Le Parc naturel régional de la Sainte-Baume face au changement climatique

Novembre 2024

Parc naturel régional de la Sainte-Baume

air

GREC SUD

Ce cahier territorial sur les enjeux liés au changement climatique a été réalisé par le Groupe régional d'experts sur le climat en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-SUD, www.grec-sud.fr), avec la participation de scientifiques et la collaboration active du PNR de la Sainte-Baume. Commandé et financé par le Parc naturel régional de la Sainte-Baume, il a été coordonné par Cécile Bergeot (AIR Climat) et a bénéficié de la collaboration de l'équipe du Parc et de son Conseil scientifique.

Le GREC-SUD décrypte et diffuse les connaissances scientifiques sur l'évolution du climat, évalue les enjeux et les effets du changement climatique de l'échelle régionale à locale, et accompagne les acteurs régionaux pour limiter les impacts du climat sur les territoires et accélérer la transition écologique. Il bénéficie d'un financement de la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur et de l'ADEME.

Direction de la publication : GREC-SUD.
Coordination générale : Cécile Bergeot.
Réalisation de la maquette : Tumult.
Date de publication : novembre 2024.

Crédit photos : couverture, crête de la Sainte-Baume © Jean-Claude Flaccomio, 4ème de couverture, Saint-Maximin © Pascal Auda.
Crédit pictogrammes : © Freepik / © Flaticon.

Édito

Le changement climatique est un sujet sur toutes les lèvres. Nous en entendons souvent parler, mais il peut être difficile de savoir comment agir à notre niveau.

Bien que certaines conséquences du changement climatique puissent sembler lointaines, nous commençons à comprendre qu'elles nous concernent tous. Les effets sont déjà perceptibles ici, sur notre belle montagne, la Sainte-Baume, au cœur de notre Parc naturel régional.

La Sainte-Baume, depuis des millénaires, joue un rôle essentiel de refuge climatique pour des écosystèmes alpins précieux, comme la hêtraie de Plan d'Aups. Cette montagne est également la « mère des eaux », nourrissant de nombreuses rivières et nous offrant ses ressources vitales. Aujourd'hui, elle fait face aux défis imposés par le changement climatique : des sources autrefois pérennes s'assèchent plus fréquemment, nos forêts, y compris la pinède, peinent à s'adapter et nos cultures agraires évoluent sous la pression des nouvelles conditions climatiques.

« Agir pour un avenir durable à la Sainte-Baume »

Mais il y a de l'espoir. La préservation de la Sainte-Baume repose en partie entre nos mains. Grâce à l'outil Parc naturel régional, nous avons la possibilité de protéger et d'enrichir ce territoire qui nous est cher. Nous devons assurer qu'elle reste un sanctuaire pour la biodiversité et continue de nous offrir ses ressources inestimables. Elle doit demeurer un lieu de ressourcement et de recueillement pour nous et pour les générations futures. Nos actions locales, nos projets politiques, notre façon de vivre et d'aménager ce territoire sont essentielles pour garantir son devenir. Pour mieux anticiper les changements à venir et adapter nos projets, le Parc naturel régional de la Sainte-Baume, en collaboration avec son Conseil scientifique et prospectif, a fait appel au Groupe régional d'experts sur le climat (GREC-SUD).

Nous pouvons agir pour que la Sainte-Baume continue, pour de nombreuses générations encore, à être riche de paysages, riche de biodiversité, riche d'eaux et de rivières, et riche de vies tout simplement. Ensemble, par notre engagement et notre volonté d'agir, nous pouvons bâtir un avenir durable. C'est en unissant nos forces que nous garantirons un héritage précieux pour les générations à venir. Continuons à discuter, mais surtout, continuons à agir.

Michel Gros
Président du Parc naturel régional de la Sainte-Baume (photo 1 © Michel Gros)

Table des matières

Édito....3
Introduction....6

1. Les trajectoires climatiques du territoire de la Sainte-Baume....8
1.1. Un climat territorial contrasté en évolution....8
1.2. Quel avenir climatique pour le territoire ?....10
1.3. Évolution des aléas météorologiques extrêmes sur le territoire de la Sainte Baume....12
1.4. Face à ces trajectoires climatiques : atténuation, adaptation et préservation de la biodiversité....15

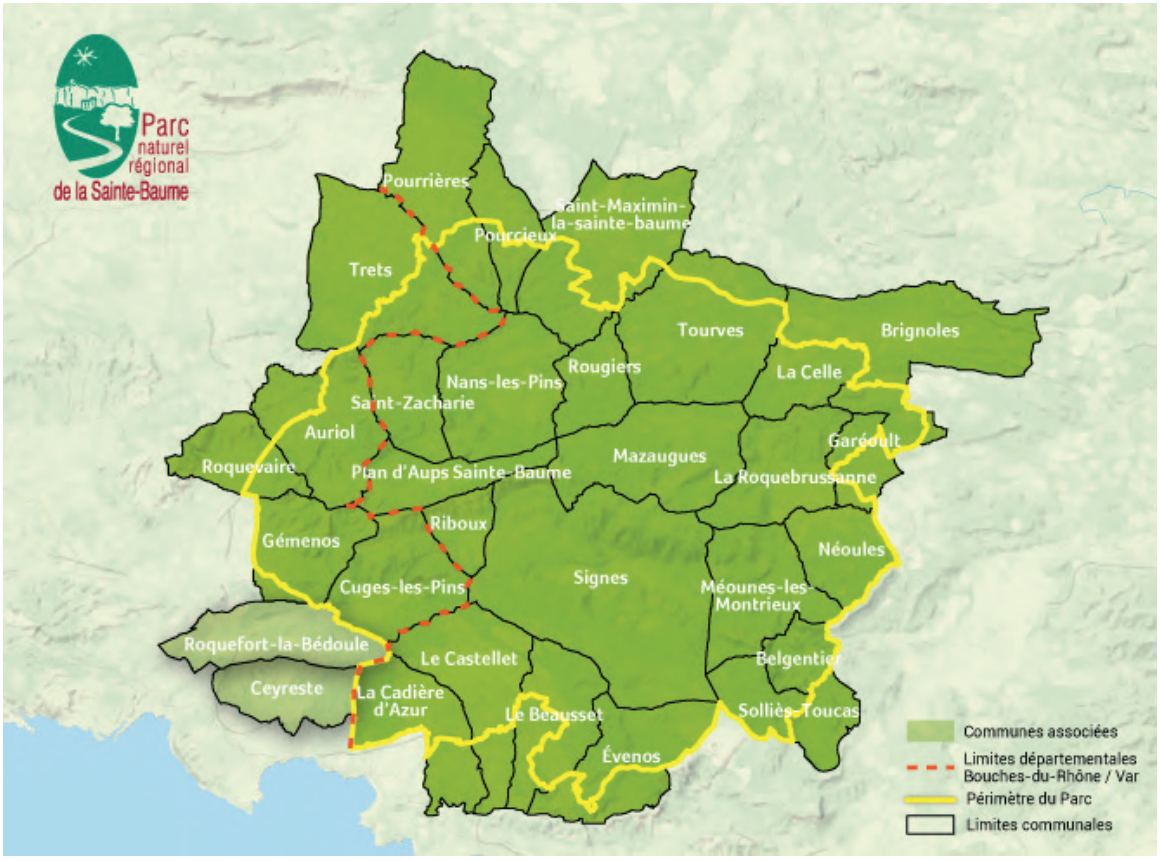
2. L'évolution de la ressource en eau sur le territoire de la Sainte-Baume....18
2.1. La Sainte-Baume, château d'eau de la Basse-Provence calcaire....18
2.2. Le changement climatique : une menace pour la sécurisation de la ressource en eau ?....20
2.3. Des orientations pour préserver la capacité à satisfaire les besoins de tous....23
2.4. Des écosystèmes aquatiques en tension....25

3. Les effets du changement climatique sur les milieux naturels terrestres du parc de la Sainte-Baume et leur biodiversité....27
3.1. Les forêts de la Sainte-Baume face au changement climatique....27
3.1.1. Les dépérissements forestiers, un phénomène en expansion....27
3.1.2. Le changement climatique augmente le risque de feux de forêt....30
3.1.3. Quelle gestion forestière pour préserver la santé des écosystèmes forestiers ?....32
3.2. Les milieux d'altitude : exemple des Landes à genêts de Lobel et pelouses semi-naturelles....33
3.3. Quel devenir pour les espèces animales emblématiques du Parc ?....34
3.4. Comment allier préservation de la biodiversité et lutte contre le changement climatique ?....36

4. L'agriculture en première ligne face au changement climatique : comment s'adapter ?....37
4.1. La viticulture : faire face aux aléas climatiques....37
4.2. Quelle adaptation pour l'oléiculture ?....40
4.3. L'apiculture territoriale face aux changements climatiques....41
4.4. Le pastoralisme, secteur clé pour la lutte contre le risque incendie....42
4.5. Diversification et agroécologie : deux éléments clés de l'évolutions des pratiques agricoles....43
4.6. L'alimentation, un levier de la transition écologique....44

5. Habiter le territoire en contexte de changement climatique : entre santé, vulnérabilité et sobriété.....47
5.1. Vers des modes de vie plus sobres en énergie et en GES.....47
5.2. Améliorer la santé et bien-être dans le territoire.....49
5.3. Le tourisme de demain, à la croisée des enjeux d'adaptation et d'atténuation.....51

Conclusion.....53
Contributeurs.....54



Introduction

Officialisé en 2017, le Parc naturel régional de la Sainte-Baume est un territoire rural d'une superficie de 84 200 ha et rassemblant 28 communes adhérentes. Territoire contrasté et sous influence méditerranéenne, il est caractérisé par son massif calcaire, la Sainte-Baume, qui s'étend d'Est en Ouest sur 35 km et culmine à 1 148 m. Le parc est composé à 80 % d'espaces naturels, reconnus pour la richesse de leur biodiversité. Son massif karstique abrite des masses d'eau souterraines considérées comme stratégiques. Sa position entre les deux grandes métropoles, Aix-Marseille-Provence Métropole à l'Ouest et Toulon Provence Métropole au Sud-Est, lui confère une fonction récréative et touristique importante. Les surfaces agricoles, bien que ne couvrant que 12 % du territoire (principalement des vignes), constituent également un élément paysager, social et économique important.

Dans quelle mesure ces caractéristiques du territoire, écosystèmes, économie et qualité de vie, pourraient-elles être remises en question par le changement climatique ? Quelles orientations prendre au regard des grandes tendances environnementales et sociales ?

A l'échelle globale, depuis le début du 20ème siècle, on constate une tendance générale à la hausse des températures (+1,2 °C), marquée par une forte accélération depuis les années 80. L'année 2023 a battu tous les records de température mondiale et la moyenne de la température des douze derniers mois (de septembre 2023 à août 2024) est la plus élevée jamais enregistrée, avec 1,64 °C supplémentaires par rapport au début de la période pré-industrielle, soit au-dessus du seuil symbolique des 1,5 °C. Il ne fait aucun doute aujourd'hui que ces records seront dépassés dans les années à venir. L'origine humaine de ce phénomène, via les émissions de gaz à effet de serre (GES), fait désormais consensus. En zone méditerranéenne, ces changements se traduisent notamment par une hausse importante des températures, par une intensification des aléas météorologiques extrêmes et un renforcement du régime méditerranéen des précipitations. Les impacts sur les écosystèmes et les systèmes socio-économiques, d'ores et déjà nettement visibles, vont s'amplifier dans les décennies à venir, n'épargnant aucun territoire, ni aucun secteur économique.

Étant donné ses caractéristiques naturelles et biogéographiques, la Sainte-Baume est soumise à plusieurs facteurs de risques. Face à ces évolutions climatiques et leurs conséquences en cascade, parfois encore mal connues ou incertaines, les questions de la vulnérabilité et de l'avenir du territoire se posent. Quelles sont les trajectoires climatiques sur le territoire à court, moyen et long terme ? Quelles conséquences de ces évolutions dans les décennies à venir ? Quelles « solutions », et plus largement quelles stratégies, mettre en œuvre sur le territoire pour réduire les émissions de GES et s'adapter tout en préservant la biodiversité ?

Dès 2014, le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), et plus récemment le Haut Conseil pour le Climat, soulignent l'importance de l'échelon infra-national (régional et local) dans la mise en œuvre des politiques de transition ou de transformation, écologique et énergétique. De plus, le cadre juridique, les plans, les schémas directeurs, les financements se multiplient, au niveau régional et national, pour enclencher et généraliser les politiques de transition écologique. L'objectif est d'aller vers des territoires plus sobres en carbone, en eau et en surface, adaptés et plus résilients face aux conséquences du changement climatique.

