux, grand public, partenaires, collègues, etc.).

Pourquoi établir un plan de communication ?

- 1) **Définir des objectifs et des cibles.** Réaliser un plan de communication permet de faire le point sur les travaux réalisés et sur la manière de les communiquer en fonction du contexte (socioéconomiques, politiques, etc.). Cette étape est primordiale pour prioriser ses actions de communication. Les objectifs sont souvent multiples et varient en fonction du résultat attendu.
- 2) **Définir des outils de mesure** qui permettront d'avoir des retours concrets sur les actions qui ont été menées (exemple : compteur de fréquentation, questionnaires aux usagers sur internet, questionnaires pour les participants aux présentations etc.). Cela permettra de mesurer la performance des actions de communication et savoir quelles actions réitérer à l'avenir.
- 3) **Communiquer de manière cohérente et efficace.** Une réflexion globale permet de former une ligne directrice qui guidera toutes les actions dans un cadre cohérent.
Chaque communication / valorisation de travaux, pourrait répondre à plusieurs questions directrices : 1) Par qui est réalisé ce travail ? 2) A communiquer à qui ? 3) Pourquoi ce travail est réalisé ? 4) Quels sont les objectifs de ce travail ? 5) Quelles sont les échéances temporelles de ce travail ? etc.
- 4) **Maîtriser les coûts.** Le fait de réaliser un plan de communication permet d'anticiper toutes les actions à mener et ainsi faire baisser les frais de créations graphiques, impressions... en passant des commandes groupées pour obtenir des tarifs plus avantageux qu'au « coup par coup ».
- 5) **Planifier les actions de communication.** Cela permettra de ne pas repousser ou précipiter les communications. Le planning permet de gagner en sérénité et en efficacité.

Objectif n°2 : Communiquer, sensibiliser et encourager le partage d'expériences sur la prise en compte du changement climatique dans les stratégies d'adaptation territoriale

Dans le cadre d'une démarche d'adaptation territoriale, il est nécessaire d'assurer la cohérence des démarches. En effet, il ne faudrait pas que des démarches territorialement voisines entrent en conflit dans la gestion d'une ressource (ex : eau) ou l'utilisation de l'espace (ex : tourisme, zones de pâturage, etc.).

Quatre mesures composent cet objectif :

- Diffuser le diagnostic de vulnérabilité et le plan d'adaptation à l'ensemble des acteurs du territoire.
- Partager le récit climatique du territoire afin que les acteurs du territoire soient conscients des évolutions climatiques passées et futures.
- Présenter les différentes stratégies d'adaptation et mesures d'adaptation.
- Présenter aux acteurs (commune, collectivité de commune, éleveurs, etc.) les possibilités d'adaptation au changement climatique.

Objectif 3 : Communiquer auprès du grand public

- Partager le plan d'adaptation au changement climatique de la réserve sur le site internet de la réserve et sur le site de la fédération des réserves naturelles catalanes.

- Partager les liens du Plan d'adaptation sur les réseaux sociaux (*FaceBook, LinkedIn, etc.*).
- Partager les productions réalisées dans le cadre du Projet LIFE Natur'Adapt.
- Élaborer des panneaux explicatifs sur la réserve :
 - Sur les impacts du changement climatique sur la réserve.
 - Sur les risques liés au changement climatique.
 - Sur les services écosystémiques que fournit la réserve et l'importance d'une gestion en libre évolution de la forêt.

GLOSSAIRE

Adaptation au changement climatique

Ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques. Sources : GIEC

Aire de répartition

Zone géographique où une espèce est présente. Cette aire est limitée au sein d'une aire maximale de répartition qui correspond aux conditions environnementales nécessaires à la vie et au développement de l'espèce. En dehors de cette aire, les conditions sont défavorables à l'espèce.

Anthracologie

Discipline de l'archéobotanique qui repose sur l'étude des bois carbonisés (charbon de bois) mis au jour en contexte archéologique (sols, foyers, structures de maisons brûlées, etc.).

Approche systémique

Champ interdisciplinaire relatif à l'étude d'objets dans leur complexité. Pour tenter d'appréhender cet objet d'étude dans son environnement, dans son fonctionnement, dans ses mécanismes, dans ce qui n'apparaît pas en faisant la somme de ses parties, cette démarche vise par exemple à identifier :

- la « finalité » du système
- les niveaux d'organisation ;
- les états stables possibles ;
- les échanges entre les parties ;
- les facteurs d'équilibre et de déséquilibre ;
- les boucles logiques et leur dynamique, etc.

Bassin versant

Territoire qui draine l'ensemble de ses eaux vers un exutoire commun, cours d'eau ou mer. Le bassin versant est limité par des frontières naturelles : les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux. De part et d'autre de ces lignes, les eaux des précipitations et des sources, ainsi que tous les éléments dissous ou en suspension (sédiments, pollution...), s'écoulent vers des exutoires séparés. Le bassin versant constitue le territoire pertinent pour traiter les causes en amont d'un problème lié aux eaux de surfaces : déficit d'eau, pollution, risques, etc.

Bilan fourrager

Calcul permettant aux éleveurs de s'assurer que les stocks de fourrage permettront de couvrir le besoin des animaux.

Biodiversité

Diversité des organismes vivants, qui s'apprécie en considérant la diversité des espèces, celle des gènes au sein de chaque espèce, ainsi que l'organisation et la répartition des écosystèmes.

https://www.legifrance.gouv.fr/jo_pdf.do?id=JORFTEXT000020506972

Capacité d'adaptation

Degré d'ajustement d'un système à des changements climatiques (y compris la variabilité climatique et les extrêmes) afin d'atténuer les dommages potentiels, de tirer parti des opportunités ou de faire face aux conséquences.

Changement climatique

Variation du climat due à des facteurs naturels ou humains. Source :

https://www.legifrance.gouv.fr/jo_pdf.do?id=JORFTEXT000020506972

GIEC

Groupe d'Experts Intergouvernemental sur le Climat.

PCAET

Plan Climat Air Energie Territorial.

PNACC

Plan national d'adaptation au changement climatique. Le deuxième PNACC couvre la période 2018-2022.

Projections climatiques

Simulation climatique visant à estimer la réponse du système climatique à divers scénarios de forçages externes (émission de gaz à effet de serre, aérosols, etc...) Source : <https://www.climat-en-questions.fr/definition-glossaire-general/projection-climatique>

Résilience

Il s'agit de la capacité d'un écosystème à résister et à survivre à des altérations ou à des perturbations affectant sa structure ou son fonctionnement, et à trouver, à terme, un nouvel équilibre. Source : avis relatif au vocabulaire de l'environnement, JO du 12 avril 2009.

RNN

Réserve Naturelle Nationale.

SCAE

Schéma de Cohérence Air Energie.

Schéma systémique

Représentation schématique d'une approche systémique (interaction entre les composantes d'un système, boucles de rétroaction, etc.).

SDAGE

Schéma Directeur d'Aménagement et de la Gestion de l'Eau.

Sensibilité

Facilité avec laquelle les valeurs d'un site peuvent être irrémédiablement endommagées. Un site sensible est un site dont les caractéristiques et les attributs peuvent être facilement modifiés par un grand nombre de facteurs.

Services écosystémiques

Les services écosystémiques sont les multiples avantages que la nature apporte à la société. Les services écosystémiques rendent la vie humaine possible, par exemple en fournissant des aliments nutritifs et de l'eau propre, en régulant les maladies et le climat, en régulant l'érosion et les inondations, en contribuant à la pollinisation des cultures et à la formation des sols et en fournissant des avantages récréatifs, culturels et spirituels. <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/fr/>

Socio-écosystème

Territoire composé d'un système écologique, d'un système économique, d'un système politique, et enfin d'un système socio-anthropologique. Les systèmes écologiques ce sont les écosystèmes, qui sont composés de la flore, de la faune, des microorganismes, et du support physicochimique – du biotope – qui constitue le cadre de vie de l'ensemble de ces organismes. Le système économique gérant les biens et services, le système politique gérant les relations de pouvoir et décisionnel, et le système socio-anthropologique, représentant à la fois les valeurs, les représentations et les technologies. https://www.su-ite.eu/wp-content/uploads/2018/06/Couvet_socio%C3%A9cosyst%C3%A8me.pdf

SRB

Stratégie Régionale pour la Biodiversité.

SRCAE

Schéma Régionale Climat Air Energie.

SWICCA

Service for Water Indicators in Climate Change Adaptation. Traduction : Services des indicateurs de l'eau dans l'adaptation au changement climatique.

Vulnérabilité

Revoit à la sensibilité d'un site à des changements de conditions spécifiques. Par exemple, un site peut être vulnérable face aux inondations, mais pas face au surpâturage. Le terme renvoie également à des caractéristiques ou attributs spécifiques qui peuvent être vulnérables ou rendre les sites vulnérables, contrairement à d'autres attributs qui pour leur part résistent aux menaces.



Projet LIFE Natur'Adapt

Annexes

INTRODUCTION

Composition des annexes :

- Un rappel des connaissances sur le climat passé de la réserve ainsi que les projections climatiques futures.
- La méthodologie du diagnostic de vulnérabilité de la réserve.
- Un schéma systémique.
- Les impacts du changement climatique sur les « objets » de la réserve.

ANALYSE CLIMATIQUE

Cette synthèse a pour objectif de faire un état des connaissances disponibles du changement climatique et de ses conséquences sur la réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane. Ces connaissances, bien qu'elles puissent être encore complétées, nous montrent que les connaissances actuelles sur le changement climatique et ses conséquences sont suffisantes pour passer à l'action.

Les données de ce récit climatique proviennent de la station météorologique de la réserve, de la station hydrologique de Mas d'en Tourrens (BanqueHydro), de MétéoFrance et de SWICCA*. L'ensemble des graphiques présents dans ce document ont été réalisés par Kenzo Héas, chargé de missions du projet LIFE Natur'Adapt.

Le climat actuel de la réserve et ses alentours

Les températures

Les données du climat actuel de la réserve proviennent de la station météorologique de la réserve. La réserve est soumise à un climat méditerranéen caractérisé par des étés chauds et secs ainsi que des hivers doux et humides.

Au sens de Köppen, le climat est dit méditerranéen si la sécheresse est estivale, les précipitations sont inférieures à 40 mm durant le mois le plus sec et si les précipitations durant le mois le plus sec en été sont inférieures au tiers du mois hivernal le plus arrosé. La température du mois le plus froid doit être comprise entre -3 °C et 5°C.

D'après la **station météorologique de la réserve**, sur l'ensemble de la période **1976-2018**, la température moyenne annuelle mensuelle est de **11,8°C**. La température maximale moyenne est de **14.82°C** et la température minimale moyenne est de **10.68°C**. La température moyenne maximale mensuelle enregistrée est **31,2°C en juillet 2003** (importante canicule). La température minimale moyenne mensuelle enregistrée est de **1,2°C en Janvier 1980**.

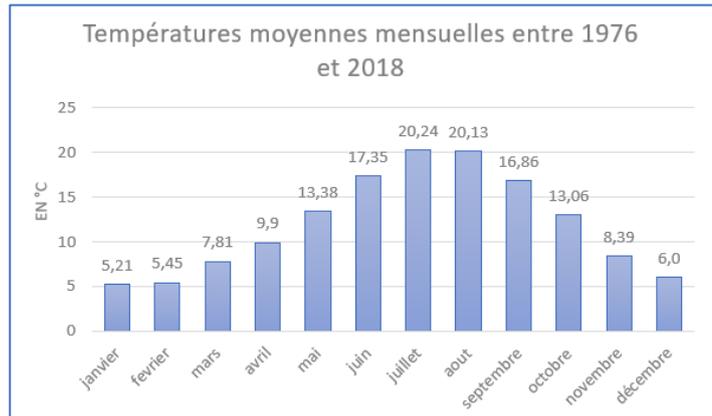


Figure 1 Températures moyennes mensuelles entre 1976 et 2018

Depuis 1976, les températures saisonnières moyennes ont toutes augmenté de façon significative. Entre 1976 et 2018, c'est en automne que les températures ont le plus évolué, avec **+2.87°C**. L'été, le printemps et l'hiver montrent une augmentation respective également importante de **+2.77°C**, **+2.64°C** et **+2.07°C**.

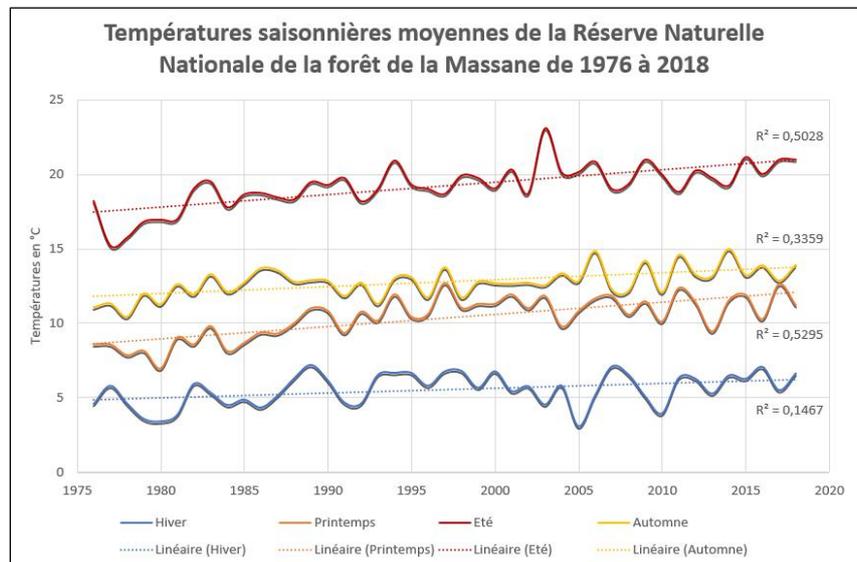


Figure 2 Températures saisonnières moyennes entre 1976 et 2018

Les précipitations

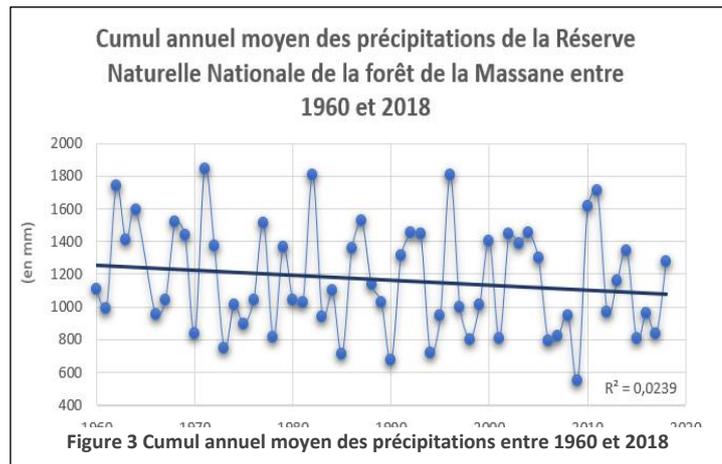
Les précipitations sur la réserve sont soumises à deux influences principales. La première est méditerranéenne et la seconde est liée au contexte orographique altitudinal. Entre 1961 et 2018 les précipitations annuelles moyennes sont **1143 mm /an**. Les précipitations les plus importantes sont en automne. À partir du mois de mai les précipitations s'atténuent considérablement. La sécheresse estivale est très marquée sur la réserve en effet. En cumulant les trois mois d'été il pleut moins que le seul mois d'octobre.

Précipitations mensuelles moyennes (mm) 1960-2018	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Ju	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
	98.94	92.16	105.25	104.40	106.28	66.16	31.94	48.41	94.67	158.24	145.35	115.01

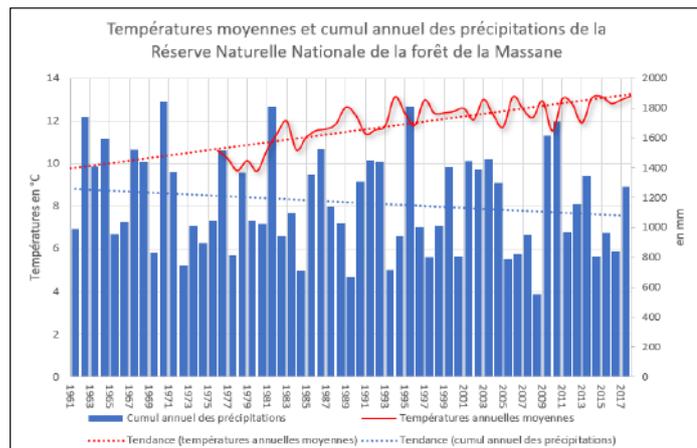
L'évolution des précipitations sur la réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane, est moins marquée que l'évolution des températures mais tout de même significative.

En effet, la très grande variabilité interannuelle du cumul des précipitations rend l'évolution moins lisible.

Cependant, avec la droite de régression linéaire calculée sur le cumul des précipitations saisonnières entre 1960 et 2018, la tendance est à la diminution.



À partir des données provenant de la station météorologique de la réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane, nous pouvons observer les tendances générales de l'évolution des précipitations et des températures. Malgré la grande variabilité interannuelle des températures et des précipitations, de grandes tendances apparaissent. Sur la période **1961 à 2018**, les **précipitations annuelles ont baissé de plus de 150 mm**. Sur la période **1976 et 2018** les **températures ont augmenté de plus de 1,5°C**.



Le vent

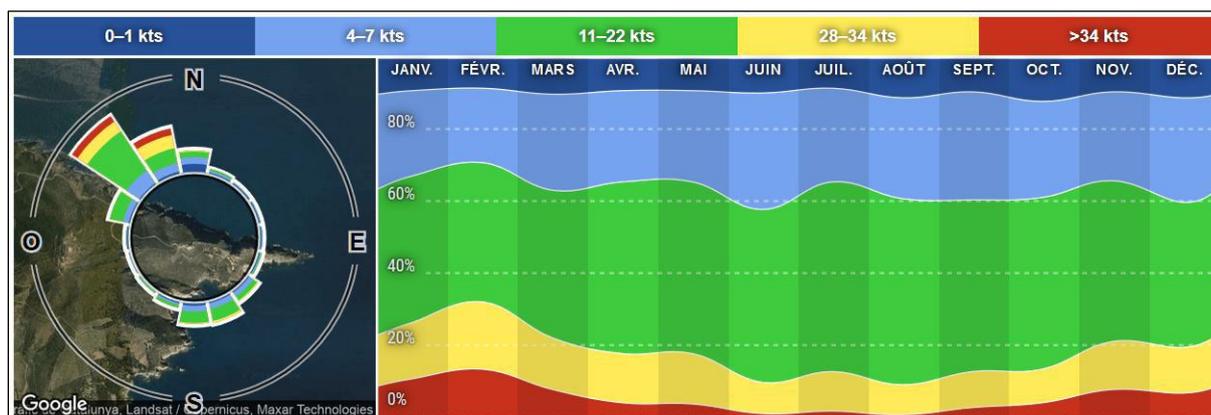


Figure 5 Orientations et puissances du vent (Cap Béar)

Sur la station météorologique de la réserve il n'y a pas d'anémomètre, c'est pourquoi nous utilisons la station du Cap Béar (située à moins de 20 km de la réserve). Les vents dominants sont ceux de secteur NW (tramontane et mistral) suivis par ceux opposés de S à SE. Alors que la Tramontane est un vent sec et froid apportant l'insolation mais aussi fortement desséchant pour la végétation et le sol, les vents de secteur E à S sont humides et principalement responsables, en automne, des fortes précipitations qui affectent le massif des Albères. Dans la réserve, ces vents de secteurs S et E s'orientent souvent au SW et s'engouffrent en rafales par les cols de la crête frontière. Associés au fort ravinement, ils provoquent la chute de nombreux arbres, davantage que lors des coups de vents de NW qui sont plus forts. La vitesse du vent est souvent très élevée puisque 35% dépassent ou égalent 10m/s au Cap Béar. Les vents les plus forts sont souvent de secteurs N à W. Ce sont les mois de mars et avril qui, en moyenne, enregistrent les vents les plus forts. La vitesse des vents augmentant généralement avec l'altitude, sur les crêtes exposées, la vitesse réelle du vent est supérieure aux chiffres donnés. Dans la forêt, avec l'abri des arbres et celui de la pente, les valeurs sont évidemment inférieures (TRAVÉ ET GARRIGUE, 1996). Pour exemple, récemment, lors de la tempête Klaus du 24 janvier 2009, des pointes à 183km/h pour Perpignan et 191 km/h (53 m/s) pour le Cap Béar ont été enregistrées.

Les épisodes de gel

Les températures influencent les sécheresses mais également les jours de gel en hiver. D'après Météo France, sur la période **1976-2005**, en moyenne il y a eu **8 jours de gel par an**. Ces phénomènes de gels ont un lien très étroit avec le fonctionnement écologique et phénologique de la faune et de la flore. Lorsque le gel est précoce ou tardif il peut porter préjudice à certaines espèces (exemple : *Fagus sylvatica*).

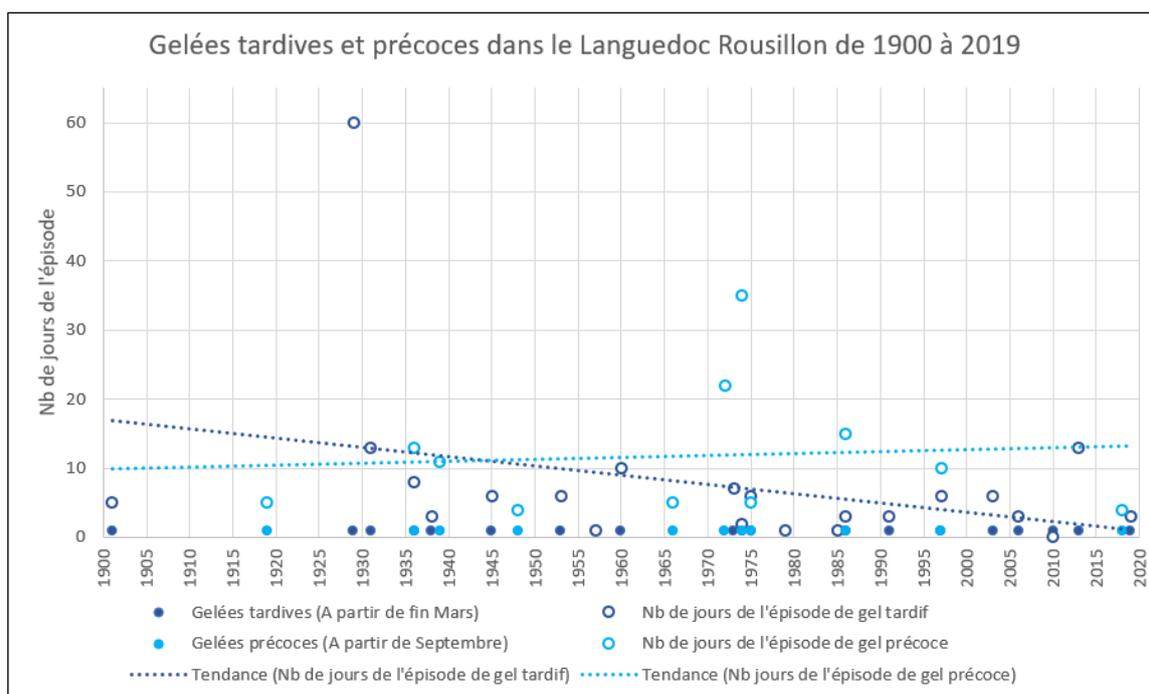


Figure 6 Occurrences des gelées précoces et tardives dans l'ex-Languedoc-Roussillon entre 1900 et 2019. Source : InfoClimat.

Les données concernant les gelées tardives et précoces proviennent d'InfoClimat. Étant donné la très grande variabilité interannuelle de ces phénomènes, il est compliqué de se fier aux tendances observées.

Cette variabilité s'exprime, sur la période (précoce ou tardive) de gelées mais aussi sur la durée (nombre de jours de l'épisode). **On considère qu'une gelée est tardive lorsqu'elle survient à partir de fin mars. À l'inverse, on considère que la gelée est précoce lorsqu'elle survient à partir de septembre.** L'épisode de gel le plus tardif est survenu le 01/06/1936. L'épisode de gel le plus précoce est survenu le 26/08/1986.

Risques d'incendies

Le climat méditerranéen est sensiblement exposé aux risques d'incendie. Pendant la sécheresse estivale, les incendies sont fréquents dans cette région. L'indice de Feu Météorologique (IFM) permet de représenter le risque d'incendie. L'IFM est un **indice** qui indique, grâce à la prise en compte des conditions météorologiques, le danger global d'incendies (indice synthétisant le danger d'éclosion et le danger de propagation). Plus la valeur de l'IFM est élevée, plus les conditions météorologiques sont propices aux incendies. Ces données proviennent du modèle France-CNRM : modèle Arpege-V4.6 de Météo France.

L'IFM de la réserve est calculé pour le printemps, l'été et l'automne. Le massif des Albères a un des IFM les plus élevés des Pyrénées-Orientales. Au-delà de IFM = 20, l'indice de feu météorologique est considéré comme fort



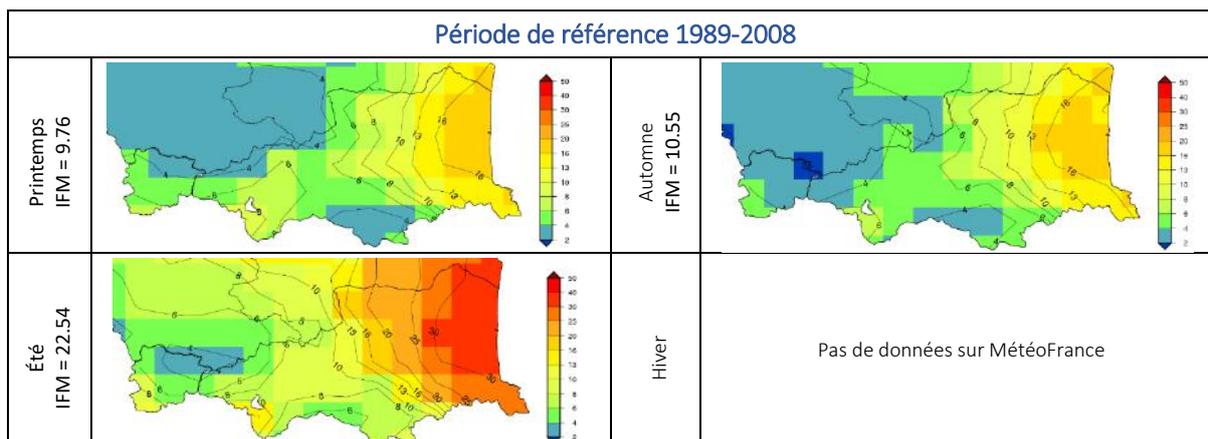


Figure 7 Représentations cartographiques de l'Indice de Feu Météorologique saisonnier sur les Pyrénées Orientales. Source : MétéoFrance

La réserve est intégrée dans le Plan de Prévention des Risques d'incendies de la commune d'Argelès-sur-Mer. Elle est située dans la zone rouge, c'est-à-dire une zone très exposée aux incendies.

Occurrences des tempêtes

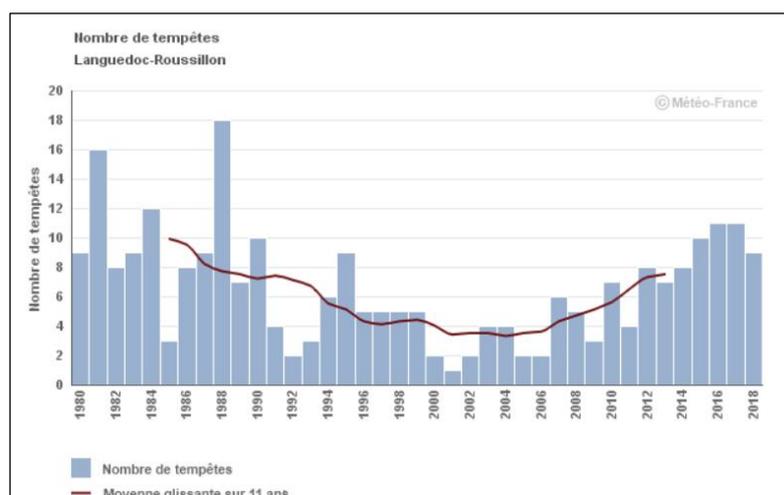


Figure 8 Occurrences des tempêtes dans l'ex région Languedoc-Roussillon. Source : MétéoFrance.

On appelle tempête un système dépressionnaire générant des vents violents supérieurs à 100km/h en plaine sur une surface étendue (plus de 2% du territoire). Dans un premier temps, les tempêtes sont identifiées à l'échelle nationale. On considère ensuite qu'une région est frappée par une tempête nationale si elle satisfait localement au critère définissant une tempête (plus de 1% du territoire régional touché par des vents de plus de 100km/h (Météo France). Sur la figure 8, on

peut constater une variabilité interannuelle très importante.

Depuis le début du XXème siècle il y a eu plus de 46 tempêtes dans le Languedoc-Roussillon. La majorité des événements de tempêtes sont concentrés entre 1950 et 2020. On observe une augmentation de l'occurrence des tempêtes.