Dans ce contexte, les Parcs naturels régionaux constituent un relai logique et « naturel » dans la mise en œuvre de politiques territoriales. Leurs missions d'accompagnement (protéger les patrimoines naturels et culturels ; aménager le territoire ; développer l'économie et le lien social ; accueillir, éduquer et informer les publics ; expérimenter et innover) sont des leviers importants en faveur des transitions et de la résilience des territoires (écosystèmes et systèmes socio-économiques).

C'est dans ce cadre, et avec l'ambition de mettre à disposition les connaissances les plus récentes que le parc de la Sainte-Baume a initié avec le GREC-SUD la réalisation d'un cahier sur les principaux enjeux territoriaux liés au changement climatique. Cette publication est un travail collaboratif qui porte les voix d'une dizaine d'experts scientifiques.

L'objectif est tout d'abord, grâce aux connaissances centralisées et synthétisées dans ce document, de renforcer la culture commune territoriale sur ces enjeux, de faciliter l'identification des vulnérabilités sur le long terme pour les différents secteurs économiques (tourisme, agriculture, filière bois, etc.), les écosystèmes, et les habitants puis la mise en œuvre de stratégies et plans territoriaux grâce aux pistes de solutions évoquées dans le cahier.

L'évolution des pratiques et usages apparaît à la fois comme inéluctable mais aussi, malgré l'ampleur de la tâche, comme une opportunité. S'engager dans la transition écologique, c'est ouvrir la voie à un territoire plus résilient, plus sobre en carbone et plus vivable pour tous.

Photo 2. Hêtraie au pied des falaises du versant nord de la Sainte-Baume © Georges Flayols.

1. Les trajectoires climatiques du territoire de la Sainte-Baume

Appréhender les caractéristiques du climat, ses évolutions actuelles et futures, est un prérequis à l'analyse des vulnérabilités territoriales et, malgré les incertitudes qui persistent, à la mise en place de stratégie d'adaptation pertinentes et efficaces sur le long terme afin de préserver au mieux les écosystèmes et les populations.

1.1. Un climat territorial contrasté en évolution

Cécile Bergeot (AIR Climat), Antoine Nicault (AIR Climat), Michel Vennetier (IRSTEA)

Dans le massif de la Sainte-Baume, le climat est globalement tempéré, de type méditerranéen. Il est caractérisé par des étés chauds, associés à une sécheresse estivale marquée, et des automnes et hivers doux présentant des cumuls de précipitations importants mais très variables d'une année sur l'autre. Sur le territoire du parc, les températures mensuelles moyennes oscillent au cœur du massif entre -4 °C et 6 °C pour l'hiver et entre 17 °C et 23 °C pour l'été, ces moyennes étant 3 à 4 °C supérieures dans les parties basses du territoire. Les pluies moyennes annuelles sont d'environ 700 mm sur les 30 dernières années (de 382 à 1076 mm), avec un maximum de 877 mm au cœur du massif et des minimums de 609 à 733 mm dans les parties basses du parc, mais avec des valeurs ponctuelles par station allant de 314 à 1596 mm/an.

Localement, les caractéristiques territoriales, relief, altitude, exposition, notamment le massif de la Sainte-Baume orienté est-ouest et culminant à plus de 1000 mètres d'altitude, engendrent des variations locales de températures et de pluviométrie importantes, allant jusqu'à la création d'un mésoclimat frais et humide au pied du versant nord de la Sainte-Baume. Ce dernier est notamment propice au développement d'une végétation présentant des caractéristiques de type montagnarde, la hêtraie de la Sainte-Baume, cas unique au cœur de la Basse-Provence.

Une augmentation rapide des températures territoriales depuis les années 70

Sur le territoire du parc, comme à l'échelle de la planète, les températures sont en hausse depuis le début du 20ème siècle et montrent une forte accélération depuis la fin des années 70 (Figure 1). Sur les cinquante dernières années, elles ont augmenté de 1,8 °C, soit en moyenne +0,35 °C par décennie. Cinq des six dernières années (2019-2023) sont les plus chaudes jamais enregistrées sur le territoire du parc, 2022 et 2023 battant largement tous les records précédents. La vitesse de cette hausse des températures est inédite en l'état actuel des connaissances. Elle s'accompagne, entre autres, d'une augmentation du nombre de journées supérieures à 30 °C, des nuits tropicales (c'est-à-dire ne descendant pas en dessous de 20 °C), et une diminution du nombre de jours de gel.

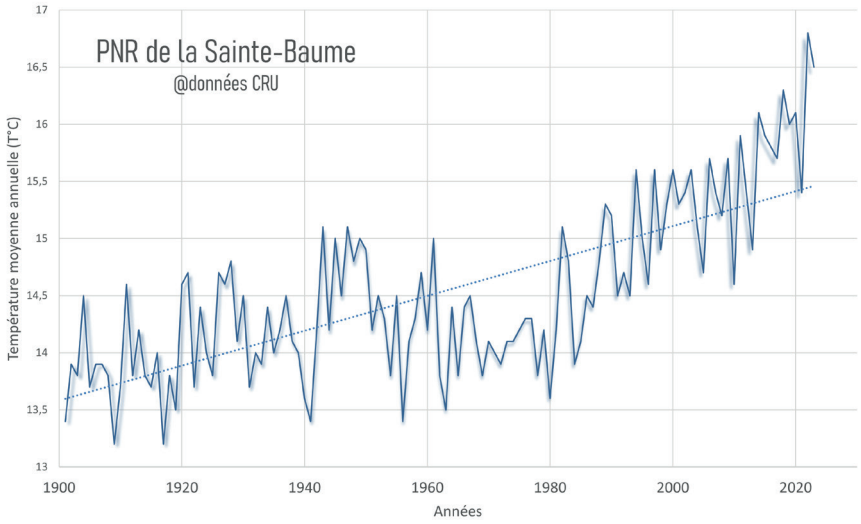


Figure 1. Évolution de la température moyenne annuelle sur le territoire du Parc de la Sainte-Baume. Météo-France ne disposant pas de données de référence (données homogénéisées, validées, couvrant *a minima* une période de 60 ans et recommandées par Météo-France pour réaliser diagnostic et études climatiques) pour l'étude du changement climatique sur le territoire, les données historiques interpolées du *Climate Research Unit* ont été extraites sur le territoire © Antoine Nicault.

Une tendance à la diminution du cumul annuel des précipitations, faible mais perceptible

La mesure des cumuls annuels de précipitations depuis 1950 à Cuges-les-Pins (Figure 2) illustre leur forte variabilité avec une alternance d'années et de périodes pluriannuelles bien arrosées ou plus sèches.

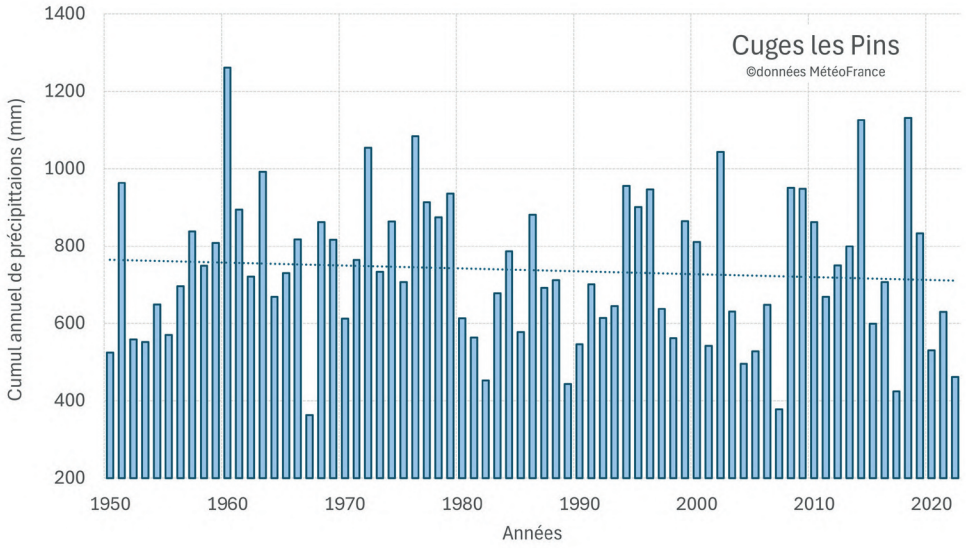


Figure 2. Évolution du cumul annuel de précipitations à Cuges-les-Pins sur la période 1950-2022 © Météo-France (données de référence pour l'étude du changement climatique).

Plus largement, une étude élargie sur 16 stations au sein du Parc et sa périphérie immédiate (Figure 3), confirme la forte variabilité interannuelle et montre une légère tendance à la diminution du cumul annuel (moins de 8 %) entre le milieu du 20ème siècle (1930-1979 [774 mm]) et la période actuelle (1980-2023 [692 mm] et 2003-2023 [688 mm]).

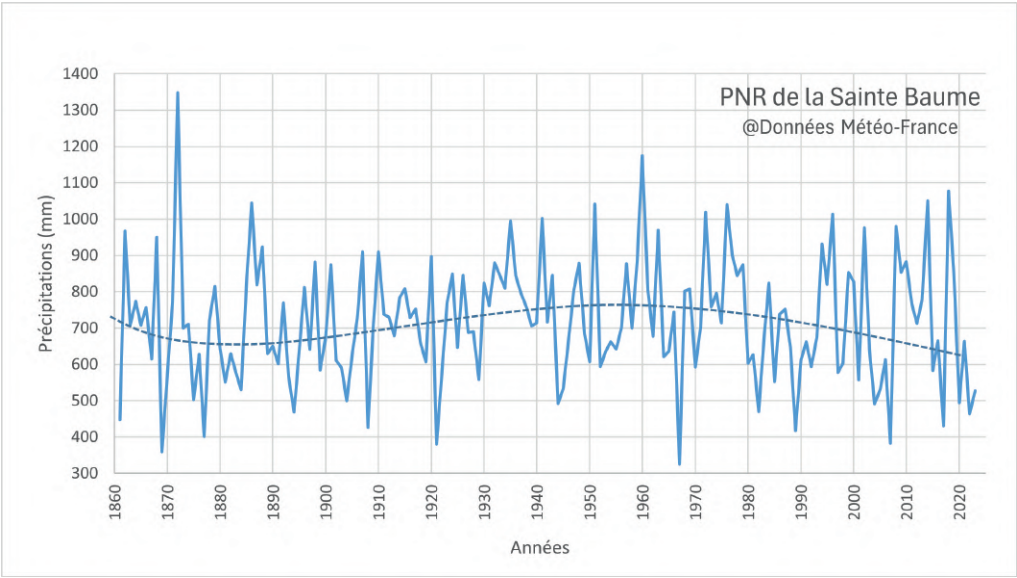


Figure 3. Évolution des précipitations sur le périmètre du Parc Naturel Régional de la Sainte-Baume sur 160 ans © Michel Vennetier.

1.2. Quel avenir climatique pour le territoire ?

Cécile Bergeot (AIR Climat/GREC-SUD), Antoine Nicault (AIR Climat/GREC-SUD)

L'évolution des températures et des précipitations dans le futur est évaluée à partir de projections issues de différents modèles climatiques. Les modèles simulent l'évolution de différentes variables climatiques selon différents scénarios du développement socio-économiques impliquant des engagements politiques pour la baisse des émissions. Ici les RCP[1] sont des scénarios de référence de l'évolution du forçage radiatif et donc de la concentration future des GES dans l'atmosphère. Les projections réalisées à partir de trois scénarios sont présentées ici : le scénario le plus optimiste (RCP 2.6) prévoit une réduction drastique des émissions pour atteindre la neutralité carbone autour de 2050, le scénario intermédiaire (RCP 4.5) correspond à une atteinte de la neutralité carbone avant la fin du 21ème siècle mais avec une élévation des températures à un niveau supérieur à ce qui est préconisé par l'Accord de Paris. Enfin, le scénario pessimiste (RCP 8.5) correspond à une absence d' action d'atténuation, entraînant une poursuite de l'augmentation des températures au rythme actuel.
Ainsi dans le futur, la hausse des températures territoriales dépendra donc de notre capacité à l'échelle globale à réduire rapidement les émissions de gaz à effet de serre, et à atteindre la neutralité carbone c'est-à-dire à ne pas émettre de GES au-delà de la capacité des écosystèmes à séquestrer du carbone.

Quelles évolutions des températures sur le territoire ?

Les températures du territoire de la Sainte-Baume continueront à augmenter au moins jusqu'en 2050 pour tous les scénarios climatiques (Figure 4). Cette augmentation de la température moyenne annuelle sera comprise entre +1,1 °C pour le scénario optimiste, 1,7 °C si l'on suit le scénario intermédiaire et +2,2 °C pour le scénario le plus pessimiste. Ces chiffres sont des anomalies par rapport à la période de référence 1976-2005. Actuellement, la hausse des températures dépasse déjà les projections les plus pessimistes. De ce fait, il est probable qu'à l'horizon 2050 la hausse des températures territoriales ressemble aux prédictions du scénario le plus pessimiste. À l'horizon 2085, les différences selon les scénarios sont beaucoup plus importantes. Alors que les températures projetées par le modèle le plus optimiste se stabilisent, voire diminuent, les températures moyennes annuelles pourraient atteindre +3,9 °C (toujours par rapport à la période de référence 1976-2005), selon le scénario le plus pessimiste. Les projections obtenues avec le scénario intermédiaire montrent une stabilisation des températures d'ici la fin du siècle autour de +2 °C degrés supplémentaires.

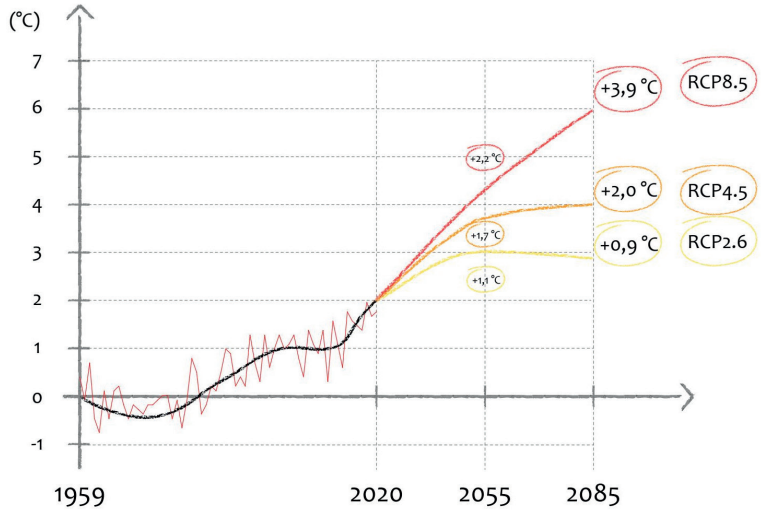
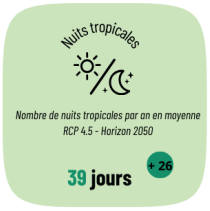


Figure 4. Anomalies pour les températures moyennes annuelles du territoire de la Sainte-Baume[2] sur la période 1960 à 2085, par rapport à la période de référence 1976-2005, selon les trois scénarios climatiques de référence. Les projections sont extraites de la banque de données DRIAS © Météo-France.

[1] Notons que le GIEC lors de son dernier rapport (2022) a communiqué autour de nouveaux scénarios les SSP mais dont les projections sont encore non disponibles à l'échelle territoriale.
[2] Données DRIAS à 8 km de résolution spatiale agrégées pour le territoire.

Selon les prévisions, cette élévation des températures sera marquée de disparités saisonnières significatives. L'augmentation des températures territoriales serait plus rapide en été et en automne, avec des températures moyennes journalières estivales augmentant de +1,9 °C à 2,7 °C à l'horizon 2055 selon les scénarios. D'ici la fin du siècle, les températures estivales pourraient atteindre jusqu'à +4,8 °C pour le scénario le plus pessimiste. En revanche, la hausse des températures semblerait un peu moins importante (bien qu'effective) en hiver et au printemps.



Certains indicateurs extraits de ces projections climatiques sont particulièrement parlants. Par exemple, le nombre de journées dont la température sera supérieure à 25 °C à l'horizon 2050, devrait augmenter en moyenne au printemps de 3 à 5 jours et en automne de 8 à 11 jours. Le nombre de journées de très fortes chaleurs (>35 °C) serait également en augmentation de 3 à 5 jours en moyenne d'ici 2050, allant jusqu'à 15 jours d'ici la fin du siècle dans le cas d'un scénario pessimiste. Les nuits tropicales (températures ne descendant pas en dessous de 20 °C), indicateur important en terme de santé publique et de fonctionnement des écosystèmes, devraient, elles aussi, être plus nombreuses sur le territoire : 25 à 35 nuits supplémentaires d'ici 2050 et jusqu'à 65 nuits dans le pire des cas à la fin du siècle. **Attention cependant : ces chiffres sont des moyennes à l'échelle du territoire incluant de fortes disparités entre la partie sud et la partie nord.** Un autre exemple concerne le nombre de jours de gel qui devrait diminuer de moitié d'ici 2050, entre 9 et 12 jours sur l'année, et potentiellement disparaître d'ici la fin du siècle. Ici encore il faut noter de fortes disparités territoriales liées aux reliefs.

Quelles évolutions des précipitations dans le futur ?

Les projections des précipitations sont associées à de fortes incertitudes. Peu de tendances marquées, à la hausse ou la baisse, apparaissent pour les décennies à venir. À l'horizon 2055, les projections montrent une légère hausse (de quelques %) du cumul annuel pour les scénarios optimiste et intermédiaire, et une très légère baisse pour le scénario pessimiste (Figure 5). Quelques contrastes saisonniers apparaissent, mais là aussi les incertitudes sont grandes. On devrait constater une augmentation assez significative du cumul de précipitation en hiver, jusqu'à 20 % à l'horizon 2050, et une baisse pour toutes les autres saisons, légèrement plus marquée pour la période estivale. À la fin du siècle, une tendance plus significative à la baisse semble se dessiner pour le scénario pessimiste (environ -10 %), associée à une diminution du nombre de jours de pluie (-11 jours).

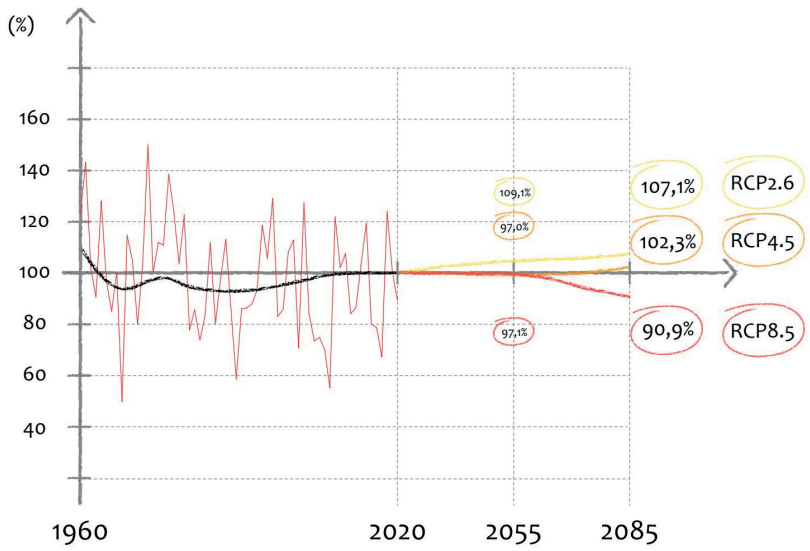


Figure 5. Évolutions du cumul des précipitations moyennes annuelles dans le territoire de la Sainte-Baume sur la période 1960 à 2085, selon trois scénarios climatiques du GIEC © DRIAS.
Les données observées proviennent des données historiques interpolées du *Climate Research Unit* © CRU.

1.3. Évolution des aléas météorologiques extrêmes sur le territoire de la Sainte-Baume

Antoine Nicault (AIR Climat/GREC-SUD)

Vagues de chaleur ou vagues de froid tardif, pluies intenses, sécheresses, ces évènements météorologiques extrêmes ont souvent des conséquences dramatiques sur nos vies et celle des écosystèmes : mortalité, destruction d'habitation ou autres infrastructures, perte de récolte, perte d'habitats naturels, etc. Il est important de connaître comment la forte tendance à la hausse des températures régionales impacte les caractéristiques de ces évènements météorologiques (fréquence, intensité, durée).

Des vagues de chaleurs en forte augmentation

Directement en lien avec la forte hausse des températures, les aléas liés aux chaleurs extrêmes (pics de chaleur, vagues de chaleur et canicules) sont en forte évolution sur le territoire régional et le parc de la Sainte-Baume. Si ces épisodes ne sont pas nouveaux, la quasi moitié des vagues de chaleurs répertoriées en Région Provence-Alpes-Côte d'Azur depuis 1947 ont eu lieu au cours des 10 dernières années (Figure 6). Ainsi ces évènements deviennent plus fréquents mais aussi plus intenses et plus longs. En juin 2019, la région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur a enregistré une vague de chaleur record, dépassant en intensité celle d'août 2003 qui reste record en termes de durée. L'année 2022 est l'année la plus chaude jamais enregistrée à cette date en région Sud. Elle comptabilise trois vagues de chaleur, le plus grand nombre de journées où la température est supérieure à 25 °C (160 jours) et un record de nuits tropicales. L'été 2023, également marqué par trois vagues de chaleur, dont une particulièrement tardive, est le troisième été le plus chaud enregistré. La question aujourd'hui n'est plus de savoir s'il y aura une vague de chaleur ou pas l'été prochain sur le territoire, mais combien il y en aura, et quelles seront leurs durées et intensités.

INFO+ : une vague de chaleur correspond à au moins 5 jours consécutifs lors desquels l'air est supérieur de 5 °C à la normale.

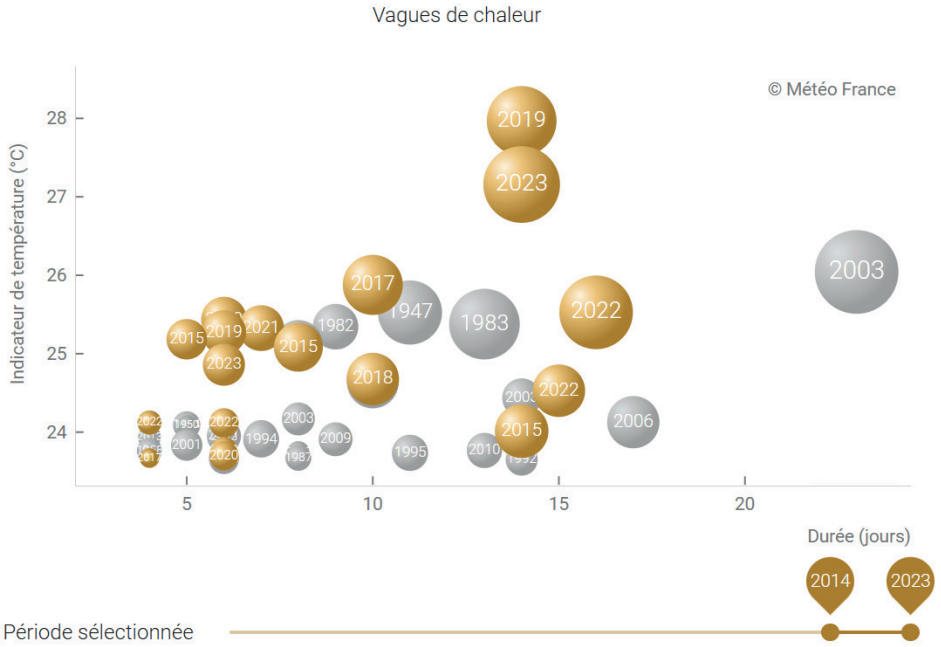


Figure 6. Comparaison des vagues de chaleur depuis 1950 en région Provence-Alpes Côte d'Azur © Météo-France, 2023.
Les vagues de chaleur sont caractérisées par leur durée (nombre de jours en abscisse), leur intensité (température moyenne de la vague de chaleur en ordonnée) et par leur sévérité (taille de la bulle), proportionnelle à la chaleur cumulée lors de l'épisode, https://meteofrance.com/climathd.

Selon les projections climatiques, l'augmentation de la durée en jours des vagues de chaleur devrait significativement augmenter dans les décennies à venir. D'ici 2050, selon les scénarios et par rapport à la période de référence 1976-2005, le nombre de jours de vague de chaleur sur le territoire du parc devrait augmenter en moyenne de 15 à 22 jours. À l'horizon 2085, le scénario intermédiaire prévoit 25 jours de vague de chaleur et le scénario le plus pessimiste jusqu'à 74 jours supplémentaires.

Les conséquences sanitaires de ces vagues de chaleur sont exacerbées en milieu artificialisé par le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU). Ce dernier, en renforçant les températures de fin de journée et nocturnes en ville, renforce l'inconfort thermique, limite le repos et la récupération des individus durant la nuit et ainsi induit potentiellement une surmortalité importante en zone urbaine. L'impact sur les personnes les plus vulnérables peut être considérable, en particulier lorsque la canicule persiste pendant une longue période, comme durant l'été 2022.