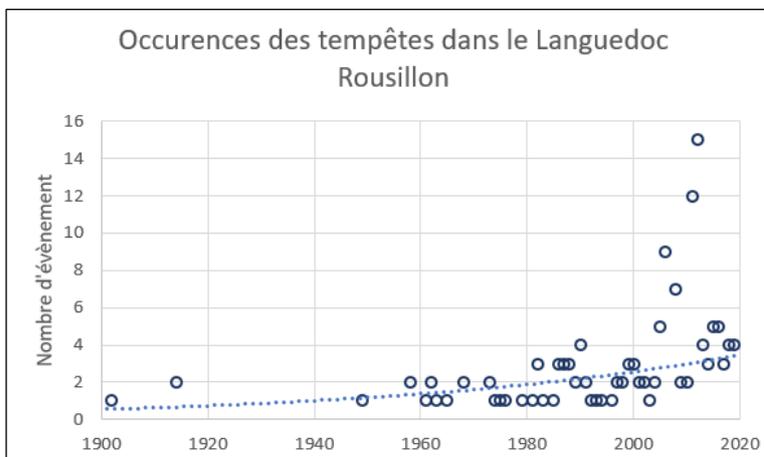


Figure 9 Occurrence des tempêtes dans le Languedoc-Roussillon. Source : InfoClimat

Hydrologie

La RNN de la forêt de Massane compte un petit fleuve côtier du même nom. La Massane prend sa source à 970 m d'altitude (*Font de la Maçana*) et qui se jette au lieu-dit « Grau de la Massane », emplacement de l'actuel port d'Argelès-sur-Mer, après un parcours de 25 km. Le bassin versant couvre 43,2 km², avec une surface en eau à l'étiage de 7414,5 ha (BAUDIÉ, 2006). La Massane traverse la RNN sur un linéaire de 5,25 km de la source à la confluence de la *Font dels Alemanys* (610 m). Ce tronçon correspond au cours supérieur tel qu'il a été délimité par MOUBAYED (1986). Il est constitué de l'ensemble des sources d'altitude telles que la *Font de les Colomates*, la *Font de l'Avellanosa* ou bien la *Font del Llamp*. L'eau de ces sources s'écoule vers le cours principal en empruntant des ruisselets très ravinés (appelés *còrrecs* dans la toponymie locale) généralement actifs lors des périodes de fortes précipitations.

Dans cette partie, les données utilisées proviennent de la **station hydrologique de Mas d'en Tourens**. Les données recueillies proviennent de la **BanqueHydro**.

Tableau 1 Débits, puissance spécifique et lames d'eau du fleuve côtier de la Massane. Source : BanqueHydro

	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Débits (m ³ /s)	0.379 #	0.428 #	0.415 #	0.388 #	0.303 #	0.100	0.038 #	0.024 #	0.076 #	0.223 #	0.354 #	0.414 #	0.261
Qsp (l/s/km ²)	22.0 #	24.9 #	24.1 #	22.6 #	17.6 #	5.8	2.2 #	1.4 #	4.4 #	13.0 #	20.6 #	24.1 #	15.2
Lame d'eau (mm)	59 #	62 #	64 #	58 #	47 #	15	5 #	3 #	11 #	34 #	53 #	64 #	480

Qsp : débit spécifiques

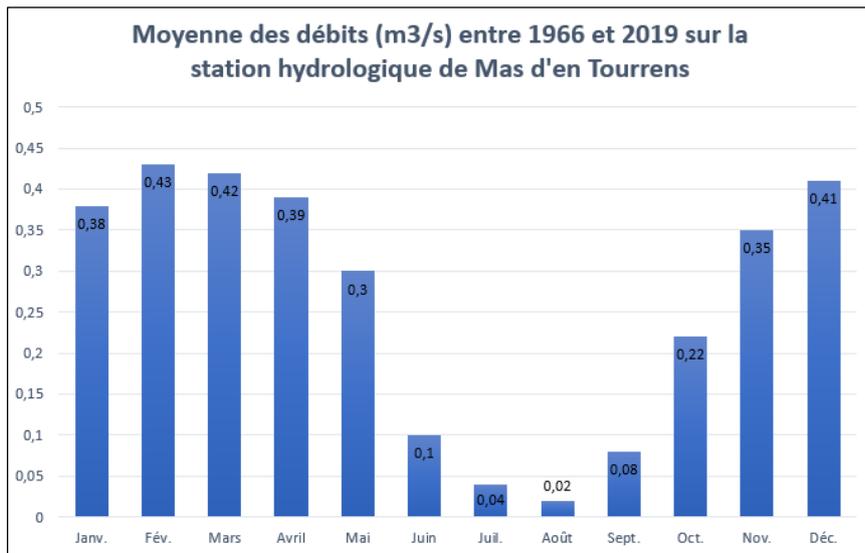


Figure 10 Graphique des débits mensuels calculés sur 54 ans pour la station de Mas d'en Tourrens. Source BanqueHydro

Sur la période étudiée (sur 54 ans), le débit moyen annuel est de **0,26 m³/s**. Le mois d'aout est le mois d'étiage avec un débit de 0,024 m³/s. Février est le mois où l'écoulement est le plus important avec un débit moyen de 0,428 m³/s (soit près de 20 fois le débit d'étiage). Cependant les moyennes de décembre et janvier approchent elles, des écoulements de la même ampleur (autour de 0,400m³/s).

L'hiver est la saison où le débit de la Massane est le plus important (0,41 m³/s). Au printemps (0,37m³/s) le débit diminue légèrement par rapport à l'hiver. En été, pendant la sécheresse estivale le débit est très faible (0,05m³/s). Enfin, à l'automne le débit de la Massane augmente en raison d'épisodes méditerranéens (0,22 m³/s).

Les neiges étant peu abondantes sur le massif des Albères, le régime hydrologique de la Massane dépend directement de la pluviométrie. C'est à l'automne que le cumul des précipitations est le plus important, liés aux événements météorologiques violents (orages, tempêtes etc.). Ce décalage temporel entre les mois où les précipitations sont les plus importantes et les mois où les écoulements sont les plus importants, s'explique en partie par la capacité d'absorption du bassin versant, qui varie en fonction des saisons et de l'état de la couverture végétale. À la fin de l'hiver et au début du printemps, pendant le période de végétation, la couverture végétale retient davantage les eaux pluviales car elle les emploie pour son développement printanier.

Conjointement aux évolutions des températures et des précipitations, les écoulements du fleuve côtier de la Massane évoluent avec une tendance à la diminution. La baisse générale des précipitations et l'augmentation des températures semblent avoir une incidence directe sur le débit mensuel de la Massane. Sur la période 1966-2018, on peut observer une diminution du débit mensuel moyen. Le débit de la Massane à une variabilité annuelle très importante intimement liée à l'importante variabilité annuelle de la pluviométrie.

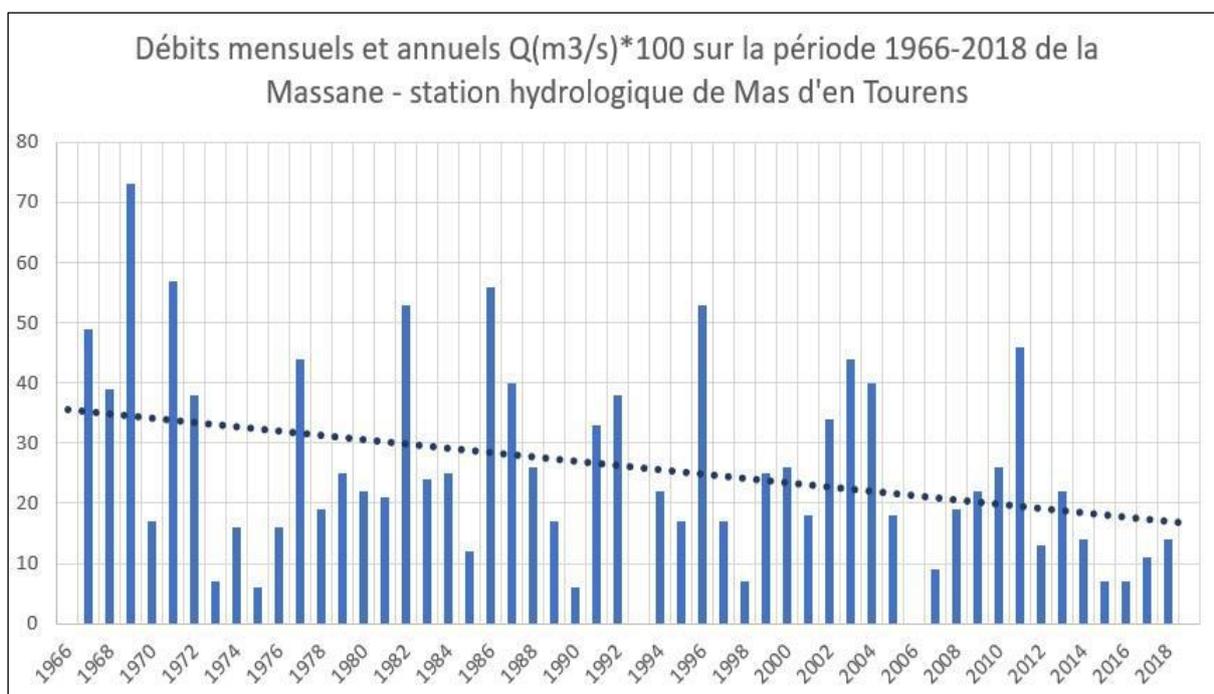


Figure 11 Graphique débits mensuels et annuels $Q(m^3/s)*100$ de la Massane sur la période 1966-2018. Source : station hydrologique de Mas d'en Tourrens

Températures de l'eau du fleuve côtier de la Massane

Il n'existe pas de données relatives à la température de l'eau de la Massane à la station hydrologique de Mas d'en Tourrens. Les données brutes relatives à un bassin versant, où la réserve de la Massane est située, sont disponibles sur le portail SWICCA (*Service for Water Indicators in Climate Change Adaptation*). Ces températures ne sont pas des températures mesurées mais calculées par régionalisation. Cependant, elles permettent d'avoir un ordre d'idée des températures de l'eau de la Massane.

Tableau 2 Moyennes des températures de la Massane entre 1966 et 2019. Source SWICCA

Période de référence 1966 et 2019	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Moyenne des températures en °C	8,1	7,6	8,0	9,1	11,0	14,1	17,2	18,9	17,7	15,5	12,5	9,8

Les températures les plus basses sont 7.6°C au mois de février. Les températures moyennes les plus hautes sont de 18.9 °C en août

Climat futur de la réserve et ses alentours

Les données futures sont issues du **portail DRIAS de MétéoFrance**. Les scénarios utilisés dans ce récit climatique sont le **RCP 4.5** et le **RCP 8.5** développés par le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat). Ces scénarios climatiques représentent l'évolution de l'effet de serre naturel. L'effet de serre actuel est de 155W/m². Le RCP 4.5 est considéré comme plutôt optimiste et le RCP 8.5 est considéré comme plutôt pessimiste. Toutefois, étant donné que les émissions de gaz à effet de serre mondiales ne cessent d'augmenter, le scénario qui semble le plus approprié pour parler de climat futur est le RCP 8.5 (le plus pessimiste).

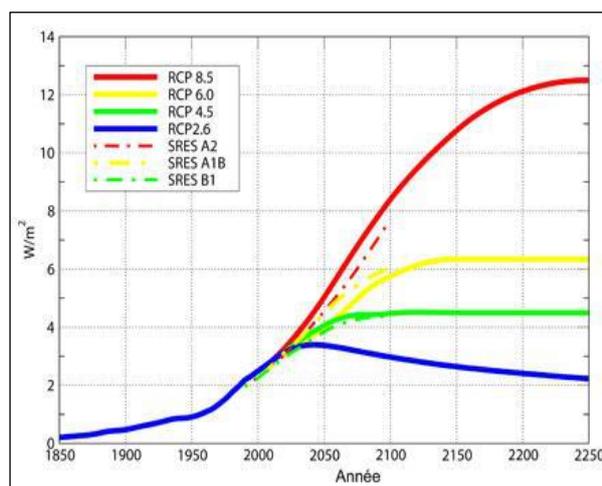


Figure 12 Evolution du bilan radiatif de la terre selon scénarios climatiques du GIEC. Source : MétéoFrance

La **période de référence** correspond à la période **1976-2005**. Plusieurs horizons temporels peuvent être envisagés : l'**horizon proche** (calculé sur la période **2021-2050**), le **moyen** centré sur 2055 (**2041-2070**) et le **lointain** centré sur 2085 (calculé sur la période **2071-2100**).

Pour analyser les projections climatiques futures, trois modèles ont été repris :

- Le modèle « CNRM 2014 » (Arpège-Climat) est une version du modèle de prévisions météorologiques de Météo France spécifiquement adapté pour les études climatiques. Ce modèle fournit des valeurs qui semblent plutôt « pessimistes » comparé aux autres modèles. Les tendances climatiques futures seront établies à partir de ce modèle. Les deux modèles suivants seront présentés à titre indicatif et permettront d'obtenir un intervalle d'incertitude et une plus ample objectivité.
- Le modèle « IPSL 2014 » (LMDZ) est un modèle global, spécifiquement développé pour les études du climat terrestre et des atmosphères planétaires, qui fournit des valeurs qui semblent plutôt optimistes comparé aux autres modèles.
- Le modèle « EuroCordex » fournit des quantiles/moyennes à partir de données corrigées de onze modèles. Nous choisirons d'utiliser les médianes avec EuroCordex.

Pour certaines thématiques telles que le bilan hydrique ou l'évolution du débit les données proviennent de SWICCA.

Évolution des températures

Tous les modèles climatiques ainsi que les scénarii RCP 4.5 et RCP 8.5 s'accordent sur le fait que les **températures moyennes quotidiennes vont augmenter**.

Sur la période de référence, la **température annuelle moyenne** est de **12,8°C** selon MétéoFrance

- A l'horizon proche (2021-2050), la température pourrait être comprise entre **13,89 °C** (RCP 4.5) et **14,10°C** (RCP 8.5).
- A l'horizon moyen (2041-2070), la température pourrait être comprise entre **14,04°C** (RCP 4.5) et **14,96 °C** (RCP 8.5).
- A l'horizon lointain (2071-2100), la température pourrait être comprise entre **15,04°C** (RCP 4.5) et **16,65°C** (RCP 8.5).