Vers une évolution de la sécheresse des sols

Malgré la variabilité interannuelle et les fortes incertitudes associées à l'évolution des précipitations, l'évolution de la sécheresse des sols, appelée aussi sécheresse agricole, peut être évaluée avec un degré de confiance suffisant.

Météo France a simulé l'évolution du contenu en eau des sols en réponse à la variabilité observée des paramètres météorologiques et a montré un allongement des sécheresses des sols sur plusieurs régions depuis 1958, particulièrement marqué en région Méditerranéenne française. Il met notamment en évidence une répétition quasi-continue des sécheresses depuis 1997, en lien principalement avec la forte hausse des températures estivales associée à une légère tendance à la baisse des précipitations sur la même période. Les récents événements de très faibles précipitations (2017, 2022, 2023) parce que concomitants à des périodes de très fortes températures, ont entraîné des sécheresses sévères des sols bien plus intenses que lors d'événements similaires observés dans le passé. Au cours du 21ème siècle, quel que soit le scénario climatique considéré, un assèchement des sols est attendu en toute saison avec pour effet un allongement de la période de sol très sec (avancée nette au printemps).

Les conséquences sont multiples, sur la santé des écosystèmes, sur les rendements agricoles, mais aussi sur le retrait-gonflement des argiles (RGA). La récurrence de ces phénomènes et leur concomitance avec les vagues de chaleurs ne laissent que très peu de répits aux écosystèmes et aux hydrosystèmes. Il génère également une forte hausse du risque incendie sur le territoire (cf. §3.1.2).

Des épisodes de fortes pluies de plus en plus intenses

Plusieurs études récentes confirment, à l'échelle de la région méditerranéenne française, une tendance à la hausse de l'intensité des épisodes de pluie intense depuis les années 60, de +22 % (aujourd'hui ce chiffre oscillerait plutôt autour de 15%), avec une fourchette d'incertitude importante comprise entre 7 % et 39 % et, sous réserve d'une grande incertitude, un doublement de la fréquence des événements dépassant le seuil de 200 mm de pluie par jour ainsi qu'une augmentation des surfaces touchées. Ces tendances, dues à la hausse des températures, pourraient s'accentuer dans les années à venir. Une étude récente de Météo France a permis de réaliser des projections concernant les précipitations intenses qui montrent une augmentation de 10 à 20 % de leur intensité pour la fin du siècle, sur les régions méditerranéennes françaises.

L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des épisodes de précipitations extrêmes ne se traduit pas systématiquement par une augmentation du risque inondation. Ce dernier résulte bien sûr en grande partie de l'occurrence de ces phénomènes mais aussi des caractéristiques topographiques et géologiques du territoire, du degré d'artificialisation des cours d'eau et du bassin versant (urbanisation, agriculture…) et du nombre d'infrastructures construites en zone inondable. Afin de limiter les conséquences de ces épisodes, il important aujourd'hui d'adapter les pratiques d'aménagements en réduisant au maximum l'artificialisation des bassins versants, en restaurant les écosystèmes dégradés, en évitant les constructions en zone inondable et à l'instar des problématiques littorales, en considérant la relocalisation des constructions les plus exposées[3].

L'assèchement des sols, attendu en toute saison, aura des conséquences sur la santé des écosystèmes, les rendements agricoles, le retrait-gonflement des argiles...

[3] Nécessaire à la gestion de crise, la caserne de Saint-Martin-de-Vésubie, située en zone PPRi, a été complètement détruite lors des inondations du 2 octobre 2020.

Zoom 1. Le risque de retrait-gonflement des argiles (RGA) sur le territoire

Le risque de retrait-gonflement des argiles est un risque naturel présent sur certaines communes du territoire, notamment aux alentours de Saint-Maximin la Sainte-Baume, Brignoles, Auriol, Cuges-les-pins, Méounes-lès-Montrieux (Figure 7, page suivante).

Ce phénomène s'explique par le comportement "d'éponge" des surfaces argileuses, particulièrement sensibles aux variations de teneur en eau. Lors des périodes sèches, l'évaporation induit une rétraction des matériaux et la réhydratation en période pluvieuse, un gonflement. Ces variations de volume des sols menacent les constructions en créant des mouvements de terrains qui perturbent les fondations et les surfaces des bâtiments. Dans le pire des cas, les habitations peuvent devenir inhabitables. À la suite des épisodes de sécheresses sévères de l'année 2022, les RGA ont entrainé près de 3 milliards de dommages immobiliers en France. 103 communes du Var (63 % des communes du département) et 62 communes des Bouches-du-Rhône ont été reconnues en état de catastrophe naturelle (Arrêté du 3 avril 2023 portant reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle) dont plusieurs communes du parc : Le Castellet, Le Beausset, Méounes les Montrieux, Gareoult, Plan d'Aups, Nans les pins, Brignoles...

Ainsi, l'augmentation vraisemblable en fréquence et en intensité des épisodes de sécheresse extrêmes des sols laisse présager un aggravement du risque RGA pour le territoire dans les décennies à venir, qui doit être pris en compte dans les politiques d'aménagement du territoire.

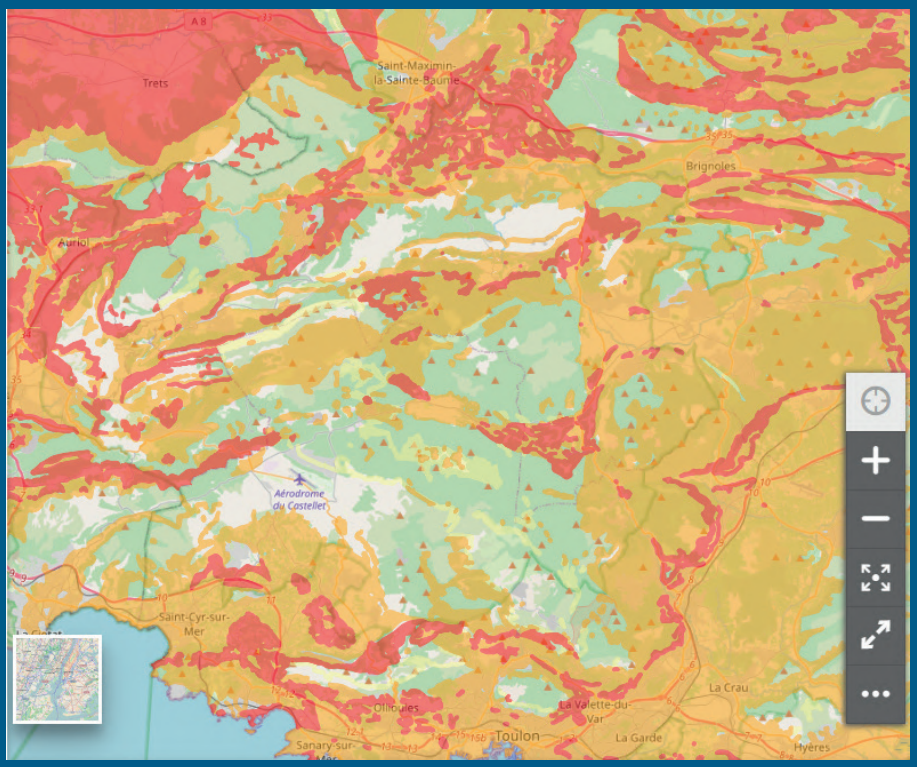


Figure 7. Cartographie de l'exposition au risque de retrait-gonflement d'argile sur le périmètre du Parc de la Sainte-Baume (© portail Géorisque du ministère, 2024[4]).
Les zones en rouge correspondent à une exposition forte au risque RGA, les zones en orange une exposition moyenne et les zone en jaune une exposition faible. Chaque commune peut extraire des informations plus précises relatives à son territoire.

[4] https://www.georisques.gouv.fr/cartes-interactives#/

1.4. Face à ces trajectoires climatiques : atténuation, adaptation et préservation de la biodiversité

Antoine Nicault (AIR Climat/GREC-SUD)

Au regard des trajectoires exposées précédemment et des conséquences sectorielles abordées dans la suite du document, il est aujourd'hui nécessaire d'engager une transformation profonde des usages et de la gestion du territoire à la fois pour limiter nos émissions et notre empreinte carbone, pour faire face à ces changements et construire un territoire adapté sur le long terme tout en préservant la biodiversité, directement menacée par le changement climatique mais néanmoins source de solutions. Loin d'être opposées, ces solutions doivent être pensées conjointement au sein de stratégies territoriales et sectorielles intégrées. Bien qu'incontestable, la dynamique en faveur des transitions à toutes les échelles n'est aujourd'hui pas encore à la hauteur des enjeux du changement climatique et doit être renforcée.

L'atténuation, s'attaquer à la source

Tous les territoires doivent impérativement renforcer leurs efforts pour réduire leurs émissions de gaz à effet de serre – c'est l'atténuation. L'enjeu, global, concerne tous les secteurs économiques, les politiques publiques et les citoyens. L'atténuation repose sur plusieurs types d'actions :

- **La sobriété**, c'est-à-dire prioriser les besoins essentiels en énergie et ressources naturelles, ne pas consommer plus que ce dont on a besoin et supprimer tous gaspillages. C'est le levier le plus efficace et le moins coûteux à court terme.
- **L'efficacité énergétique**. Consommer moins d'énergie pour les mêmes performances (incluant, par exemple, la rénovation énergétique des bâtiments) est également un levier incontournable.
- **Le développement des énergies renouvelables**.
- **La séquestration du carbone**. Aujourd'hui, seule la séquestration naturelle offre des solutions efficaces, relativement peu coûteuses et avec peu de dommages collatéraux. Préserver la bonne santé de nos écosystèmes est donc primordial dans un contexte de réduction des concentrations de gaz à effet de serre.

L'adaptation, faire face aux effets du changement climatique

L'adaptation vise à limiter les impacts du changement climatique et les dommages associés sur les activités socio-économiques, la santé des habitants et les écosystèmes en réinterrogeant les pratiques et usages des territoires. Les politiques publiques d'adaptation ont pour objectifs d'anticiper, de limiter les dégâts éventuels par la prévention et de profiter des opportunités potentielles, notamment celles fournies par la nature. L'adaptation est un enjeu local qui concerne tous les secteurs d'activités et tous les territoires. Elle nécessite de mieux appréhender la vulnérabilité de chaque territoire et de chaque secteur sur les moyen et long termes afin de mettre en place les stratégies les plus pertinentes possibles.

La biodiversité, élément central de la lutte contre le changement climatique

Bien que de plus en plus impactée par le changement climatique, la biodiversité est source de solutions pour la lutte contre le changement climatique, à travers les nombreux services écosystémiques qu'elle fournit à la fois pour l'atténuation (captation du carbone) et la limitation de ses effets (maintien des berges, filtration de l'eau, infiltration …etc.). Les « Solutions fondées sur la Nature » (SfN) sont définies par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) comme « des actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés pour relever directement les défis de société de manière efficace et adaptative, tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité ». Elles sont particulièrement recommandées et efficaces dans le cadre de la gestion des risques naturels (inondations, sécheresses, canicules, incendies…) : par exemple, la restauration écologique des cours d'eau ou des zones humides pour réduire la vulnérabilité aux inondations, et le développement de la nature en ville pour limiter les phénomènes d'îlots de chaleur urbains en période de forte chaleur.

Ces différentes notions et les grandes orientations de solutions qui leurs sont associées seront abordées et précisées pour différents enjeux et différents secteurs au cours des chapitres qui suivent.

L'adaptation est un enjeu local qui concerne tous les secteurs d'activités et tous les territoires.

Émissions de GES et consommation énergétique sur le territoire du Parc de la Sainte-Baume

Afin d'endiguer les effets du changement climatique à l'échelle globale, l'Accord de Paris, conclu lors de la COP21 en 2015, prévoit de limiter le réchauffement planétaire à moins de 2 °C par rapport à l'ère préindustrielle. En France, la loi Énergie-Climat fixe un objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre de 55 % d'ici 2030 (par rapport à 2010) et l'atteinte de la neutralité carbone en 2050. Dans son schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET), la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur a fixé une trajectoire de réduction de ses émissions de gaz à effet de serre de -22 % en 2026, -27 % en 2030 et -75 % en 2050 par rapport à 2012.

Les émissions de GES des 28 communes du Parc naturel régional de la Sainte-Baume sont relativement faibles par rapport aux émissions totales régionales, représentant 520 778 de tonnes équivalent CO_2 ($eqCO_2$) en 2018, soit 2,04 % des émissions régionales. Le secteur des transports est de loin le plus émetteur (Figure 8).

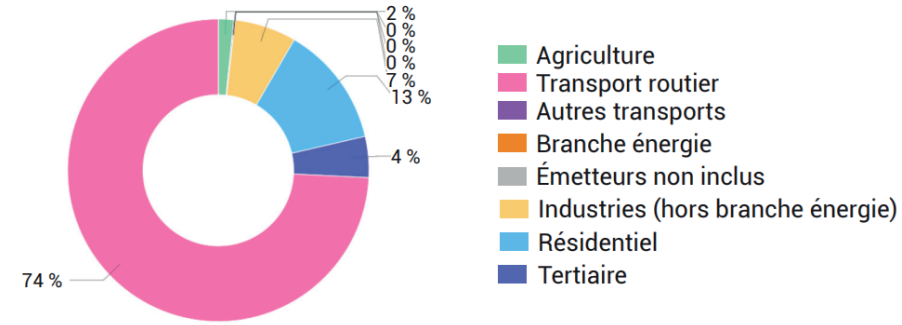


Figure 8. Émissions de CO_2 par secteur sur le territoire du Parc © base de données CIGALE – Observatoire Régional de l'Energie, du Climat et de l'Air (ORECA) Provence-Alpes-Côte d'Azur/inventaire AtmoSud 2020.

En termes de consommation d'énergie par secteur, le Parc est aujourd'hui dépendant des énergies fossiles. Le transport routier représente la moitié des consommations totales du territoire (58 %), suivi par le secteur résidentiel (28 %) puis du tertiaire (9 %). L'électricité représente environ un quart de la consommation (Figure 9).

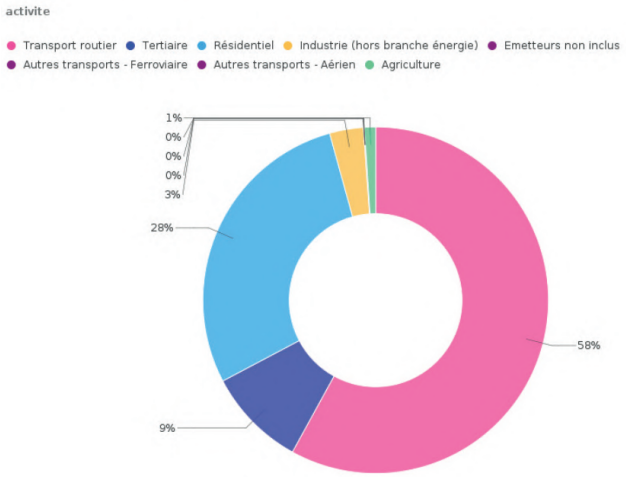


Figure 9. Consommation finale par secteurs © Base de données CIGALE - Observatoire Régional de l'Energie, du Climat et de l'Air (ORECA) Provence-Alpes-Côte d'Azur/inventaire AtmoSud 2020.

Dans l'objectif de maîtriser les émissions et les consommations d'énergie, le territoire est couvert par les 2 Plans climat-air-énergie territoriaux (PCAET) de Provence Verte Verdon et de la Métropole Aix-Marseille-Provence. Deux autres sont en cours d'élaboration par la communauté d'agglomération Sud Sainte-Baume et celle de la Vallée du Gapeau.

Zoom 2. La TRACC, une trajectoire commune pour s'adapter

Pour avancer de manière coordonnée sur le sujet de l'adaptation au changement climatique, le Ministère de la Transition Écologique, de l'Energie, du climat et de la Prévention des risques s'est doté d'une Trajectoire de Réchauffement de référence pour l'Adaptation au Changement Climatique (TRACC). Définie à partir du scénario tendanciel, elle doit servir de référence à toutes les actions d'adaptation menées en France. Le scénario retenu correspond à un réchauffement annuel mondial qui se stabilise à + 3 °C en 2100, soit environ + 4 °C en moyenne sur la France métropolitaine. La France devra donc être en mesure de s'adapter à une hausse des températures, par rapport à l'ère pré-industrielle, de +2,0 °C d'ici 2030, de +2,7 °C d'ici 2050 et de +4,0 °C d'ici la fin du siècle. Cette initiative permet de s'affranchir du choix des scénarios (RCP ou SPP) dans la mise en œuvre des stratégies.

Pour chacun de ces trois niveaux de réchauffement et donc pour chacun des trois horizons temporels correspondants, Météo-France via sa plateforme « Climadiag Commune » propose une liste d'indicateurs climatiques ciblés, indispensables à l'adaptation, pour chaque commune de France (Figure 10). Une initiative similaire existe pour les entreprises et le monde agricole.

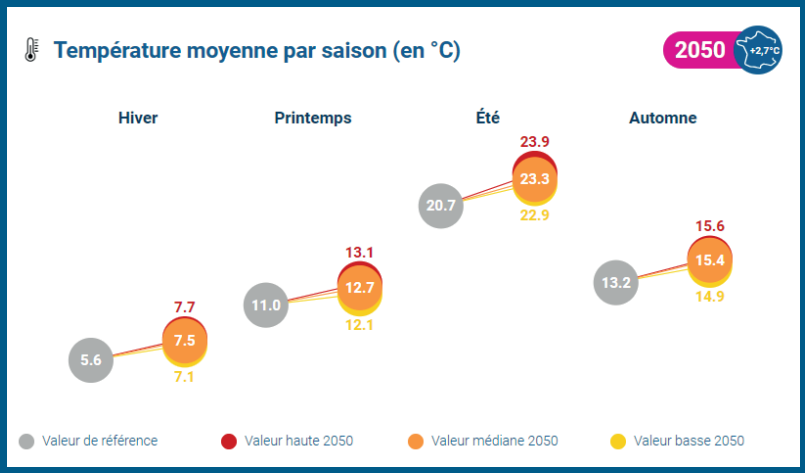


Figure 10. Évolution des températures saisonnières selon la TRACC pour la commune de Signes (83) extraite de Climadiag pour l'horizon 2050.

Photo 3. Espaces agricoles et forestiers qui favorisent la séquestrations du carbone © PNR Sainte-Baume.

2. L'évolution de la ressource en eau sur le territoire de la Sainte-Baume

L'évolution de la ressource en eau (en quantité et en qualité) est encore très incertaine. La complexité des systèmes hydrologiques, la forte pression humaine sur ces systèmes, les connaissances encore lacunaires (concernant le suivi instrumental des cours d'eau et le fonctionnement des nappes d'eau souterraines) et les nombreuses incertitudes concernant l'évolution des précipitations et des usages, rendent extrêmement difficile la modélisation et donc l'évaluation de l'impact du changement climatique sur la ressource future. Néanmoins des tendances significatives commencent aujourd'hui à se dessiner. Comment vont-elles évoluer dans le futur ? Quelles seront les conséquences sur les milieux et nos usages ?

2.1. La Sainte-Baume, château d'eau de la Basse-Provence calcaire

Bruno Arfib (AmU), Pascal Fenart (Hydrofis)

Le Parc de la Sainte-Baume appartient à la Basse-Provence calcaire. Les roches prédominantes y sont des roches carbonatées, principalement des calcaires et des dolomies, qui se sont fracturées sous l'effet des contraintes géologiques, puis ont été en partie dissoutes pour former de grands vides plus ou moins connectés entre eux, de taille millimétrique à plurimétrique, que l'on appelle le karst. Les plus connues sont les grottes dans lesquelles l'homme peut passer, mais ces formes de dissolution s'expriment aussi en surface (les lapiaz, les poljés, par exemple).

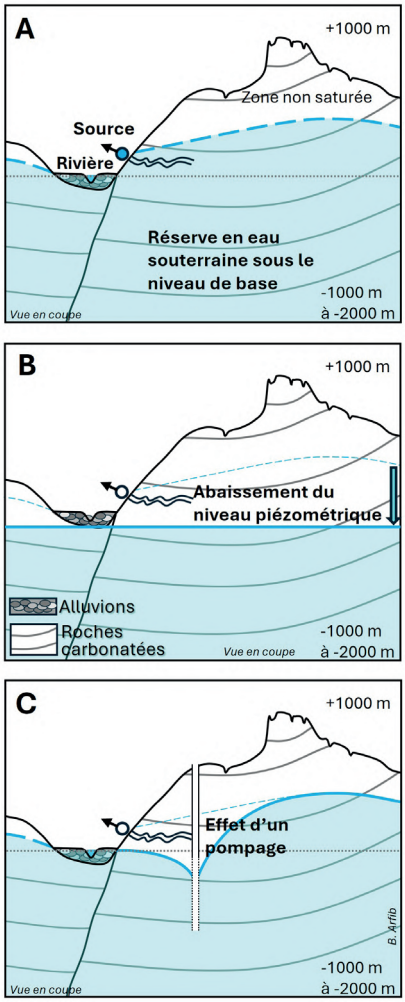
Dans ce territoire karstique, couvrant une surface de 650 km², les modalités de recharge de l'eau souterraine sont multiples : majoritairement par infiltration directe des eaux de pluies sur le karst (estimée à environ 150 millions de m^3/ an, avec une forte variabilité interannuelle[5]), mais aussi par les pertes des cours d'eau, les alimentant par drainance lorsque leurs nappes alluviales sont en contact avec le karst. L'infiltration rapide des précipitations par les vides vers la profondeur est à la fois un atout car les fortes quantités d'eau de pluie liées à des épisodes pluvieux intenses rechargent les nappes d'eau souterraine, et un inconvénient car une part de l'eau souterraine vient en contrepartie alimenter les crues des rivières par les sources en crue.

En Provence calcaire, les formations géologiques perméables continuent en profondeur, formant un volume d'aquifère[6] jusqu'à 2000 m sous les montagnes et les vallées. La plupart de l'eau souterraine vient alimenter les rivières situées dans les vallées aux alentours des massifs montagneux ; les systèmes karstiques alimentent et soutiennent le débit d'étiage de nombreux cours d'eau comme l'Huveaune, le Las, le Gapeau, l'Issole, le Caramy, ou le Cauron. Toutefois, une part de l'eau d'infiltration circule vers la profondeur, sous le niveau de base, et emprunte un chemin d'écoulement plus long et plus profond. Cette eau profonde peut remonter localement au gré de grandes zones fracturées, comme par exemple dans le vallon de Saint Pons (la source du Vèze, et en partie la source de Saint-Pons), mais elle peut aussi être captée par des forages. À l'ouest de la Sainte-Baume, la part d'eau profonde qui ne rejoint pas l'Huveaune, s'écoule au sud du territoire du Parc pour se jeter en mer par les sources sous-marines de Cassis (Port-Miou et Bestouan).

Photo 4. Affleurement rocheux fissuré (lapiaz) caractéristique des massifs calcaires karstiques © Denis Caviglia.

[5] Synthèse finale *Zones de Sauvegarde de la Sainte-Baume* (2021) : https://www.pnr-saintebaume.fr/wp-content/uploads/sites/4/2022/10/SYNTHESE-finale-ZS-Sainte-Baume_dec-2021_mep_BD.pdf

[6] Roche perméable où une nappe d'eau souterraine circule et peut être captée.



Fonctionnement des réserves en eau souterraine de la Sainte-Baume

Sur le territoire du Parc, en dehors des nappes locales contenues dans les alluvions accumulées dans les vallées et les poljés (Cuges, Signes), le stock d'eau souterraine se trouve dans les roches carbonatées (Figure 11A). Lorsque des années moins pluvieuses se succèdent, la recharge diminue, le niveau piézométrique s'abaisse, et les sources et les rivières se trouvent à sec (illustré par le cas extrême de la figure 11B). Les sources alimentées par les écoulements locaux tarissent en premier, et les sources alimentées par les écoulements profonds sont également petit à petit affectées. C'est probablement ce qui explique le niveau d'eau historiquement bas observé à la source Saint-Pons, comme l'illustre la photo 5 prise le 3 novembre 2022.

La réserve profonde en eau souterraine reste accessible pour l'homme par l'intermédiaire de pompages dans des forages. L'effet d'un pompage (Figure 11C) est d'une part de réduire la quantité d'eau qui circule vers l'aval, et d'abaisser localement le niveau de la nappe, ce qui peut conduire à un tarissement anticipé des sources ou des rivières en lien avec la masse d'eau souterraine. Ainsi, la bonne gestion de l'eau doit tenir compte des capacités naturelles de renouvellement des masses d'eau, mais également de l'effet des prélèvements sur les milieux aquatiques en surface (ou sur d'autres forages).

Figure 11. Schémas en coupe illustrant les ressources en eau souterraine à l'échelle de la Sainte-Baume. A) Fonctionnement hydrogéologique en année humide. B) Abaissement du niveau piézométrique lors d'une succession d'années sèches. C) Effet d'un pompage générant une baisse locale du niveau de la nappe pouvant affecter la rivière © Bruno Arfib.