Indices climatiques		Période de référence 1976-2005	RCP 4.5 (plutôt optimiste)			RCP 8.5 (plutôt pessimiste)		
			Horizon proche 2021-2050	Horizon moyen 2041-2070	Horizon lointain 2071-2100	Horizon proche 2021-2050	Horizon moyen 2041-2070	Horizon lointain 2071-2100
Températures moyenne (°C)	Hiver	6.76	7.42	7.95	8.25	7.64	7.93	8.19
	Printemps	10.73	11.74	11.54	11.96	12.09	12.43	12.42
	Été	19.76	21.67	20.77	21.5	22.79	21.97	22.8
	Automne	13.84	15.75	16.88	16.11	16.92	19.23	17.73
	Année	12.8	13.89	14.04	15.04	14.01	14.96	16.65
Températures minimales journalières moyenne (°C)	Hiver	4.96	5.63	6.23	6.6	5.74	6.23	6.65
	Printemps	8.55	9.58	9.29	9.9	9.95	10.08	10.37
	Été	17.41	19.64	18.59	18.96	20.83	19.76	20.2
	Automne	11.69	13.66	15.03	14.07	17.13	17.49	15.77
Températures maximales journalières moyennes (°C)	Hiver	8.57	9.21	9.68	9.92	9.55	9.62	9.74
	Printemps	12.92	13.91	13.8	14.03	14.24	14.78	14.48
	Été	22.11	23.7	22.96	24.03	24.74	24.08	25.4
	Automne	15.99	17.83	18.72	18.14	18.85	19.97	19.69

Sur la période de référence, la **température maximale journalière moyenne** de la période de référence est de **23,38°C** pour le mois d'août selon MétéoFrance.

Selon le modèle CNRM 2014 et le RCP 8.5 :

- A l'horizon proche (2021-2050), la température sera de **24.67 °C**
- A l'horizon moyen (2041-2070), la température sera de **26.25°C**
- A l'horizon lointain (2071-2100), la température sera de **28,74°C**

+ 5.06°C en 80 ans

Sur la période de référence, la **température minimale journalière moyenne** est de **4.27°C** pour le mois de janvier selon MétéoFrance.

Selon le modèle CNRM 2014 et le RCP 8.5 :

- A l'horizon proche (2021-2050), la température sera de **5°C**
- A l'horizon moyen (2041-2070), la température sera **5,85°C**
- A l'horizon lointain (2071-2100), la température sera de **7,22°C**

+ 2.95°C en 80 ans

RCP 8.5	Températures maximales en °C	Températures minimales en °C
Période de référence	23.38	4.27
Horizon proche	24.67	5
Horizon moyen	26.25	5.85
Horizon lointain	28.74	7.22

Les **jours de vagues de chaleurs** correspondent aux **jours où les températures maximales sont supérieures de 5 °C à la normale pendant au moins 5 jours consécutifs**. Les **jours d'été** correspondent aux **jours où les températures maximales sont supérieures à 25°C**.

Indices climatiques	Saisons	Période de référence 1976-2005	RCP 4.5			RCP 8.5		
			Horizon proche 2021-2050	Horizon moyen 2041-2070	Horizon lointain 2071-2100	Horizon proche 2021-2050	Horizon moyen 2041-2070	Horizon lointain 2071-2100
Nombre de jours de vague de chaleur (températures maximales supérieures de 5°C à la normale pendant au moins 5 jours consécutifs)	Hiver	0	0	1	3	1	2	7
	Printemps	0	0	0	1	1	0	7
	Eté	0	4	4	1	2	7	31
	Automne	0	2	9	3	1	3	13
	Année	0	6	7	17	6	14	61
Nombre de jours d'été (températures maximales > 25°C)	Hiver	0	0	0	1	0	0	0
	Printemps	0	1	1	2	0	0	1
	Eté	17	3	4	9	29	34	63
	Automne	1	4	3	6	3	6	12

Évolution des précipitations

Les données de Météo France concernant les précipitations, indiquent que la réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane a un cumul moyen annuel sur la période de référence (1976-2005) de **812,99 mm/an**. Alors que les données provenant de la station météorologique indiquent un cumul annuel moyen de **1100 mm/an** entre 1961 et 2019. Les valeurs absolues de Météo France semblent sous-estimées et donc à relativiser. Dès lors, nous nous intéresserons principalement aux tendances.

	RCP 4.5			RCP 8.5		
	CNRM 2014	Euro Cordex	IPSL 2014	CNRM 2014	Euro Cordex	IPSL 2014
Référence 1976-2005	812.99	822.12	783	812.99	822.12	783
2021-2050	+14.9	+47.98	-138.15	+22.67	+5.21	-104.76
2041-2070	+33.08	+32.48	-150.19	-42.86	+8.53	-124.13
2071-2100	+20.13	+39.45	-37.36	-71.09	+10.85	-107.06

Tableau 3 Références et anomalies du cumul annuel des précipitations (mm) sur le secteur de RNN de la forêt de la Massane. Source : MétéoFrance

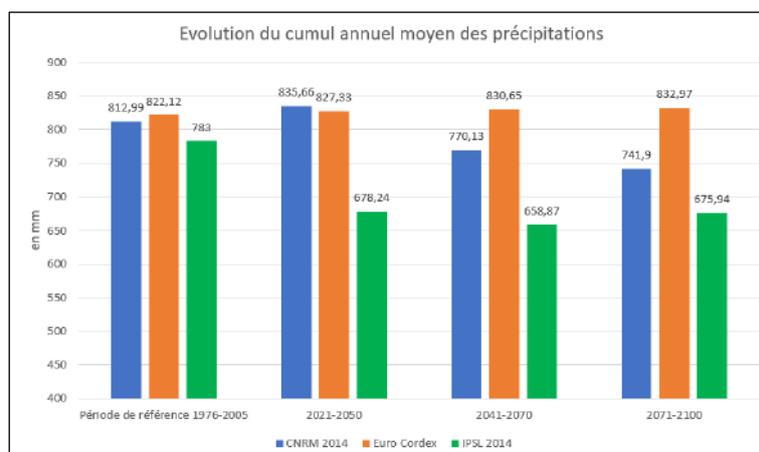


Figure 13 Cumul annuel moyen de précipitations en fonction des différents modèles utilisés, CNRM 2014 / IPSL 2014 / EuroCordex, RCP 8.5, source MétéoFrance

Il y a pas de consensus sur l'évolution du cumul des précipitations entre tous les modèles et tous les scénarii.

Selon le **RCP 4.5** :

À l'**horizon proche** (2021-2050), l'évolution des précipitations pourrait être comprise entre **-138.15 mm/an** (IPSL 2014) et **+47.98 mm/an** (EuroCordex)

À l'**horizon moyen** (2041-2070), l'évolution des précipitations pourrait être comprise entre **-150.19 mm/an** (IPSL 2014) et **+33.08 mm/an** (CNRM 2014)

À l'**horizon lointain** (2071- 2100), l'évolution des précipitations pourrait être comprise entre **+39.45 mm/an** (EuroCordex) et **+20.13 mm/an** (CNRM 2014)

Selon le **RCP 8.5** :

À l'**horizon proche** (2021-2050), l'évolution des précipitations pourrait être comprise entre **-104.76 mm/an** (IPSL 2014) et **+22.67 mm/an** (CNRM 2014)

À l'**horizon moyen** (2041-2070), l'évolution des précipitations pourrait être comprise entre **-124.13 mm/an** (IPSL 2014) et **+8.53 mm/an** (CNRM 2014)

À l'**horizon lointain** (2071- 2100), l'évolution des précipitations pourrait être comprise entre **-107.06 mm/an** (IPSL 2014) et **+10.85 mm/an** (EuroCordex)

En comparant les différents modèles climatiques, on observe des résultats très hétérogènes. Les modèles **CNRM 2014** et **EuroCordex** annoncent une **augmentation** du cumul des précipitations alors que **IPSL 2014** annonce l'**inverse**.

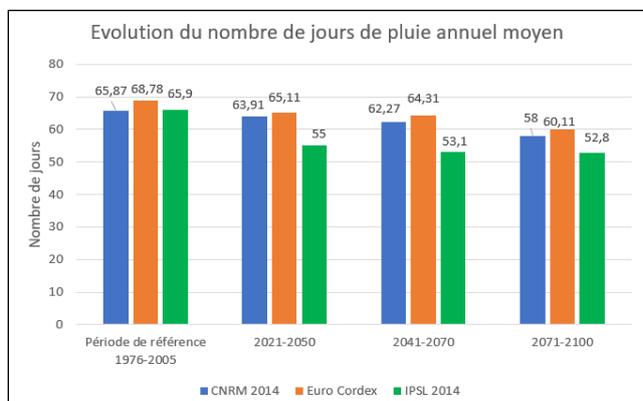


Figure 14 Evolution du nombre de jours de pluie annuel moyen. Source : MétéoFrance

Toutefois, les modèles s'accordent sur une **diminution du nombre de jours annuel de pluie**. En **80 ans**, selon les modèles, il y aura une diminution comprise entre **6 jours** (EuroCordex) et **13 jours** (IPSL 2014) de pluie par an.

Toutefois, les modèles s'accordent sur une **diminution du nombre de jours annuel de pluie**.

Sur la **période de référence**, il y avait entre **65,9** et **66 jours de pluie par an**.

À l'**horizon proche**, il n'y aura plus que **65,1** jours (EuroCordex) à **55** jours (IPSL 2014) par an.

À l'**horizon moyen**, il n'y aura plus que **64,31** jours (EuroCordex) à **53,1** jours (IPSL 2014) de pluie par an.

À la **fin du siècle**, il n'y aura plus que **60,1** jours (EuroCordex) à **52,8** jours (IPSL 2014) de pluie par an.

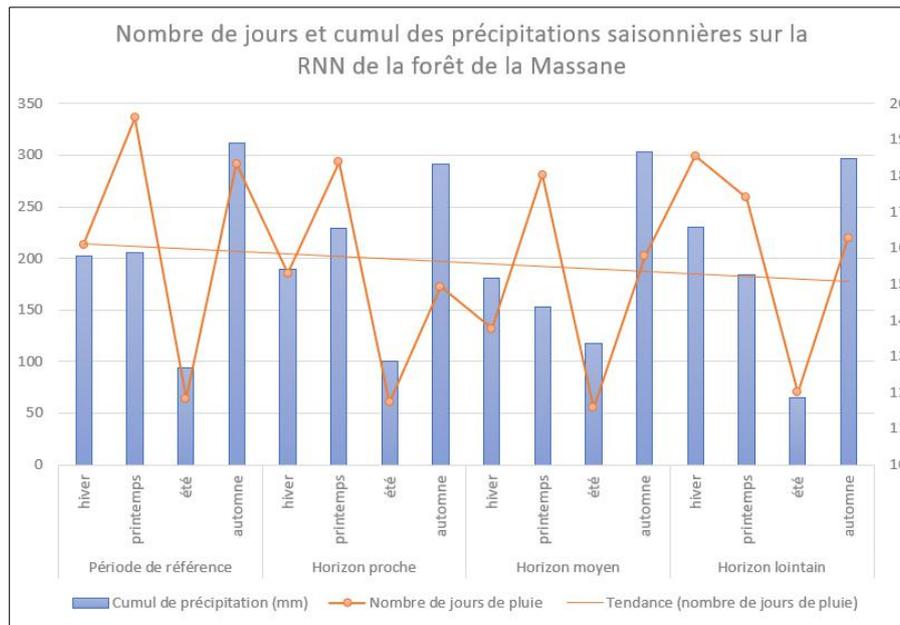


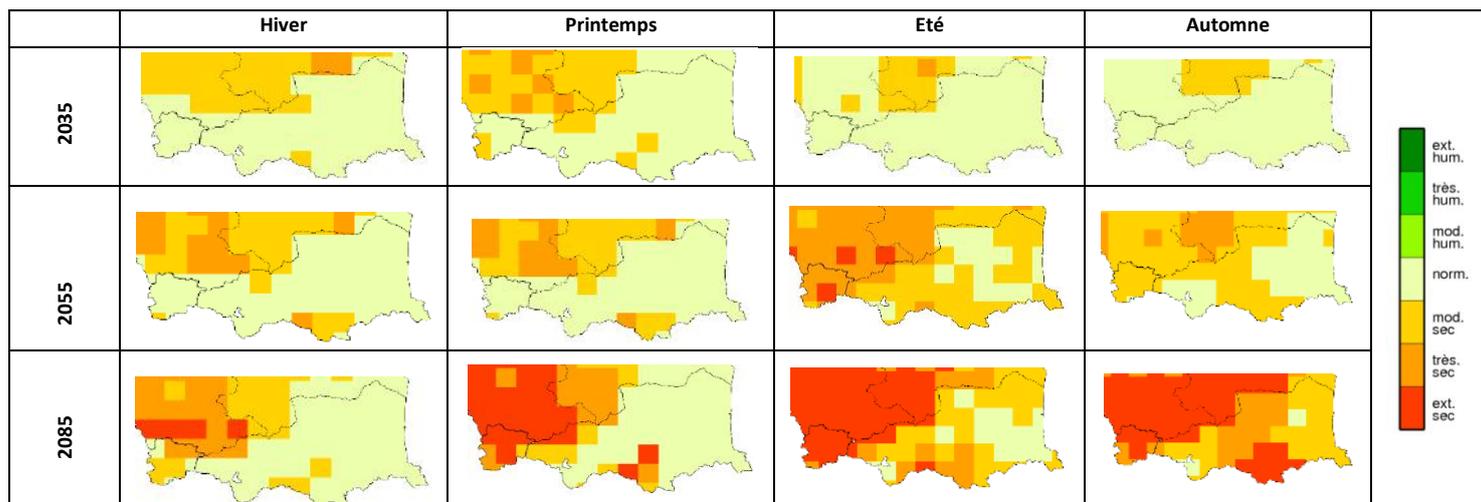
Figure 15 Projection climatique : histogramme du cumul des précipitations saisonnières et du nombre de jours de pluie. CNRM 2014 / RCP8.5. Données : MétéoFrance

Le graphique montre l'évolution du cumul des précipitations et du nombre de jours de pluie en fonction des saisons, selon les différents horizons temporels. Les données utilisées pour créer ce graphique sont issues du modèle CNRM 2014 et du RCP 8.5. On peut observer sur ce graphique que le **cumul des précipitations va augmenter à l'horizon proche et moyen pour l'hiver, le printemps et l'automne**. À l'horizon lointain, le cumul des précipitations pendant l'été va diminuer, augmentant l'écart du cumul des précipitations avec les autres saisons. Le reste de l'année, le cumul des précipitations semble augmenter légèrement. De plus, le **nombre de jours de pluie diminue** au fur et à mesure des horizons temporels. Or, s'il y a une **augmentation du cumul des précipitations** et une **diminution du nombre de jours de pluie**, cela implique que les **précipitations seront plus importantes et moins fréquentes**. Ce qui coïncide avec ce qu'annoncent les rapports du GIEC, c'est-à-dire, une augmentation des phénomènes météorologiques violents.