Bien que toute cette ressource en eau souterraine ne soit pas directement disponible, elle permet de satisfaire pour partie les besoins en eau potable des différentes communes du parc, qui prélèvent et consomment en majorité les eaux souterraines issues de ces aquifères karstiques (environ 6 M m^3/an). On peut y ajouter les eaux du barrage de Dardennes au Revest les eaux, provenant également de sources karstiques et destinées à l'alimentation en eau potable de l'agglomération toulonnaise (entre 7 et 8 M m^3/an). Certaines communes, en mono-ressource, sont particulièrement dépendantes de la disponibilité de l'eau souterraine. De cette eau dépendent également des usages variés : irrigation agricole, activité économique, etc.

Vu les masses d'eau importantes du karst de la Sainte-Baume, considérées comme de bonne qualité, avec une absence remarquable de pollution aux nitrates (très peu de produits phytosanitaires), ces masses d'eau sont considérées comme stratégiques par le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) Rhône-Méditerranée. Au travers de la charte du parc, les collectivités se sont engagées à préserver l'intégrité des masses d'eau souterraines karstiques du territoire qui présentent un enjeu pour les cours d'eau et milieux humides mais aussi pour l'alimentation en eau potable actuelle et future des populations humaines.

Photo 5. La source Saint-Pons (Gémenos) le 03 novembre 2022 © A. Mirlit & B. Arfib. *Les hydrogéologues sont dans la vasque à sec au pied de la paroi calcaire, là où émerge habituellement l'eau souterraine. La source n'est pas totalement tarie car l'eau sort à très faible débit sous les pierres au premier plan de la photo. À l'avenir, si les précipitations diminuent, les périodes de tarissement des sources seront plus longues.*

2.2. Le changement climatique : une menace pour la sécurisation de la ressource en eau ?

Bruno Arfib (AMU), Cécile Bergeot (AIR Climat/GREC-SUD), Pascal Fénart (Hydrofis)

Une augmentation de l'intermittence des cours d'eau de plus en plus marquée

La tendance à la diminution des précipitations estivales et l'augmentation de l'évapotranspiration en lien avec la forte hausse des températures contribuent à accentuer la durée et l'intensité de la période de sécheresse estivale des cours d'eau. Ces tendances seront renforcées par l'occurrence d'évènements extrêmes, notamment les vagues de chaleur, et par l'accroissement des usages et prélèvements liés à l'augmentation des températures et aux potentielles évolutions socio-économiques. De plus, la succession d'années avec un déficit pluviométrique engendre une diminution de la recharge des nappes d'eau souterraine et de l'apport d'eau aux cours d'eau. La persistance de la sécheresse en automne et en hiver donne lieu à une période d'étiage prolongée sur la période hivernale par défaut de précipitations.

Une étude récente de reconstruction de la dynamique des assèchements des cours d'eau à l'échelle nationale a pu se faire en capitalisant sur les indicateurs hydriques du réseau de surveillance des étiages « Onde » (Observatoire national des étiages[7]). Elle montre que la région est particulièrement vulnérable aux phénomènes d'intermittence, notamment sur les cours d'eaux de tête de bassins. On observe sur ces derniers une hausse de la fréquence de ces phénomènes d'intermittence d'environ 20 % ces dernières années.

Depuis plusieurs années, on note en effet sur le territoire une augmentation de la fréquence et de la durée des périodes d'assec ou de faibles débits sur certains cours d'eau. Ces évènements sont souvent liés à des épisodes caniculaires ou de fortes températures en saison estivale, dans certains cas associés à des années très sèches. Par exemple, depuis 2020, le cours d'eau du Caramy, situé entre Brignoles et Tourves, dans le département du Var, présente des périodes d'assec récurrentes. Si l'année 2022, exceptionnellement chaude et sèche, a été particulièrement marquante, avec 6 mois présentant des périodes d'assec, de juin à novembre (Figure 12), l'année 2023 a battu des records avec 10 mois d'assec enregistrés débutant dès le mois de février.

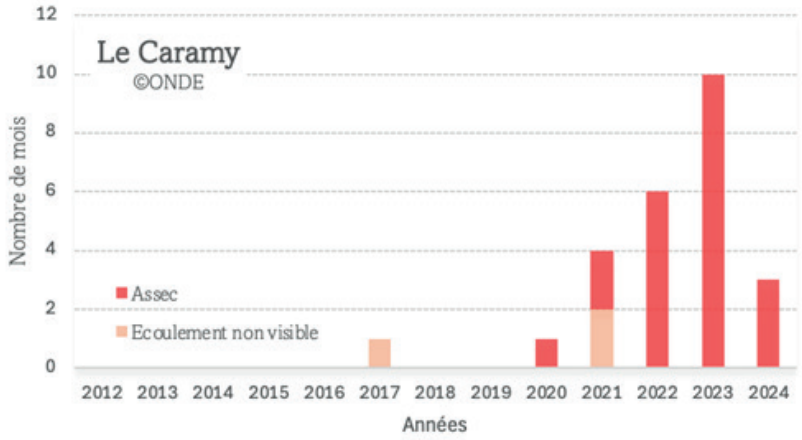


Figure 12. Évolution des assecs sur le Caramy (station localisée entre Brignoles et Tourves) depuis 2012. L'année 2024 est incomplète et s'arrête en août © Données ONDE.

Depuis 2015, le cours d'eau de l'Huveaune connaît également régulièrement des périodes de très faibles débits, et tout particulièrement des étiages automnaux et hivernaux qui se sont succédé de 2020 à 2023. Le débit moyen mensuel de l'Huveaune à Roquevaire (nord Sainte-Baume), systématiquement inférieur à 1 m^3/s sur toute cette période, illustre ce déficit hydrique (Figure 13). Sur la station de mesure ONDE à Auriol, l'année 2022 est record, avec 7 mois présentant des épisodes d'assec, d'avril à novembre. L'année 2023 a été elle aussi une année présentant 4 mois d'assec et d'écoulements hivernaux exceptionnellement faibles ; le bassin versant a été ainsi placé en alerte renforcée à partir de la mi-février.

[7] https://onde.eaufrance.fr/

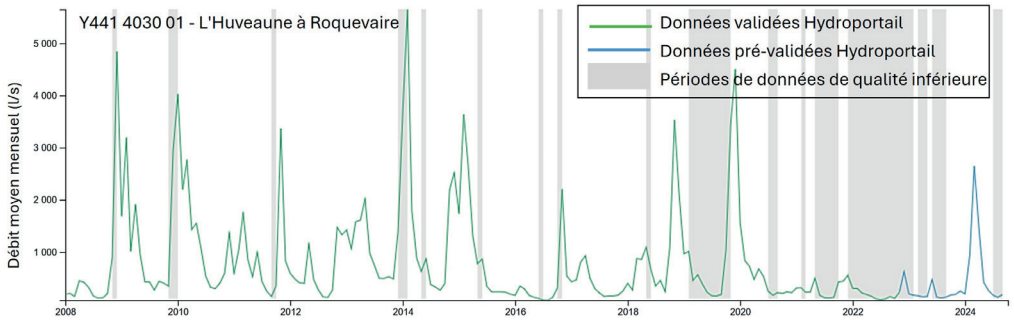


Figure 13. Débit moyen mensuel de l'Huveaune à Roquevaire de janvier 2008 à octobre 2024 © Eaufrance Hydroportail.

L'ensemble de ces observations étant réalisées sur une relativement courte période, il est difficile d'en tirer des conclusions sur l'avenir. Cependant des projections réalisées par l'INRAE montrent une dégradation de la situation, avec des probabilités d'intermittence qui pourraient atteindre jusqu'à 30 % en 2050 et 40 % d'ici la fin du siècle, associées à une tendance forte à l'augmentation en durée et intensité de la sévérité des étiages estivaux et des assecs. Des cours d'eau aujourd'hui non intermittents pourraient le devenir dans le futur.

Vers une diminution de la ressource en eau souterraine dans les décennies à venir ?

Sur le territoire du Parc de la Sainte-Baume, la recharge des cours d'eau se fait en grande partie par les importantes ressources souterraines karstiques qui caractérisent le massif. En 2023, les mesures annuelles indiquaient des niveaux bas pour les nappes phréatiques « bassin du Beausset et massif des Calanques ». Dans quelle mesure et à quelle fréquence pourront se reproduire ces situations extrêmes dans le futur ? Les années exceptionnelles successives pourraient-elles devenir la norme ?
Les modalités de recharges des unités karstiques sont affectées par le changement climatique, principalement par une diminution des flux de recharge. Si les modélisations ne mettent pas en avant une tendance importante à la diminution des cumuls annuels de précipitations dans les années à venir, la forte augmentation des températures engendre nécessairement une augmentation de l'évapotranspiration. On estime qu'une augmentation de 1°C entraîne une augmentation de l'évapotranspiration par le couvert végétal de l'ordre de +10 à 15 %, en fonction de la nature du couvert. La pluie efficace, qui correspond au volume de précipitation moins l'évapotranspiration, qui recharge effectivement les nappes et/ou les cours d'eau s'en trouverait affectée. En France, en moyenne, sur la période 1990-2019, 40 % du volume des précipitations est disponible pour les cours d'eau et les nappes souterraines.

Sur l'ouest de la Sainte-Baume, la pluie efficace est estimée à 33 % sur la période 2015-2020 (pour une réserve en eau théorique maximale disponible pour l'évapotranspiration de 50 mm dans le sol, ou 56 % de pluie efficace pour une réserve en eau de 10 mm). Les pluies estivales jusqu'à une dizaine de mm étant non efficaces car reprises par la végétation et l'évaporation, ce sont les pluies hivernales qui rechargent principalement les nappes car les intensités sont plus fortes et les sols saturés ne stockent plus l'eau ce qui favorise la pluie efficace. Dans un contexte karstique avec des écoulements profonds, les pluies intenses rechargent donc efficacement les masses d'eau souterraine. Sur la partie sud-est du Parc, le plateau de Siou-Blanc est drainé par les sources du Revest les eaux (le Ragas de Dardennes et les sources de la retenue de Dardennes). Ce plateau karstique a la particularité de représenter une vaste zone d'infiltration de la pluie, avec très peu de drainage par ruissellement de surface vers d'autres bassins versants, ce qui favorise également la recharge. La présence d'une vaste zone non saturée de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur entre la surface et la nappe d'eau souterraine permet un stockage temporaire de l'eau d'infiltration et contribue à alimenter le débit des sources qui se déversent dans les rivières après les pluies. Le contexte karstique du Parc pourrait représenter un atout pour stocker une importante quantité d'eau, mais il ne faut pas négliger la forte incertitude qui existe sur l'évolution future des quantités de précipitations et leur répartition temporelle (en intensité horaire et journalière, et en distribution saisonnière).

L'augmentation de la proportion de précipitations extrêmes pourraient également favoriser le ruissellement au détriment de l'infiltration, notamment dans des conditions de sols de plus en plus sèches, ou en cas de succession d'épisodes méditerranéens. La modification saisonnière possible du régime de précipitation pourrait également limiter l'infiltration des eaux de pluie, si les pluies se trouvent décalées durant des périodes sujettes à l'évapotranspiration.

Les résultats de l'étude « Recharge » du Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM) datant de 2016, sur le bassin Rhône Méditerranée, montrent, à l'échelle du périmètre du parc de la Sainte-Baume, une convergence des modèles vers une diminution des pluies efficaces entre -10 et -40 % en moyenne entre 2046 et 2065 par rapport à la période de référence 1971-2000. Au vu de ces évolutions, la recharge moyenne annuelle pourrait baisser de -10 à -25 %. Si les résultats sont marqués par de fortes incertitudes, ces tendances à la baisse sont à prendre en considération dans la stratégie de préservation de la ressource.

Une augmentation des futurs besoins en eau à prendre en compte

Aux effets directs du changement climatique s'additionne l'augmentation des besoins en eau et des prélèvements dans les décennies à venir, liés à un accroissement démographique, entre autres. L'étude prospective *Hydrofis* (2019) évalue l'augmentation potentielle du besoin territorial en eau entre 31 et 65 millions de m^3 annuels à l'horizon 2050, pour les communes du Parc et les territoires voisins pouvant potentiellement être alimentés par les eaux du massif de la Sainte-Baume (Val d'Huveaune, communes littorales, agglomération toulonnaise, val d'Issole du Caramy). Cette augmentation dépendra des dynamiques d'accueil de nouvelles populations sur ces territoires, des efforts faits par les communes pour conserver ou améliorer les rendements des réseaux de distribution d'eau potable et des évolutions possibles de consommation d'eau par les particuliers. Le potentiel supplémentaire d'eaux souterraines qui pourrait être mobilisé sous certaines réserves techniques à lever avec des études appropriées, serait compris entre 18 et 28 millions de m^3 annuels (Figure 14), soit une quantité bien inférieure aux besoins projetés. Il sera donc indispensable de modérer les consommations futures.

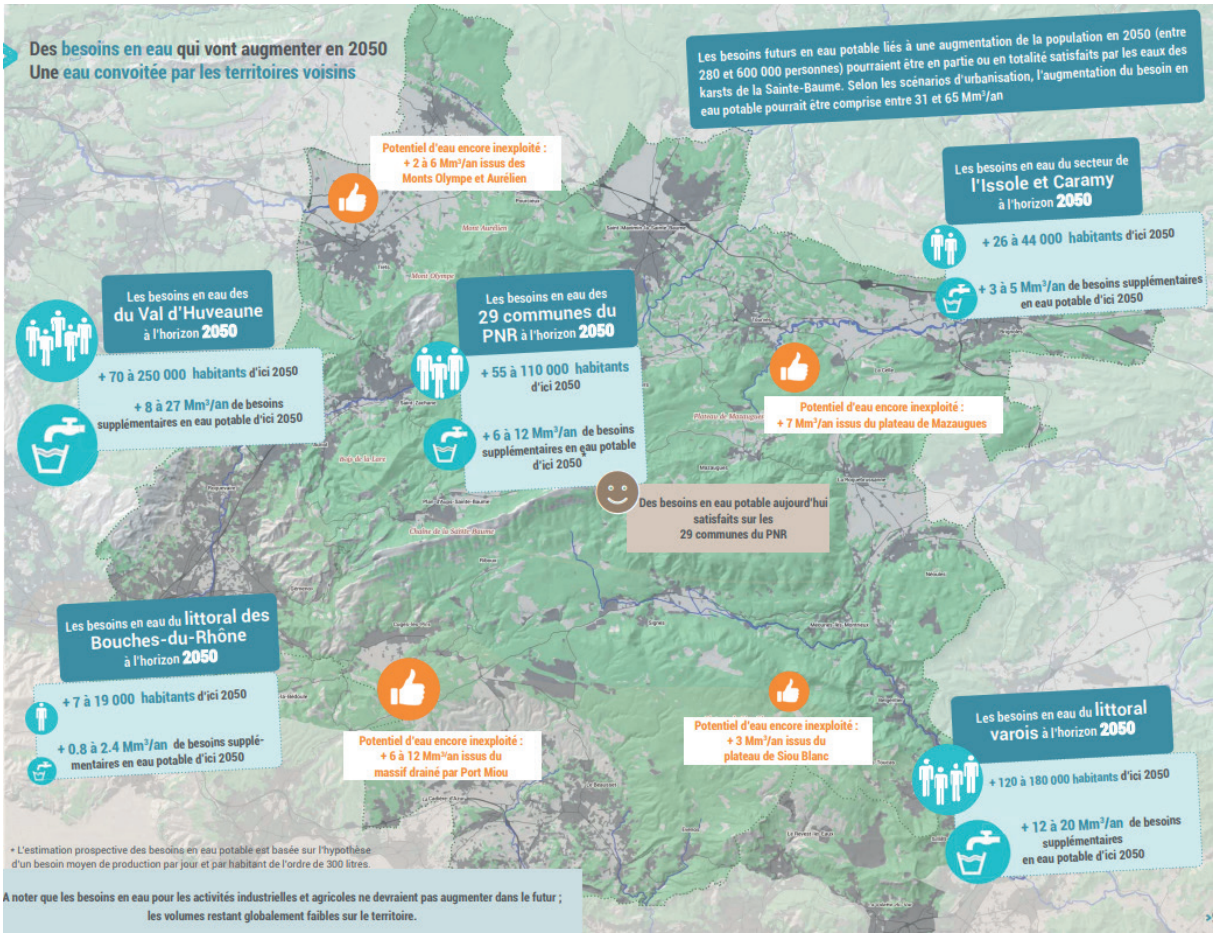


Figure 14. Prospective sur les besoins en eau territoriaux à l'horizon 2050 © Hydrofis.

2.3. Des orientations pour préserver la capacité à satisfaire les besoins de tous

Cécile Bergeot (AIR Climat/GREC-SUD), Thierry Darmuzey (PNR)

Même si les réserves en eau semblent suffisantes jusqu'en 2050, quel que soit le scénario, les changements climatiques et socio-économiques des territoires vont modifier la capacité à satisfaire les différents usages. Il faut anticiper dès aujourd'hui les changements à venir. Les réflexions sur la gestion adaptative de la ressource vont dans ce sens, et pourraient être renforcées notamment sur les points suivants :

- maintenir la capacité du massif à infiltrer des eaux de pluie de bonne qualité et pouvant satisfaire une partie des besoins en eau futurs : le développement du territoire sur les « zones de sauvegarde » identifiées par le Parc et le SDAGE sera déterminant pour conserver ce service environnemental. Notamment tous les efforts permettant de renforcer la perméabilité des sols et de limiter les risques de pollutions diffuses ou ponctuelles seront cruciaux pour l'avenir de ces ressources en eau ;
- encourager la mise en œuvre de mesures « sans regret », en prolongeant et soutenant les actions d'économies d'eau déjà engagées et en ouvrant le débat avec l'ensemble des acteurs sur l'évolution des usages selon les secteurs sur le nouvel équilibre à trouver entre ces usages ;
- sur les secteurs sensibles à l'étiage, améliorer la gestion des sécheresses et l'établissement des politiques publiques (arrêté cadre sécheresse), par une amélioration de l'anticipation et un développement accru des connaissances sur l'écoulement des cours d'eau ;
- coordonner la mobilisation des ressources karstiques du territoire et trouver un point d'équilibre entre les différents usages de l'eau en tenant compte des saisons est un enjeu d'avenir pour une gestion raisonnée des ressources locales ;
- plus généralement, il serait important de poursuivre les efforts en termes de recherche et de connaissance sur l'évolution des ressources au plus près des bassins et sous-bassins, ainsi que sur l'évolution de la qualité des milieux aquatiques ;
- ces connaissances gagneraient à être rendues visibles et accessibles et pour cela, il sera important d'intégrer les scientifiques dans les systèmes de gouvernance afin de favoriser l'interface science-société et la diffusion des savoirs ;
- à l'inverse, l'intégration des gestionnaires et citoyens dans les processus d'acquisition de connaissance à travers le partage d'expertise technique et la collecte des données devrait être favorisée.

Photo 6. Le Ragas de Dardennes, une source karstique temporaire formant un exutoire de trop-plein de l'aquifère rechargé par l'infiltration de la pluie sur le massif de Siou-Blanc (sud-est du Parc de la Sainte-Baume) © Bruno Arfib (2013).

Renforcer la perméabilité des sols et limiter les risques de pollutions diffuses ou ponctuelles seront cruciaux pour l'avenir des ressources en eau.

Parole d'acteur

Christian Ollivier, adjoint au Maire de Roquevaire, délégué au Parc naturel régional de la Sainte-Baume - Président de la Commission Eau ; vice-Président EPAGE HuCA - (Huveaune - Côtiers - Aygalades), vice-Président ANEB (Association Nationale des Élus des Bassins).

Entre sécheresse et inondation, un nécessaire besoin d'adaptation au changement climatique

Placé en état de vigilance par le préfet dès le 1er avril et de crise au 19 mai 2022, le bassin versant de l'Huveaune a connu un épisode de sécheresse sans précédent, plus intense qu'en 2021. En août 2022, l'Huveaune était à sec sur plus d'un tiers de son linéaire. Cela a perduré du début de 2023 jusqu'à la mi-novembre. En cause : des conditions climatiques peu propices avec une pluviométrie quasi nulle depuis le printemps 2022, des températures élevées, et des prélèvements parfois inadaptés qui génèrent des pressions sur la ressource.

La situation de sécheresse exceptionnelle depuis l'hiver 2022 pourrait presque faire oublier le risque inondation, bien présent sur le territoire, comme l'ont rappelé les crues de l'automne 2023. Bien qu'inhabituels, ces épisodes de plus en plus fréquents risquent de constituer une "normalité" dans un futur proche. Une situation à laquelle le territoire, ses habitants et les acteurs de l'eau doivent s'adapter, en faisant évoluer les pratiques et en anticipant les crises.

La disponibilité en eau potable, théoriquement assurée mais vulnérable

Sur le périmètre du bassin versant de l'Huveaune, moins de 5 % de l'eau consommée est issue des masses d'eau souterraines locales, la majorité de l'eau utilisée provenant de la Durance et du Verdon avec le Canal de Marseille et le Canal de Provence.

Sur le périmètre du Parc de la Sainte-Baume, les futurs besoins en eau potable estimés à l'horizon 2050, face à une augmentation de la population (entre 280 000 et 600 000 personnes) sont considérables mais pourraient être en partie ou en totalité satisfaits par les ressources en eaux souterraines des karsts de la Sainte-Baume. Ces eaux souterraines sont de bonne qualité pour l'alimentation en eau potable, mais vulnérables aux pollutions potentielles et accidentelles : urbanisation et voies de communication et de transport, infiltration des eaux de pluie chargées en hydrocarbures, anciennes décharges, activités industrielles et agricoles, rejets de stations d'épuration, de l'assainissement non collectif... Les communes en mono-ressource comme Roquevaire (un seul captage sur la commune) doivent donc diversifier leur alimentation (nouveaux captages ou interconnexions).

Des actions sont mises en œuvre sur le territoire du Parc et de l'Huveaune, à prendre en main par les communes

Des plans d'actions ont été engagés de part et d'autre pour avoir jusqu'à l'horizon 2050 une gestion pérenne et concertée de la ressource en eau, et pour en garantir sa bonne qualité et une quantité suffisante pour les usages et pour les milieux. Le Parc de la Sainte-Baume a réalisé une étude des zones de sauvegarde des masses d'eaux souterraines entre 2021 et 2023. Celle-ci a permis de définir sur son périmètre 7 zones de sauvegarde à l'échelle parcellaire et de proposer des outils de gestion (préconisations techniques et recommandations d'ordre réglementaire). De plus, l'EPAGE HuCA vient d'engager l'élaboration d'un PTGE (Projet de territoire pour la gestion de l'eau) en partenariat avec les acteurs concernés : Métropole AMP, communes, représentants d'usagers, etc.

Face à ces enjeux, sur notre territoire, les communes doivent d'ores et déjà prendre les mesures nécessaires avec l'appui des structures de gestion en eau potable qui en ont la compétence pour pérenniser et sécuriser leurs ressources en eau potable en regard des études en cours ou réalisées et de leurs préconisations.

2.4. Des écosystèmes aquatiques en tension

Christophe Garrone (Maison régionale de l'eau), Jean Claude Tempier (CEN PACA, Conseil scientifique du Parc), Thierry Darmuzey (PNR)

Les cours d'eau et ruisseaux dit karstiques sont, par définition, alimentés par une ou plusieurs sources surversant d'un karst. Moins exposées à la température atmosphérique, les eaux souterraines ont la particularité de rester fraîches toute l'année (généralement autour des 12-15 °C en Provence calcaire) et de s'affranchir des saisons. Elles constituent des enclaves froides au sein d'un climat méditerranéen chaud à tempéré. Le karst stocke l'eau de pluie et la restitue petit à petit en saison sèche, permettant de refroidir les eaux des rivières en été et de les réchauffer en hiver, en plus de soutenir les périodes d'étiage. L'infiltration et le stockage des eaux jouent aussi un rôle important dans la réduction de l'intensité et de l'ampleur des crues. Ces échanges d'eau souterrains, déterminants dans le fonctionnement des milieux aquatiques et la résilience des milieux aux aléas climatiques pourraient être remis en question par le changement climatique. Sur le territoire du Parc, de nombreuses sources et ruisselets karstiques connaissent de plus en plus de périodes d'intermittence et d'assec. En cause : les évolutions climatiques couplées à de trop fortes sollicitations de la ressource.

Les espèces aquatiques et des zones humides menacées

L'augmentation en fréquence et en intensité des épisodes de sécheresse devrait fortement impacter les milieux humides et les espèces inféodées. D'ici la fin du siècle, leur diversité pourrait fortement diminuer à l'échelle du Parc naturel régional de la Sainte-Baume. Par exemple, la cistude d'Europe, présente de manière restreinte sur le massif, pourrait éprouver de la peine à s'y maintenir. Chez la cistude, le changement climatique induit des modifications de la phénologie : périodes d'activités de plus en plus longues, mise en dormance hivernale plus réduite ou encore une modification du sex-ratio en faveur des femelles (les mâles ayant une température d'incubation plus faible) pouvant mener à un déséquilibre génétique majeur de population. La modification du milieu de vie est également une menace pour la survie de l'espèce : l'assèchement des milieux aquatiques engendre une diminution des ressources alimentaires et des capacités de chasse.