Évolution de la sécheresse

Sur la période de référence (autour de 1970, l'humidité des sols est considérée comme normale. En considérant que cette humidité est relative à des sols soumis à l'influence climatique méditerranéenne (donc déjà secs). Les tendances montrent que l'intensité et la durée des sécheresses augmentent. Les projections montrent que la sécheresse du sol évoluera peu durant le printemps et l'hiver sur la réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane. Cependant, dans tout le reste des Pyrénées-Orientales les sols s'assècheront au fur et à mesure des horizons temporels (tableau 11). L'évaluation de l'assèchement des sols montre que les sols seront caractérisés comme très secs à extrêmement secs pour l'horizon lointain. Cette sécheresse sera flagrante pour l'été et l'automne.

Tableau 4 Evolution de l'indice de sécheresse sur les Pyrénées Orientales selon le scénario SRES A2



Sur la période de référence, les modèles annoncent une **période de sécheresse** entre **32 jours** (EuroCordex) et **37 jours** par an (CNRM 2014).

À l'**horizon proche**, les modèles annoncent un allongement de la période de sécheresse entre **0 jour** (RCP 4.5, CNRM 2014) et **3 jours** (RCP 8.5, IPSL 2014).

À l'**horizon moyen**, l'allongement de la période de sécheresse se situera entre **1 jour** (RCP 4.5, EuroCordex) et **6 jours** (RCP 8.5, IPSL 2014).

Pour la **fin du siècle**, les modèles annoncent un allongement de la période de sécheresse allant de **0 jour** (RCP 4.5, EuroCordex) à **9 jours** de plus par an (RCP 8.5, IPSL 2014).

Tableau 5 Anomalies et références de l'évolution de la période de sécheresse sur le secteur de la réserve de la Massane. Source : Météo France

	Période de référence 1976-2005	RCP 4.5			RCP 8.5		
		2021-2050	2041-2070	2071-2100	2021-2050	2041-2070	2071-2100
CNRM 2014	37	0	-2	4	0	2	6
Euro Cordex	32	1	1	0	3	2	7
IPSL 2014	34	3	2	5	3	6	9

Évolution du bilan hydrique

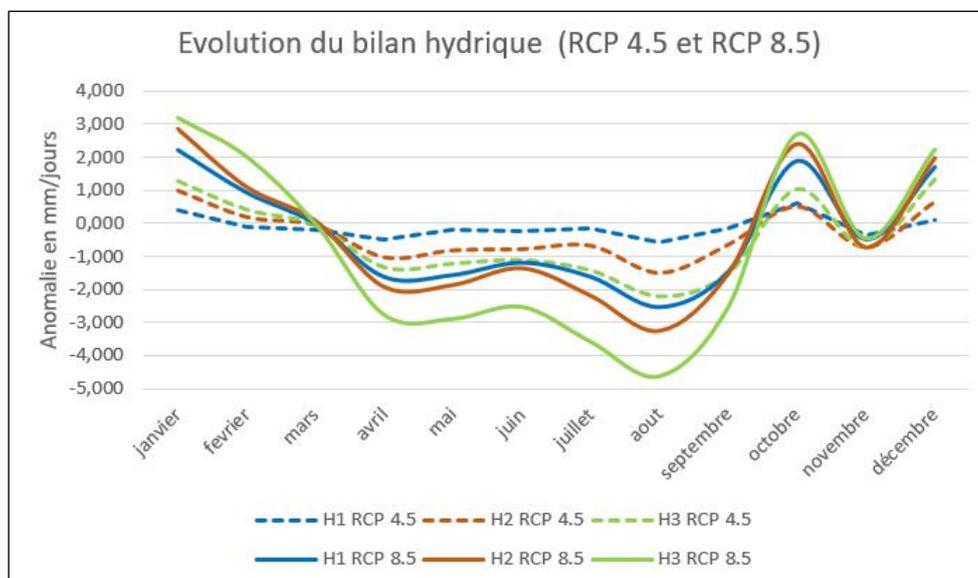


Figure 16 Evolution du bilan hydrique (anomalies : écarts à la période de référence) (RCP 4.5 et RCP 8.5). Données : SWICCA

Le bilan hydrique correspond à la différence entre les précipitations tombées et l'évapotranspiration potentielle sur un espace donné. En l'occurrence cet espace correspond au pixel contenant la réserve (les données ci-dessus proviennent de la base de données de SWICCA).

Sur la figure 15, on remarque que le bilan hydrique semble augmenter positivement au début de l'automne pendant le mois d'octobre. Cela semble fortement lié aux fortes pluies automnales caractéristiques du climat méditerranéen. On observe également une augmentation du bilan hydrique pendant l'hiver. Les plus fortes anomalies surviennent pendant l'été. En effet, l'évolution du bilan hydrique nous montre que le **bilan hydrique** va considérablement **diminuer** pendant les mois

d'**été**, le mois d'**août** ayant le **plus fort déficit hydrique**. Ces évolutions soulignent une aggravation de la sécheresse estivale avec un déficit hydrique extrêmement grand à la fin de l'été. Le RCP 4.5 et le RCP 8.5 suivent exactement les mêmes tendances sur l'année. La différence principale entre les deux scénarii est l'importance du changement.



Figure 17 Situation de la Massane sur la grille de pixel de SWICCA

- ↗ du bilan hydrique en **automne** et en **hiver**
- ↘ du bilan hydrique au **printemps** à partir de mars
- ↘ du bilan hydrique en **été** très importante
- ↗ des épisodes de sécheresse intense

	RCP 4.5			RCP 8.5		
	Horizon proche	Horizon moyen	Horizon lointain	Horizon proche	Horizon moyen	Horizon lointain
Janvier	0,408	0,561	0,318	0,918	0,641	0,355
Février	-0,094	0,263	0,254	0,493	0,171	0,939
Mars	-0,212	0,139	0,034	0,014	0,090	-0,069
Avril	-0,487	-0,562	-0,281	-0,311	-0,303	-0,819
Mai	-0,187	-0,650	-0,376	-0,364	-0,303	-0,998
Juin	-0,219	-0,582	-0,305	-0,099	-0,168	-1,142
Juillet	-0,174	-0,524	-0,721	-0,214	-0,576	-1,363
Aout	-0,595	-0,926	-0,686	-0,341	-0,723	-1,342
Septembre	-0,156	-0,508	-0,845	0,040	-0,063	-0,980
Octobre	0,605	-0,117	0,556	0,834	0,516	0,314
Novembre	-0,370	-0,367	0,030	0,212	-0,247	0,299
Décembre	0,083	0,552	0,703	0,352	0,279	0,277

Évolution du nombre de jour de gel

Le phénomène de gel est présent sur la réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane. Le gel a parfois un effet néfaste sur certaines communautés végétales. Cependant le gel est garant d'un équilibre fonctionnel. En effet, c'est seulement après le gel que le cycle végétatif de croissance des plantes débute. Des phénomènes des gels tardifs ou précoces peuvent causer de lourds impacts sur la phénologie des plantes et sur la régénération de certaines essences. Il en est de même pour les phénomènes de gel tardif cumulés à d'autres aléas climatiques tels qu'une canicule .

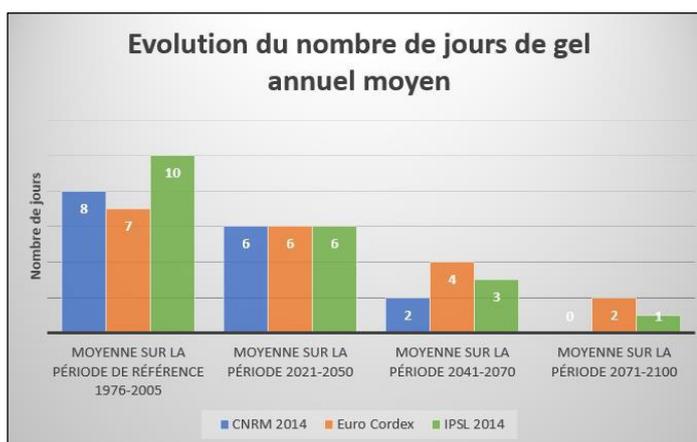


Figure 18 Histogramme : évolution du nombre de jours de gel annuel moyen, RCP 8.5. Source : MétéoFrance

L'ensemble des modèles et des scénarii s'accordent sur une diminution du nombre de jours de gel :

Tableau 6 Référence et anomalie du nombre de jours de gel pour le RCP 4.5 et RCP 8.5. Source : MétéoFrance

	Période de référence de 1976-2005	RCP 4.5			RCP 8.5		
		2021-2050	2041-2070	2071-2100	2021-2050	2041-2070	2071-2100
CNRM 2014	8	-2	-2	-4	-2	-6	-8
Euro Cordex	7	-1	-2	-3	-1	-3	-5
IPSL 2014	10	-6	-6	-7	-4	-7	-9

Sur la **période de référence**, le nombre de jours de gel varie entre 7 jours/an (EuroCordex) et 10 jours/an (IPSL 2014).

À l'**horizon proche**, le nombre de jours va diminuer entre **-1 jour/an** (EuroCordex, RCP 8.5) à **-6 jours/an** (IPSL 2014, RCP 4.5).

À l'**horizon moyen**, le nombre de jours de gel va diminuer de **-2 jours/an** (CNRM 2014, RCP 4.5) à **-7 jours/an** (IPSL 2014, RCP 8.5).

À la **fin du siècle**, le nombre de jours de gel va diminuer de **-3 jours/an** (EuroCordex, RCP4.5) à **-9 jours/an** (IPSL 2014, RCP 8.5).

Évolution de l'hydrologie

Cette partie vise à analyser l'évolution potentielle du débit du fleuve côtier de la Massane. Les données ci-dessous proviennent de SWICCA et de la station hydrologique de Mas d'en Tourrens (mesures disponibles sur Banque Hydro).

Évolution du débit du fleuve côtier de la Massane

Tableau 7 Comparaison des débits entre les données SWICCA et celle de la station hydrologique de Mas d'en Tourrens

		janvier	fevrier	mars	avril	mai	juin	juillet	aout	septembre	octobre	novembre	décembre
Référence 1971-2000	Débit [m ³ /s] SWICCA	0,20	0,20	0,15	0,13	0,10	0,06	0,05	0,05	0,07	0,12	0,18	0,17
Référence 1966-2018	Débit [m ³ /s] Station météorologique de Mas d'en Tourrens	0,379	0,428	0,415	0,388	0,303	0,1	0,038	0,024	0,076	0,223	0,354	0,414

Afin de pouvoir observer l'évolution du débit de la Massane, les modélisations utilisées proviennent du portail SWICCA. Comme le montre la figure 18, lorsqu'on compare les débits réels de la station de mesure de Mas d'en Tourrens et les modélisations SWICCA, il y a des différences plus ou moins importantes (surtout

pour l'hiver). Cependant, le régime hydrologique (régime pluvial méditerranéen) est respecté dans la modélisation de SWICCA.

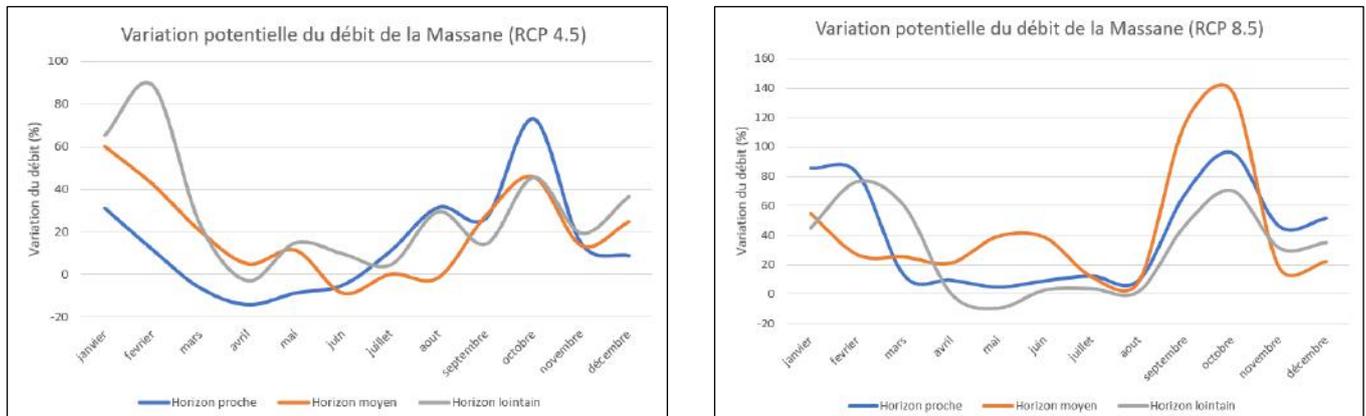


Figure 19 Changement du débit mensuel du fleuve côtier de la Massane par rapport à la période de référence (RCP 4.5 et 8.5). Source : SWICCA

Pour obtenir ces modélisations du débit de la Massane, les données provenant de SWICCA sont confrontées aux valeurs du débit de la station hydrologique. Les modélisations sont appliquées à la moyenne des débits mensuels sur la période (1966-2018). Bien que les données de SWICCA et de la station soient un peu différentes, nous nous intéressons ici, aux grandes tendances d'évolution en fonction des différents horizons temporels.

Pour le scénario RCP 4.5 :

À l'**horizon proche**, le débit va sensiblement augmenter au début de l'automne et surtout au mois d'**octobre**, avec augmentation de **+ 20 %** à **+ 65 %** par rapport au débit sur la période de référence. De Mars à Juillet, le débit risque de diminuer de **0** à **-14%**.

À l'**horizon lointain**, on remarque que le débit va considérablement augmenter en **février** avec une augmentation de **89 %**.

Pour le scénario RCP 8.5 :

À l'**horizon proche**, le débit va augmenter de **96 %** en octobre.

À l'**horizon moyen**, on observe une augmentation de **138 %** en octobre. Entre mars et aout, on n'observe pas de changements très significatifs.

À l'**horizon lointain**, on observe une augmentation du débit à la **fin de l'hiver** (février) de **76 %**. Au printemps et à l'été le modèle SWICCA ne prévoit pas de changements significatifs.

Tableau 8 Référence et anomalies des modélisations du débit (SWICCA) et confrontation avec les valeurs de débits de la Massane. Source : BanqueHydro.

	BanqueHydro Moyenne des débits (m3/s-1) entre 1966 et 2019	SWICCA (Evolution des débits/river flow en pourcentage)						Confrontation des données SWICCA avec les données de BanqueHydro					
		RCP 4.5			RCP 8.5			RCP 4.5			RCP 8.5		
		Horizon proche	Horizon moyen	Horizon lointain	Horizon proche	Horizon moyen	Horizon lointain	Horizon proche	Horizon moyen	Horizon lointain	Horizon proche	Horizon moyen	Horizon lointain
Janv.	0,38	31	60	65	86	55	45	0,5	0,61	0,63	0,71	0,59	0,55
Fév.	0,43	12	42	89	82	27	76	0,48	0,61	0,81	0,78	0,55	0,76
Mars	0,42	-6	20	23	13	25	60	0,39	0,51	0,52	0,47	0,53	0,67
Avril	0,39	-14	5	-3	10	21	1	0,34	0,41	0,38	0,43	0,47	0,39
Mai	0,3	-9	11	15	5	39	-9	0,27	0,33	0,34	0,31	0,42	0,27
Juin	0,1	-5	-9	10	9	39	3	0,1	0,09	0,11	0,11	0,14	0,1
Juil.	0,04	11	0	4	12	12	4	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Août	0,02	32	-1	29	9	8	2	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
Sept.	0,08	27	28	14	69	117	47	0,1	0,1	0,09	0,13	0,17	0,12
Oct.	0,22	73	46	46	96	138	70	0,38	0,32	0,32	0,43	0,52	0,37
Nov.	0,35	15	14	19	46	18	32	0,4	0,4	0,42	0,51	0,41	0,46
Déc.	0,41	9	25	37	52	22	35	0,45	0,51	0,56	0,62	0,5	0,55

Évolution de la température du fleuve côtier de la Massane

Tableau 9 Références et anomalies de l'évolution de la température de l'eau du fleuve côtier de la Massane, selon le RCP 4.5 et 8.5. Source : SWICCA

	Moyenne des températures (1966 et 2019)	RCP 4.5 (anomalies)			RCP 8.5 (anomalies)		
		Horizon proche	Horizon moyen	Horizon lointain	Horizon proche	Horizon moyen	Horizon lointain
Janv.	8,1	1,1	1,6	2,2	1,4	2,3	4,2
Fév.	7,6	1,1	1,5	2,1	1,3	2,2	3,9
Mars	8,0	1,1	1,5	2,1	1,3	2,3	4,0
Avril	9,1	1,0	1,5	2,2	1,2	2,3	4,1
Mai	11,0	1,2	2,0	2,5	1,3	2,7	4,4
Juin	14,1	1,2	2,1	2,5	1,4	2,9	4,7
Juil.	17,2	1,4	2,2	2,6	1,5	2,9	5,0
Août	18,9	1,3	2,1	2,6	1,4	2,9	5,2
Sept.	17,7	1,6	2,6	3,0	1,6	3,1	5,4
Oct.	15,5	1,4	2,3	2,9	1,4	3,1	5,1
Nov.	12,5	1,2	1,9	2,4	1,6	2,8	4,6
Déc.	9,8	1,1	1,6	2,2	1,4	2,6	4,6

Conjointement aux températures de l'air, les **températures de l'eau** de la Massane vont également **augmenter**.

Entre **1966 et 2019**, la **température moyenne annuelle de l'eau** de la Massane était de **12,4 °C**.

À l'**horizon proche**, la température pourrait augmenter de **+1,2°C** (RCP 4.5) à **1,4°C** (RCP 8.5).

À l'**horizon moyen**, la température pourrait augmenter de **+1,9°C** (RCP 4.5) à **+2,7°C** (RCP 8.5).

À la **fin du siècle**, la température pourrait augmenter de **+2,4°C** (RCP 4.5) à **+4.5°C** (RCP 8.5).

Entre **1966 et 2019**, la **température moyenne mensuelle du mois le plus froid** est de **7,6°C** (février).

À l'**horizon proche** la température va augmenter de **+1,1 °C** (RCP 4.5) à **+1,4 °C** (RCP 8.5).

À l'**horizon moyen**, la température va augmenter de **+1,5°C** (RCP 4.5) à **+2,2°C** (RCP 8.5).

À la **fin du siècle**, les températures vont augmenter de **+2,1°C** (RCP 4.5) à **+3,9°C** (RCP 8.5).

Entre **1966 et 2019**, la **température moyenne mensuelle du mois le plus chaud** est de **18.9°C** (août).

À l'**horizon proche** la température va augmenter de **+1,3°C** (RCP 4.5) à **+1,4°C** (RCP 8.5).

À l'**horizon moyen**, la température va augmenter de **+2,1°C** à **+2,9°C**.

À la **fin du siècle**, les températures pourraient avoir augmenté de **+2,6°C** (août, RCP 4.5) à **+5,2°C** (août, RCP 8.5).

L'écart le plus important avec la période de référence serait à l'**horizon lointain** (RCP 8.5), en septembre avec une augmentation de **+ 5.4°C**.

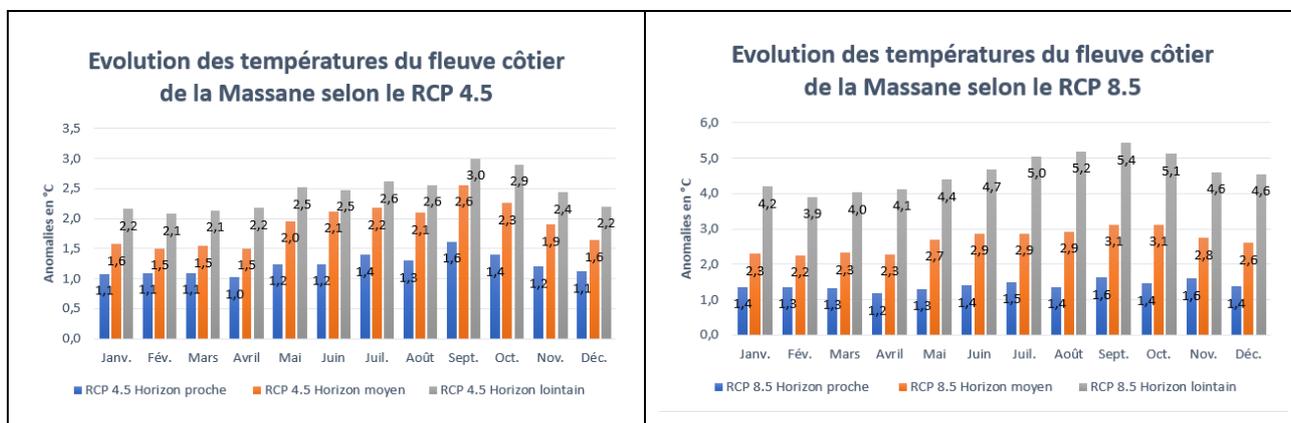


Figure 20 Evolution des températures (anomalies) du fleuve côtier de la Massane selon le RCP 4.5 et 8.5. Source : SWICCA

Évolution du risque d'incendie

L'**Indice Feu Météorologique** (IFM) est un indice qui indique, grâce à la prise en compte des conditions météorologiques, le danger global d'incendie (indice synthétisant le danger d'éclosion et le danger de propagation). Plus la valeur de l'IFM est élevée, plus les conditions météorologiques sont propices aux incendies. Le modèle utilisé ici est CNRM : modèle Arpege-V4.6 de Météo France.

À l'**horizon proche**, les scénarii s'accordent sur une diminution du risque d'incendie (diminution de -3,41 points, scénario A2).

À l'**horizon moyen**, le scénario A2, annonce un risque d'incendie en augmentation pour le printemps, l'automne et l'été (allant de +0,98 à +1,67 points).

À l'**horizon lointain**, mis à part pour le printemps avec le scénario B1, le risque d'incendie va considérablement augmenter, avec +2,7 points en été et +5,99 points en automne.

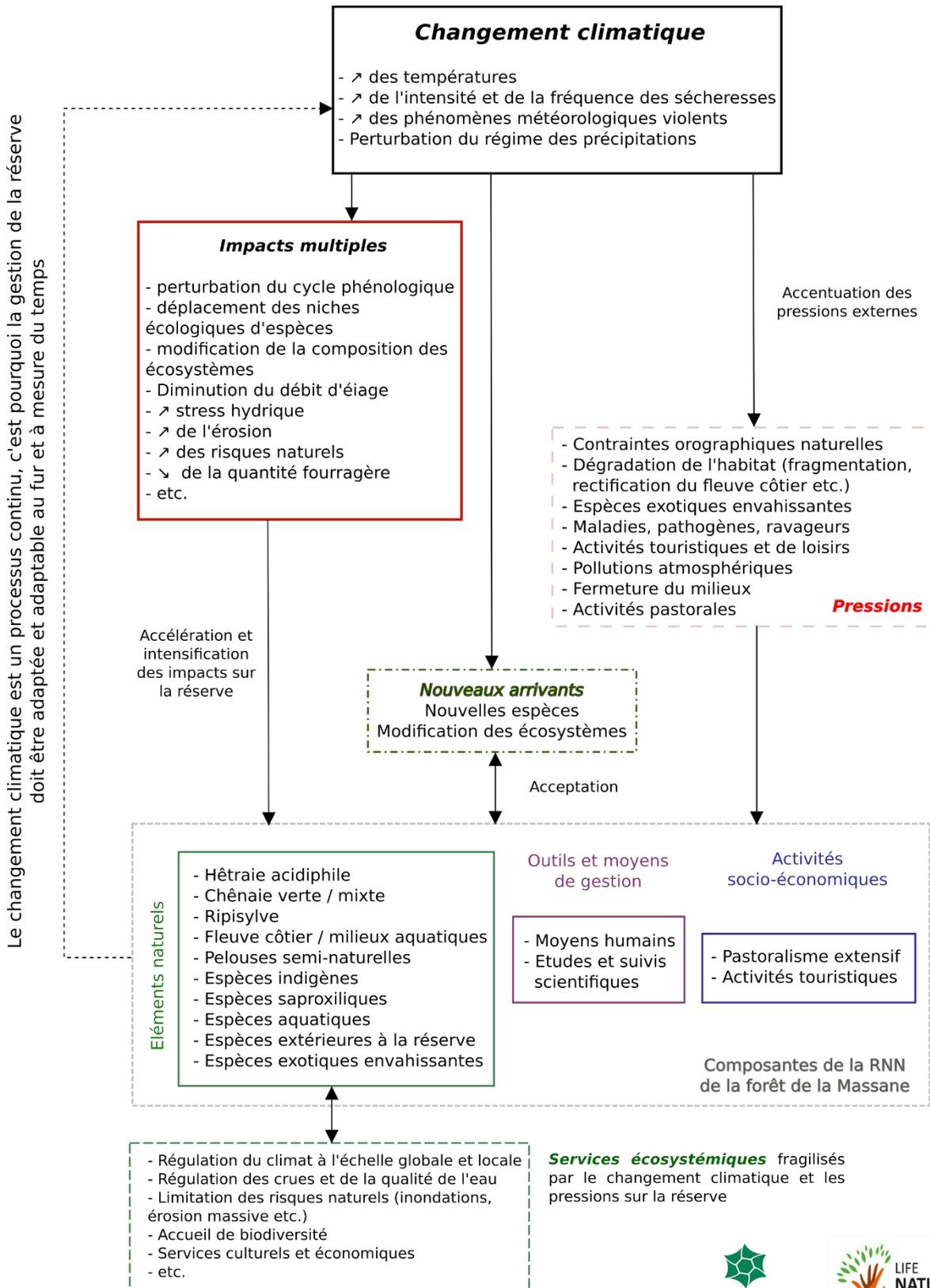
Tableau 10 Indice de Feu Météorologique sur le secteur de la Réserve, selon le scénario B1 et A2. Source : MétéoFrance

	Saisons	Printemps	Été	Automne
	Période de référence 1989-2008	9,76	22,54	10,55
Scénario B1 (optimiste)	Horizon proche	-1,85	-1,94	-0,73
	Horizon moyen	-0,31	-1,73	1,09
	Horizon lointain	-1,75	0,48	2,89
Scénario A2 (pessimiste)	Horizon proche	-0,69	-3,41	0,93
	Horizon moyen	0,98	1,67	0,98
	Horizon lointain	1,67	2,7	5,99

ANALYSE SYSTEMIQUE

La réserve de la Massane est un socio-écosystème où s'articulent les habitats, les communautés d'espèces mais également les activités socioéconomiques. L'approche systémique permet de comprendre les interactions entre les différentes composantes de la réserve. L'identification des pressions qui pèsent sur la réserve est essentielle dans une démarche d'adaptation au changement climatique. En effet, on sait que le changement climatique risque d'intensifier les pressions déjà présentes sur la réserve et en créer de nouvelles. Les mesures d'adaptations et les leviers d'actions sont donc orientés autour des pressions. Le changement climatique est un processus continu, qui impacte l'ensemble de ce système. Ce phénomène est composé de boucles de rétroactions amplificatrices, c'est-à-dire que les changements et les impacts

associés sont de plus en plus importants. Cet aspect amplificateur du changement climatique renforce l'importance de l'adaptation de la gestion et des activités socioéconomiques de la réserve.



Réalisation : Kenzo Héas, chargé de missions LIFE Natur'Adapt

METHODOLOGIE DU DIAGNOSTIC DE LA VULNERABILITE ET D'OPPORTUNITE

La démarche recommande de faire l'analyse de la vulnérabilité à la fois sur des éléments écologiques, des activités socio-économiques ainsi que sur les outils et moyens de gestion de la réserve. **Quels éléments choisir ?**

Pour répondre à cette question, à la réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane, nous nous sommes basés sur le plan de gestion. Ce travail s'est effectué avec l'équipe de la réserve et de la fédération des réserves naturelles catalanes.

Concernant les éléments naturels, le choix fut de sélectionner les habitats principaux de la réserve. Afin de ne pas rentrer dans une analyse espèce centrée (réducteur dans un contexte de changements globaux), nous nous sommes focalisés sur les groupes d'espèces associées à des fonctionnements écologiques particuliers (ex : espèces aquatiques).

Concernant les activités socioéconomiques, il y en a deux : le pastoralisme extensif et les activités touristiques. Les outils et moyens de gestion ont également été intégrés à l'analyse. Au total, 15 « objets » ont été retenus.

Trame interrogative de l'analyse de la vulnérabilité

Pour chaque objet, la trame de questions ci-dessous est utilisée. Ce cheminement oriente la réflexion autour de la perception de la vulnérabilité des objets.

Exposition au changement climatique (1) :

- **Quels sont les principaux paramètres et aléas climatiques qui peuvent affecter mon objet ?**
- **À quel point ces paramètres peuvent-ils affecter l'objet ?** (Pas du tout / un peu / Moyennement / Fortement)
- **Comment évoluent les paramètres et aléas climatiques qui affectent mon objet ?** Favorablement/défavorablement

Sensibilité (2) :

- **Mon objet, pris isolément, est-il capable de s'adapter à des variations climatiques et à leurs effets ? Si oui, à quel point ?** (Faiblement / Moyennement / Fortement)

Capacité d'adaptation globale (3) :

- **Quels sont les pressions anthropiques et facteurs limitants** (ex : altitude, morphologie du site...) **autres que climatiques, pouvant limiter la capacité d'adaptation de mon objet ?**
- **Ces facteurs soumis aux effets du changement climatique, ont-ils tendance à évoluer :** Favorablement / défavorablement

- En prenant en compte la capacité d'adaptation intrinsèque et l'évolution des pressions (et autres facteurs d'influences), diriez-vous que la capacité d'adaptation globale de votre objet est : Nulle / Faible / Moyenne / Forte

Pour chaque objet, proposer le questionnement		Capacité d'adaptation globale (3)			
Exposition au CC (1)	Sensibilité intrinsèque (2)	Nulle	Faible	Moyenne	Forte
Défavorable	Forte	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
Favorable	Faible	Opportunité faible	Opportunité faible	Moyennement opportuniste	Opportunité forte
	Moyenne	Opportunité faible	Opportunité moyenne	Opportunité forte	Opportunité très forte
	Forte	Opportunité moyenne	Opportunité forte	Opportunité très forte	Opportunité très forte

Exemple pour la hêtraie acidiphile

Exposition au changement climatique (1) :

- Quels sont les principaux paramètres et aléas climatiques qui peuvent affecter mon objet ? **Augmentation des températures, sécheresses intenses etc.**
- À quel point ces paramètres peuvent-ils affecter l'objet ? (Pas du tout / un peu / Moyennement / **Fortement**)
- Comment évoluent les paramètres et aléas climatiques qui affectent mon objet ? (Favorablement / **Défavorablement**)

Sensibilité (2) :

- Mon objet, pris isolément, est-il capable de s'adapter à des variations climatiques et à leurs effets ? Si oui, à quel point ? (**Faiblement** / Moyennement / Fortement)

Capacité d'adaptation globale (3) :

- Quels sont les pressions anthropiques et facteurs limitants (ex : altitude, morphologie du site...) autres que climatiques, pouvant limiter la capacité d'adaptation de mon objet ? **Pastoralisme extensif non géré, surfréquentation, fragmentation de l'habitat etc.**

- Ces facteurs soumis aux effets du changement climatique, ont-ils tendance à évoluer : (Favorablement / **Défavorablement**)
- En prenant en compte la capacité d'adaptation intrinsèque et l'évolution des pressions (et autres facteurs d'influences), diriez-vous que la capacité d'adaptation globale de votre objet est : Nulle / **Faible** / Moyenne / Forte

À travers cet exemple, la **hêtraie** de la Massane est évaluée comme **très vulnérable** au changement climatique.

Questionnement sur la hêtraie		Capacité d'adaptation globale (3)			
Exposition au CC (1)	Sensibilité intrinsèque (2)	Nulle	Faible	Moyenne	Forte
Défavorable	Forte	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
Favorable	Faible	Opportunité faible	Opportunité faible	Moyennement opportuniste	Opportunité forte
	Moyenne	Opportunité faible	Opportunité moyenne	Opportunité forte	Opportunité très forte
	Forte	Opportunité moyenne	Opportunité forte	Opportunité très forte	Opportunité très forte

EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA RESERVE

Les informations qui suivent relatent les effets du changement climatique sur les objets évalués dans l'analyse de la vulnérabilité. Ces effets peuvent être positifs ou négatifs et ont permis d'apporter des réponses sur la vulnérabilité respective des objets. Cette approche est « objet-centrée » et ne représente pas le reflet des orientations de gestion de la réserve. Les sigles **+** ou **-** représentent les effets positifs et négatifs du changement climatique sur ces objets.

Les éléments naturels

Objets analysés	Augmentation des températures, intensification des sécheresses etc.	Incertitudes liées aux précipitations	Augmentation des phénomènes météorologiques violents
Hêtraie	<ul style="list-style-type: none"> - Les hêtres sont sensibles à la sécheresse ce qui peut causer une réduction de la croissance, un dépérissement ou la mortalité (Hearn & Gilbert 1977, Geßler et al. 2007). La sécheresse peut également amener une réduction des espèces spécialistes et commensalistes du hêtre. - Les facteurs principaux du dépérissement et de mortalité des individus de la réserve sont le gel tardif et la sécheresse (Petit, 2020). - Augmentation de la brûlure des feuilles liée à l'exposition solaire plus longue. - L'augmentation de la température perturbe la phénologie du hêtre. En effet, le débourrement des bourgeons est de plus en plus précoce. Si le débourrement est précoce et qu'un épisode de gel tardif survient, alors les bourgeons sont endommagés leur croissance est perturbée. De plus avec un développement végétatif plus avancé, un épisode de gelée tardive aurait des conséquences bien plus importantes. Le risque est très important lorsqu'il y a une conjonction de facteurs. Par exemple, si le mois de mars est très chaud, qu'un épisode de gel tardif survient début avril, suivis d'une forte pluviométrie pendant plusieurs jours, les dommages sur la production arboricole peuvent être colossaux (très forts dépérissements, fort taux de mortalité etc.). - La réduction des périodes de froid peut potentiellement réduire le nombre de boutons. - Survie accrue des mammifères nuisibles, insectes, parasites, pucerons, causant plus de dommages aux arbres à écorce mince et régénération réduite (banque de graines prédatée). <ul style="list-style-type: none"> o Pathogène : <i>Nectria ditissima</i> (chancre du hêtre) ; o Insecte : <i>Cryptococcus fagisuga</i> (Cochenille du hêtre). La présence de ces nuisibles favorise le dépérissement et la mortalité des populations de hêtres. - Le stress hydrique augmente chaque année en raison de l'intensification des sécheresses estivales, ce qui impact considérablement la hêtraie. 		
Ripisylve	<ul style="list-style-type: none"> - Conversion vers un habitat plus sec avec modifications des espèces, espèces invasives favorisées. - Déclin du couvert de la canopée. - Pic de mortalité lors des étés extrêmement secs. - /+ Changement dans la composition de la flore du sol. - Mortalité dans la banque de graines, notamment celles des saules avec sécheresse de + de 30 jours. - hiver plus doux : meilleure survie des herbivores, des insectes, pouvant mener à surpâturage/pression sur les arbres, augmentation des risques de cavitation et risque parasitaire accru. - Débourrage précoce avec augmentation des risques liés aux gelées tardives. - Perturbation du cycle phénologique des espèces rivulaires. - Amplification des assecs entraînerait une disparition des premiers stades de développement de la ripisylve (Rivages et al., 2013). - Le risque biologique des gels tardifs augmente du fait de la précocité de la végétation qui expose des organes floraux à des stades plus précoces, et donc plus fragiles. - Perturbation du cycle phénologique des espèces rivulaires. - Mortalité des aulnes par <i>Phytophthora pp.</i> (Exemple : 30 % de mortalité des individus de la ripisylve après l'épisode caniculaire de 2003). - le changement climatique, en instaurant un régime hydrique plus irrégulier risque de maintenir la nappe phréatique à des niveaux plus bas et donc plus difficiles à atteindre pour les racines des végétaux de la ripisylve. - /+ Dans le cas d'une diminution des débits liée à une diminution des précipitations, la succession est favorisée et la végétation s'étendrait dans le lit mineur en permettant le développement des espèces supérieures. - /+ Dans le cas d'une augmentation des précipitations, l'augmentation des débits tend à entraîner une régression de l'emprise de la ripisylve en empêchant le développement des stades de successions supérieures. 		

	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation des crues peut causer la mort des vieux arbres et le développement des broussailles. + Opportunité de créer des nouveaux boisements humides comme outils de contrôle des crues/érosion. + rajeunissement du milieu. - Les vents violents peuvent causer la perte des arbres vétérans. Or ces arbres formes de nombreux dendromicrohabitats garants d'une biodiversité locale. - Crues importantes favorisant l'érosion des berges.
Chenaie mixte	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation du stress hydrique des arbres, entraînant une plus grande vulnérabilité des arbres aux ravageurs et maladies (Broadmeadows & Ray 2005). Les arbres à feuilles larges, y compris le chêne, sont relativement résistants au feu mais les incendies pourraient entraîner des modifications localisées de la flore terrestre et composition du sous-étage (Ray, Morrison & Broadmeadows, 2010), et pourrait conduire à une perte localisée de la régénération des plantules et jeunes arbres (Ray, Morison & Broadmeadow, 2010). - Répétition de sécheresses estivales entraîne une réduction durable de la surface foliaire des arbres. + Saison de croissance plus longue et altération de la phénologie. - / + Modification des peuplements : chênaie pourrait empiéter sur la hêtraie. - Le risque biologique des gels tardifs augmente du fait de la précocité de la végétation qui expose des organes floraux à des stades plus précoces, et donc plus fragiles. - Diminution du nombre et de la taille des fruits et des graines. - Amélioration de la survie en hiver des mammifères nuisibles et insectes qui pourrait entraîner une régénération réduite et une perte de la flore. Augmentation des risques de cavitation, risques parasitaires accrus (Pathogène : <i>Erisiphe alphitoïdes</i> (oïdium des chênes).
Pelouses semi-naturelles	<ul style="list-style-type: none"> - Dégradation de l'habitat. - Diminution de la quantité fourragère et de la qualité nutritive nécessaire à l'activité pastorale. - Perturbation des cycles phénologiques. - Augmentation du risque de la fermeture du milieu par les ligneux. - Pelouses présentes sur les crêtes de la réserve : impossibilité des espèces à migrer en altitude - Augmentation de l'érosion en ravinements ou en rigole due à l'augmentation du ruissellement - Dégradation du milieu par effet de rejaillissement (effet <i>splash</i>), impact physique engendré par l'impact des gouttes de pluies lors de fortes précipitations. L'impact des gouttes d'eau provoque un rejaillissement latéral entraînant le phénomène de détachabilité. Les vitesses locales de ces jets latéraux sont à peu près doubles de la vitesse d'impact et suffisantes pour entraîner des particules de sol. L'effet <i>splash</i> affecte plus particulièrement les particules fines et les micro-agrégats de terre. En retombant, ceux-ci comblent les espaces libres entre les mottes si bien que la surface du sol passe d'un état fragmenté poreux et meuble à un état plus continu et plus compact formant une croûte de « battance ». L'infiltration de l'eau de pluie s'en trouve réduite ce qui favorise l'apparition de flaques où les particules se déposent renforçant la croûte et réduisant encore les possibilités d'infiltration.
Milieux aquatiques et espèces aquatiques	<ul style="list-style-type: none"> - L'augmentation de la température de l'eau va occasionner un stress thermique pour les espèces natives d'une part, et va favoriser l'installation d'espèces exotiques d'eaux tempérées d'autre part. Le stress thermique associé à la baisse des ressources (alimentaires...) disponibles dans le milieu (consommées par les espèces exotiques) va fragiliser les espèces natives. Ainsi, la raréfaction voire la disparition des espèces indigènes est le résultat d'une action combinée du changement climatique et des invasions biologiques. - Affecte la croissance et potentiellement la reproduction de certains organismes. - Une modification de la phénologie sous forçage climatique peut aboutir à une perte de synchronie trophique entre les espèces, entraînant une restructuration des réseaux trophiques (Beebee 1995, Martin 2007, Saino et al., 2009, Helland et al., 2009, Shutter et al., 2012). - Effets sur la physiologie des poissons : l'ensemble des fonctions vitales sont dépendantes de la température de l'eau. A chaque stade de développement (reproduction et stades embryonnaire, larvaire, juvénile et adulte) est associée une plage de tolérance thermique propre à chaque espèce (Baptist et al., 2014). Une tendance à la diminution de la taille des individus adultes sous l'effet de l'augmentation de la température est observée en milieux contrôlés ainsi qu'en milieu naturel (eau douce et salée). Ceci serait dû à l'augmentation du

	<p>processus de maturation (stade où la croissance ralentit). La durée de vie tend à diminuer. Ces processus entraînent une diminution de la taille moyenne des individus (Daufresne et al., 2009).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Effet de seuil. - S'il y a une diminution des précipitations, il y aura une baisse du débit alors il y aura une réduction des habitats et des populations préférant les courants plus rapides. - Modification de la qualité physico-chimique de l'eau. - Baisse des débits d'étiage entraînant une altération des milieux. - Diminution des débits des sources, possibilité de tarissement. - Baisse du niveau de la nappe phréatique. - Augmentation de l'érosion peut engendrer un déséquilibre morphosédimentaire, avec un bilan sédimentaire plus important pouvant provoquer des colmatages. - Augmentation de l'occurrence des crues pouvant dégrader les habitats. <p>✚ Renouvellement des habitats généré par les crues morphogènes.</p>
<p>Espèces locales indigènes</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Déplacements des biomes et d'espèces vers les pôles et en altitude pour les milieux terrestres (IPBES 2018a). - Déplacements des aires de répartition des espèces, souvent contraints avec des facteurs limitants (fragmentation des habitats, limite orographique etc.). Des changements rapides des conditions climatiques sont susceptibles de modifier l'étendue géographique de la répartition des espèces (Campbell et al., 2014). - Disparitions d'espèces. - La richesse potentielle des espèces de mammifères devrait réduire considérablement dans la région méditerranéenne (Levinsky et al., 2007). - Perturbations du réseau trophique. Perturbations de l'équilibre proies/prédateurs. - Dégradation de l'habitat. - Changement de composition de la végétation, distribution des espèces qui remontent en altitude. - Augmentation du dépérissement et de la mortalité des espèces due à des sécheresses successives. - Croissance réduite des végétaux pendant les étés très secs. - Augmentation des algues et des cyanobactéries dans l'eau, pouvant altérer les conditions physico-chimiques de l'habitat d'autres espèces. - Invasion de parasites ou d'agents pathogènes exotiques (Homet et al., 2019). - Perturbation des cycles phénologiques (débourrement, floraison, migration, etc.) des espèces. Les événements du cycle de vie au printemps et en été progressent de plus en plus tôt dans l'année. Risques des dommages liés aux gelées tardives amplifiés. - Changements liés au climat dans la diversité et la structure des communautés de sols affecteront les processus et les propriétés physiques du sol (par exemple : sa porosité, qui est augmentée par l'action des vers de terre). - Inadéquations liées au climat dans la phénologie des plantes et de leurs pollinisateurs ont été observées mais il n'existe aucune observation de l'inadéquation entre ces espèces en raison de changements dans la distribution. - L'adaptation génétique (plasticité phénotypique) au changement climatique permettra aux populations de subsister là où le climat deviendrait autrement inadapté ou de coloniser de nouvelles zones. - Les écosystèmes fortement fragmentés qui réduisent le flux de gènes entre les populations entraveront l'adaptation génétique à de nouvelles conditions, quelques espèces répandues (<i>Biodiversity Climate Change Impacts, Report Card 2015</i>). - Lien entre les épisodes climatiques extrêmes (sécheresse, vagues de chaleur) et l'augmentation des taux de défoliation* et de mortalité des arbres (Sangüesa-Barreda et al., 2015). - La relation entre les événements extrêmes et les changements phénologiques peut entraîner une baisse de la fécondité des espèces (Campbell et al., 2014).

	<ul style="list-style-type: none"> - Le risque biologique des gels tardifs augmente du fait de la précocité de la végétation qui expose des organes floraux à des stades plus précoces, et donc plus fragiles.
Espèces saproxyliques	<ul style="list-style-type: none"> + Augmentation de la mortalité du hêtre augmente la ressource alimentaire des espèces saproxyliques. + Survie accrue des mammifères nuisibles, insectes, parasites, pucerons, causant plus de dommages aux arbres à écorce mince et régénération réduite (banque de graines prédatée). <ul style="list-style-type: none"> o Pathogène : <i>Nectria ditissima</i> (chancre du hêtre) ; o Insecte : <i>Cryptococcus fagisuga</i> (Cochenille du hêtre). <p>La présence de ces nuisibles pourrait favoriser la mortalité des populations de hêtres et donc fournir davantage de ressources alimentaires pour les espèces saproxyliques.</p>
Espèces extérieures à la réserve	<ul style="list-style-type: none"> + Augmentation de la mortalité du hêtre ce qui diminue la compétition et offre des nouveaux espaces à coloniser. + Modifications des aires de répartitions offrant des conditions plus favorables. + Peut permettre une colonisation (<i>Quercus suber</i>, <i>Quercus petrae</i>, <i>Quercus ilex</i>, <i>Pinus nigra</i>, etc.).
Espèces exotiques envahissantes	<ul style="list-style-type: none"> + Augmentation de la mortalité du hêtre ce qui diminue la compétition et offre des nouveaux espaces à coloniser. + Modifications des aires de répartitions offrant un des conditions plus favorables. + maintien des populations (<i>Senecio inaequidens</i> : Seneçon du Cap) et apparition de nouvelles espèces exotiques envahissantes.

Les activités socioéconomiques			
Objets analysés	Augmentation des températures, intensification des sécheresses, etc.	Incertitudes liées aux précipitations	Augmentation des phénomènes météorologiques violents
Le pastoralisme extensif	<ul style="list-style-type: none"> - Fermeture du milieu réduisant la surface des zones d'estives. - Pression de pâturage insuffisante en début de saison, avec le risque de prolifération d'EEE. - Pression de pâturage trop importante durant la période estivale, causant la mortalité de la végétation souffrant déjà de stress hydrique et/ou thermique. - Réduction de bilan fourrager en été due à l'augmentation de la fréquence et de l'intensification des sécheresses. - Les phénomènes météorologiques violents ainsi que l'augmentation des précipitations en automne couplés au piétinement des troupeaux vont impacter la réserve de façons multiples (accentuation de l'érosion, perturbation du bilan sédimentaire, risque de colmatage du fleuve côtier de la Massane, risque d'inondation et de coulées de boue en aval, etc.). 		
Les activités touristiques	<ul style="list-style-type: none"> -/+ Hausse de la fréquentation durant la période estivale. -/+ Décalage des heures de fréquentation en période caniculaire. -/+ Conditions météorologiques difficiles (sécheresses, orages, etc.) 		

Les outils et les moyens de gestion

Objets analysés	Augmentation des températures, intensification des sécheresses, etc.	Incertitudes liées aux précipitations	Augmentation des phénomènes météorologiques violents
Moyens humains, infrastructures	<ul style="list-style-type: none"> - Conditions de plus en plus difficiles, risques d'incendie en augmentation, risques pour la santé (déshydratation, insolation) avec les sécheresses estivales intenses. -/+ Décalage des missions de terrains le matin ou le soir, pour éviter les heures chaudes de la journée - Conditions de travail dangereuses (tempêtes, inondations, etc.). - Dégradation des pistes DFCI et d'accès à la réserve. 		
Études suivis scientifiques	<ul style="list-style-type: none"> + De plus en plus d'intérêt sur la réponse des écosystèmes et des espèces au changement climatique. + Le changement climatique est un moteur pour les études scientifiques et représente un nouveau champ d'étude à large spectre (augmentation des financements nationaux, européens, thèses, etc.). + Orientations de nouveaux suivis scientifiques. - Arrêt de certains suivis, moins nécessaires. - Suivis scientifiques plus difficiles à effectuer, voire matériels dégradés par des événements météorologiques violents (tempêtes, érosion massive, coulées de boue, etc.). 		

CONCLUSION

Le changement climatique constitue une préoccupation majeure et grandissante pour la conservation des espaces naturels protégés mais également pour l'ensemble des territoires et des activités socio-économiques.

Ce plan d'adaptation au changement climatique, doit être considéré comme un document de référence climatique mais aussi comme un point de départ d'une démarche d'adaptation territoriale. Il souhaite maintenir et renforcer la protection des habitats naturels, les espèces, les fonctionnalités écologiques du milieu et les services écosystémiques que fournit la réserve. Il souhaite également préserver une coévolution entre les écosystèmes et les activités humaines, dans une logique durable et en cohérence avec le changement climatique.

Ce plan d'adaptation se conçoit comme un plan de sensibilisation. Il met en avant la vulnérabilité des enjeux majeurs de la réserve ainsi que de son territoire environnant et les impacts du changement climatique. Au-delà, ce plan est aussi une invitation à engager des actions nécessaires à l'amélioration du bon état écologique de la réserve et d'augmenter la résilience du territoire. Enfin, ce plan invite les acteurs du territoire à s'impliquer dans ce processus d'adaptation territoriale, en mobilisant les principaux leviers d'actions évoqués dans ce document

A présent, les causes anthropiques du changement climatique sont avérées. Etant conscient des impacts du changement global, nous avons la responsabilité d'atténuer les pressions anthropiques sur les milieux naturels. En effet, les pressions (fragmentation des habitats, pollutions atmosphériques, surfréquentation, pastoralisme non géré etc.) fragilisent la capacité d'adaptation de la Nature. Nous avons le devoir et les possibilités de limiter ces pressions, pour préserver ces milieux, et surtout de préserver leurs fonctionnalités écologiques. Ceci leur permettra de se réajuster face aux aléas climatiques et augmenter ainsi leur capacité de résilience. Il ne s'agit pas ici, de maintenir un type d'habitat ou une espèce en particulier, mais bien de préserver la fonctionnalité écologique des milieux.

En tant que gestionnaire de la réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane, nous nous positionnons comme moteur de cette démarche d'adaptation au changement climatique et invitons les acteurs du territoire à adapter leur pratique pour préserver la biodiversité, les services écosystémiques et leurs activités dans une logique et respectueuse de l'environnement et en cohérence avec le changement climatique.

Pour finir, notez que ce plan d'adaptation est un moyen d'alimenter les réflexions et d'amorcer une démarche d'adaptation territoriale. Ce document a pour ambition d'être utilisé, critiqué et adapté. Le changement climatique est continu et évolutif, nos pratiques de gestion se doivent de l'être également.

BIBLIOGRAPHIE

- Aubé, D. 2016. Impacts du changement climatique dans le domaine de l'eau sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse - Bilan actualisé des connaissances –. Collection « eau & connaissance ». Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. 114 p.
- Astrade, L., & Dufour, S. 2010. Dendrochronologie en ripisylve. Des cernes aux changements hydromorphologiques dans les systèmes fluviaux. Collection EDYTEM. Cahiers de géographie, 11(1), 131-140.
- Baptist, F., Poulet, N., and Séon-Massin, N. 2014. "Les Poissons d'eau Douce à l'heure Du Changement Climatique : Était Des Lieux et Pistes Pour l'adaptation." Collection Comprendre Pour Agir.
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., & Courchamp, F. 2012. *Impacts of climate change on the future of biodiversity. Ecology Letters*, 15(4), 365-377. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x>
- Bentou, R. 2009. Pré diagnostic pastoral de la réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane, Travaux n°85.
- Campbell, A., Kapos, V., Scharlemann, J. P. W., & Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 2009. *Review of littérature on the the link beteween the biodiversity and climate change (Impact, adaptation, mitigation).*
- Choat, B., Jansen J., Brodribb T. J., Cochard H., Delzon S., Bhaskar R., Bucci S. J., Field T. S., Gleason S. M., Hacke U. G., Jacobsen A. L., Lens F., Maherali H.,Martínez-Vilalta J., Mayr S., Mencuccini M., Mitchell P. J., Nardini A., Pittermann J., Pratt R. B., Sperry J. S., Westoby M., Wright I. J. et Zanne A. E. 2012. « *Global Convergence in the Vulnerability of Forests to Drought* », *Nature*, 491, pp. 752-755.
- Cochard, H., & Granier, A. 1999. Fonctionnement hydraulique des arbres forestiers. *Revue Forestière Française*, 51(2), 120-134
- Doblas-Miranda, E., et al., 2017. *A review of the combination among global change factors in forests, shrublands and pastures of the Mediterranean Region: Beyond drought effects. Global and Planetary Change*, 148, 42-54. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.11.01>
- Dutartre, A., Suffran Y. 2011. Changement climatique et invasions biologiques. Impacts sur les écosystèmes aquatiques, risques pour les communautés et futurs moyens de gestion. Convention Onema – Cemagref, rapport 2010, 49 p.
- EEA. 2015. *Climate change impacts and adaptation. European Environment Agency.* <https://www.eea.europa.eu/soer-2015/europe/climate-change-impacts-and-adaptation>
- EEA. 2016. *European forest ecosystems: State and trends. European Environment Agency.*
- EUROPARC España. Manual 13. 2018. *Las áreas protegidas en el contexto del cambio global: incorporación de la adaptación al cambio climático en la planificación y gestión.*
- EUROPARC-Spain. Manual 14. 2020. *Mediterranean Old-Growth Forests : Characteristics and Management Criteria in Protected Areas.*
- FNE Auvergne Rhône Alpes. 2018. Préserver et restaurer les ripisylves : un enjeu de biodiversité : un enjeu de biodiversité.
- Food and Agriculture Organization. 2016. Global forest resources assessment 2015 : How are the world's forests changing ?*

- GIEFS, LOMBARD M., VAS N., DALSTEIN L. 2014. « Mise en évidence des effets de l’ozone sur la végétation », Travaux de la Massane, Tome n°102.
- Granier, A. coord. 2013. Analyse et spatialisation de scénario intégré de changement global sur la forêt française, rapport de fin de contrat Programme GICC, 129 p.
- Henle, Klaus, Daniela Dick, Alexander Harpke, Ingolf Kühn, Oliver Schweiger, and Josef Settele. 2008. *Climate Change Impacts on European Amphibians and Reptiles*.
- Horrenberger, N., FRB. 2020. Incidence du changement climatique sur la biodiversité dans les écosystèmes forestiers et littoraux d’Europe et d’Afrique.
- Huylenbroeck, L., Michez, A., Claessens, H. 2019. Guide de gestion des ripisylves. SPW, DGARNE, DCENN, Namur, 80 p.
- Lavorel S., Lebreton J-D., Le Maho Y. 2017. Les mécanismes d’adaptation de la biodiversité aux changements climatiques et leurs limites.
- Le Galliard, J. F., Manuel Massot, J. P. Baron, and J. Clobert. 2012. “*Ecological Effects of Climate Change on European Reptiles.*” *Wildlife Conservation in a Changing Climate (January)* : 179-203.
- Locatelli, B. 2013. Services écosystémiques et changement climatique. Environnement et Société. Université de Grenoble.
- Moss, Brian. 2015. “*Biodiversity Climate Change Impacts Report Card Technical Paper 17. Freshwaters, Climate Change and UK Conservation.*” 1–63.
- Mossman, Hannah L., Aldina M. A. Franco, and Paul M. Dolman. 2015. *Biodiversity Climate Change Impacts Report Card Technical Paper 3. Implications of Climate Change for UK Invertebrates (Excluding Butterflies and Moths)*.
- Naiman, R. J., Decamps, H., & McClain, M. E. 2010. *Riparia : ecology, conservation, and management of streamside communities*. Elsevier.
- Newman, Chris and David W. Macdonald. 2015. *Biodiversity Climate Change Impacts Report Card Technical Paper 2. The Implications of Climate Change for Terrestrial UK Mammals*. Vol. 44
- Observatoire National des Effets du Réchauffement Climatique, Rapport 2014, Arbre et forêt, WEB Gip ECOFOR
- Pearce-Higgins, J., 2015. *Biodiversity Climate Change Impacts Report Card Technical Papers 7. Evidence of Climate Change Impacts on Populations Using Long-Term Datasets*.
- Petit ,C. 2020. *Locate and understand the mortality risk of forest tree under climate change : Multi-scale approach combining statistical and mechanistic modelling*.
- Rivaes, R., Rodríguez-González, P.M., Albuquerque, A., Pinheiro, A.N., Egger, G., Ferreira, M.T. 2013. *Riparian vegetation responses to altered flow regimes driven by climate change in Mediterranean rivers*. *Ecohydrology* 6, 413-424. Doi :10.1002/eco.128

Vennetier, M, Ladier. J, F. Rey F. Le contrôle de l'érosion des sols forestiers par la végétation face aux changements globaux. *Revue Forestière Française, Ecole nationale du génie rural*, 2014, LXVI (4), 15p. hal-01180744

Wormworth, Janice (*Climate Risk Pty Limited Australia*) and Karl (*Climate Risk Pty Limited Australia*) Mallon. 2006. *Bird Species and Climate Change*.

Ziska, L. H., Blumenthal, D. M., Runion, G. B., Hunt, E. R., & Diaz-Soltero, H. 2011. *Invasive species and climate change : An agronomic perspective. Climatic Change*, 105(1–2), 13-42. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9879-5>



naturadapt.com

Le projet LIFE Natur'Adapt vise à intégrer les enjeux du changement climatique dans la gestion des espaces naturels protégés européens. Coordonné par Réserves Naturelles de France, il s'appuie sur un processus d'apprentissage collectif sur 5 ans (2018-2023), autour de trois axes :

- L'élaboration d'outils et de méthodes opérationnels à destination des gestionnaires d'espaces naturels, notamment pour élaborer un diagnostic de vulnérabilité au changement climatique et un plan d'adaptation ;
- Le développement et l'animation d'une communauté transdisciplinaire autour des espaces naturels et du changement climatique ;
- L'activation de tous les leviers (institutionnels, financiers, sensibilisation...) nécessaires pour la mise en œuvre concrète de l'adaptation.

Les différents outils et méthodes sont expérimentés sur six réserves partenaires du projet, puis seront revus et testés sur 15 autres sites avant d'être déployés aux échelles nationale et européenne.

Coordinateur du projet



Contact : naturadapt-rnf@espaces-naturels.fr / 03.80.48.91.00

Partenaires engagés dans le projet



Financeurs du projet



The Natur'Adapt project has received funding from the LIFE Programme of the European Union

Photo de couverture : ©RNMassane