L'augmentation de la température de l'eau, la diminution de la quantité d'oxygène dissous dans l'eau, l'augmentation de l'eutrophisation sont autant de facteurs qui détériorent la qualité des habitats aquatiques. Pour certaines espèces de la zone à truite (truite fario, écrevisse à pattes blanche, agrion de Mercure...), en tête de bassin versant et caractérisée par des eaux fraîches et très oxygénées, cette modification de l'habitat pourrait entraîner un stress physiologique altérant leur état de santé et leur capacité de reproduction et les rendant ainsi plus vulnérables aux autres modifications environnementales (pollutions, maladies, etc.). La truite commune, animal à sang froid, en fait partie. Présente dans les cours d'eau karstiques du Parc, elle est adaptée aux rivières froides à très froides. Au-delà de 19 °C, elle cesse de s'alimenter. Entre 19 et 23 °C, elle entre en stress et la mort peut survenir. À 23-25 °C, c'est la mort assurée. Le réchauffement global des cours d'eau la menace donc directement.

Les périodes d'intermittence impactent la biodiversité des cours d'eau : la qualité aval des eaux se détériorant, de nombreuses espèces sensibles sont poussées à trouver refuge en amont. Or, l'augmentation des périodes d'assecs sur cet amont diminue drastiquement leur domaine vital.

Photo 7. Cistude d'Europe © Laura Albiges (2021).

Par ailleurs, selon le rapport de l'IPBES[8], le changement climatique renforce l'expansion et la multiplication d'espèces exotiques en dehors de leur aire de répartition naturelle, dont certaines peuvent devenir envahissantes et menacer les écosystèmes en place. L'IPBES estime que sur les 37 000 espèces exotiques recensées dans le monde, seules 3 500 sont invasives. Cependant, ces 10 % suffisent à causer des dégâts majeurs à la biodiversité, dont 60 % des extinctions connues à l'échelle mondiale. A l'échelle du Parc, la tortue de Floride ou les écrevisses américaines, espèces déjà présentes, pourraient gagner du terrain sur des espèces endémiques plus fragiles. D'autres espèces envahissantes pourraient être amenées à apparaître, comme l'anodonte chinois.

Zoom 3. Les milieux humides temporaires sous pression

Les mares temporaires de la Sainte-Baume sont parmi les milieux naturels les plus remarquables, mais surtout les plus menacés du territoire. Ces mares, de dimensions réduites, peu profondes et isolées entre elles, sont alimentées irrégulièrement par l'eau des pluies et des remontées d'eau et subissent des assèchements en période estivale. Cela en fait à la fois leur originalité et leur vulnérabilité au changement climatique. Parmi les diverses espèces qui peuplent ces milieux, les crustacés d'eau douce en sont la faune la plus originale : des micro-crustacés, n'atteignant pas un millimètre, côtoient des macro-crustacés de quelques centimètres.
En temps normal, l'assèchement des mares qui provoque la mort des crustacés est compensé par la ponte préalable « d'œufs de résistance » qui restent en vie dans le sable ou la boue déshydratée pendant plusieurs dizaines d'années. Seule une très petite part de cette « banque d'œufs » pourra éclore l'année suivante. Cependant, en plus des pressions anthropiques qui pèsent sur ces milieux, le changement climatique engendre des dessèchements trop précoces, des pluies tardives, de faibles quantités de précipitations, etc. qui menacent directement ce fonctionnement particulier.

Photo 8. Mare temporaire du Gùs bleu à Mazaugues © Stéphanie Singh (2021).

[8] La Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) est un groupe international d'experts sur la biodiversité qui a pour mission d'assister les gouvernements sur les questions de biodiversité, sous l'égide de l'Organisation des Nations unies (ONU). Le rapport 2023 de l'IPBES sur les EEE est disponible ici : Les espèces exotiques envahissantes : enjeux et impacts (calameo.com).

3. Les effets du changement climatique sur les milieux naturels terrestres du Parc de la Sainte-Baume et leur biodiversité

En 2019, le rapport de l'IPBES tire la sonnette d'alarme sur l'effondrement de la biodiversité dans le monde, soumise à de nombreuses pressions anthropiques et climatiques. Si, au sein des Parcs naturels régionaux, les menaces anthropiques peuvent être atténuées par la réglementation, le changement climatique à quant à lui un rôle de plus en plus visible sur l'évolution des milieux naturels et de leur biodiversité. Dans ce contexte, la conservation des écosystèmes est plus que jamais essentielle : ils sont nos meilleurs alliés pour lutter contre le changement climatique (captation, séquestration et stockage du carbone) et pour faire face aux conséquences de ces changements (stabilisation des bassins versants, effets tampon sur les crues, etc.).

3.1. Les forêts de la Sainte-Baume face au changement climatique

Michel Vennetier (IRSTEA) et Daniel Vallauri (WWF, membre du conseil scientifique et prospectif du Parc)

Espaces naturels majoritaires, les milieux forestiers couvrent près de 70 % de la superficie du Parc de la Sainte-Baume. Les peuplements forestiers sont extrêmement variés en raison de la diversité des étages de végétation, de l'étage méso-méditerranéen inférieur à l'étage montagnard, mais aussi des usages et de l'histoire des peuplements (coupes, défrichements, plantations, incendies, etc.). Chaque étage peut ainsi présenter plusieurs faciès forestiers : forêt mature, forêt pionnière et stades pré-forestiers. Le Parc présente plusieurs habitats forestiers d'intérêt écologique remarquable, comme la hêtraie de l'Ubac qui en est un symbole. Mais il compte aussi une grande variété de forêts certes plus « ordinaires », composées de pins d'Alep, de chênes verts, de chênes pubescents ou de pins sylvestre qui, ensemble, sont très riches de leur diversité cumulée.

Photo 9. Hêtraie de la Sainte-Baume © Jean claude Tempier.

3.1.1. Les dépérissements forestiers, un phénomène en expansion

Michel Vennetier (IRSTEA) et Daniel Vallauri (WWF)

Le climat méditerranéen, caractérisé par des fortes chaleurs et des sécheresses estivales récurrentes, impose des contraintes importantes sur les écosystèmes forestiers. Ces derniers y sont pour la plupart adaptés, faisant du stress hydrique et dans une moindre mesure de la chaleur, partie intégrante du fonctionnement des essences forestières. Cependant, depuis une vingtaine d'années, le changement climatique renforce les caractéristiques du climat méditerranéen, modifiant le fonctionnement des écosystèmes et la qualité des habitats.

Des signes de dépérissement forestiers déjà visibles

Des peuplements dominants de pin sylvestre et de chêne pubescent ont été suivis depuis 30 ans sur le plateau de Plan d'Aups. Ces observations montrent que le pin sylvestre, fortement impacté par le changement climatique, a déjà perdu jusqu'à 80 % de son couvert dans certains sites. Le chêne pubescent n'a reconquis que 20 % de la place ainsi laissée libre dans la canopée et a disparu du sous-bois. À l'inverse, le chêne vert, totalement absent à l'origine de ces milieux, s'y est fortement développé. Par ailleurs, la flore des sous-bois et des garrigues subit les mêmes tendances, les espèces thermophiles et résistantes à la sécheresse gagnant largement en présence et en pourcentage du couvert sur les plus exigeantes en humidité et fraîcheur. Plus largement sur le territoire, le pin d'Alep et le chêne vert, essences typiquement méditerranéennes, présentent également des déficits foliaires importants (entre 40 et 50 % en moyenne sur le territoire régional). Le chêne vert, particulièrement touché sur les zones les

plus exposées, montre également une forte augmentation du nombre de branches mortes. Ces observations sont communes à l'ensemble de la Provence calcaire.

La hêtraie de la Sainte-Baume est particulièrement fragile et sensible aux évolutions climatiques. Isolée dans un milieu globalement beaucoup plus chaud et sec, la hêtraie et ses espèces emblématiques inféodées ne possèdent pas d'échappatoire direct pour migrer, que ce soit en altitude ou en latitude. L'évolution de la flore autour de la hêtraie montre que les espèces mésophiles (nécessitant le plus de fraîcheur et humidité, dont fait partie le hêtre) sont globalement et de loin les plus touchées par le dérèglement climatique récent. C'est particulièrement vrai pour les vieux arbres dont le développement (dimensions, anatomie) s'est fait jadis dans un climat différent et dont l'âge est un facteur aggravant. Le changement climatique compromet aussi la régénération du hêtre et de l'ensemble de la flore. Ces 15 dernières années, la mortalité des vieux hêtres s'est accélérée, créant des trouées.
En cause : les épisodes de fortes chaleurs qui mettent en difficulté le fonctionnement d'écosystèmes pourtant adaptées au climat méditerranéen. Par exemple, la canopée de la forêt, quand elle est fermée, entretient un microclimat à des échelles très fines, qui atténue les variations brutales du climat régional, et peut contribuer à en limiter les effets locaux. Cependant, en période de sécheresses fortes et répétées, comme observé en 2022 et 2023, cette densité du couvert exacerbe la compétition entre les arbres, notamment pour la ressource en eau, dont l'épuisement contribue de plus en plus fréquemment aux dépérissements forestiers. En effet, l'évapotranspiration par les arbres en forte densité dépasse l'économie d'évaporation que procure la fraîcheur du sous-bois.

Des effets également attendus sur les sols

Les effets des stress climatiques sur le sol ne sont pas moins inquiétants. Le sol contient 99 % de la biodiversité d'une forêt en nombre d'espèces. Cette biodiversité crée et entretient la qualité du sol, lui permettant d'assurer de nombreux services écosystémiques essentiels comme le stockage de l'eau et l'intégration du carbone via les processus de décomposition. Or une grande partie de la faune et de la flore du sol, ainsi que les bactéries et les champignons, ne peuvent vivre et se multiplier que si le sol est suffisamment humide. Ainsi, la sécheresse et les canicules, mais aussi les gels tardifs, déciment les populations du sol et compromettent les fonctions essentielles qui leur sont associées. Dans la région voisine des Maures, le projet européen IRISE a permis de mesurer par exemple une diminution drastique du nombre des vers de terre après des sécheresses ou des incendies répétés, et une forte réduction de l'activité de la micro-faune. Les résultats d'une expérimentation sur l'observatoire de la chênaie pubescente dans le Luberon (O3HP[9]) montrent qu'une sécheresse printanière et estivale accrue entraîne un ralentissement de la décomposition de la litière ainsi qu'une diminution de certains organismes décomposeurs, particulièrement des collemboles. L'étude met également en avant la modulation de l'impact de la sècheresse en fonction de la diversité végétale des milieux : la diversité minimise les effets délétères de la sécheresse.

Une sensibilité accrue des essences forestières aux maladies

Les stress subis par la végétation la rendent aussi beaucoup moins résistante aux maladies et parasites, dont certains prolifèrent à cause du changement climatique. Les champignons comme le chancre du pin d'Alep, qui tue maintenant régulièrement de nombreux jeunes rameaux, sont favorisés par des automnes et printemps encore pluvieux mais beaucoup plus chaud qu'auparavant. Certains insectes sont désormais capables de faire plusieurs générations par an, ou voient leur mortalité hivernale diminuer fortement à cause de l'absence de grands gels. C'est le cas par exemple de la chenille processionnaire des pins, mangeuse d'aiguilles, ou des scolytes, petits coléoptères qui attaquent les troncs, dont les populations se multiplient. Dans une moindre mesure, la pollution à l'ozone, très agressive pour les tissus végétaux, peut venir renforcer les dégâts liés aux fortes chaleurs d'été (voir §5.2).

Vers une évolution très probable de la composition forestière du territoire

Sur la carte (Figure 15A, page suivante), la classe 1 (vert foncé) comprend l'aire favorable au pin sylvestre et celle du hêtre, plus restreinte et localisée majoritairement sur le versant Nord. D'ici le milieu du 21ème siècle, si le scénario climatique pessimiste (RCP 8.5) prévaut, la hêtraie mésophile de Plan d'Aups pourrait être directement menacée de disparition. L'aire de répartition

[9] L'Oak Observatory at the OHP est un site expérimental située en forêt pubescente dans les Alpes de Haute-Provence O3HP - Observatoire du chêne pubescent - ECCOREV.

potentielle du pin sylvestre comme celle du hêtre devraient disparaître des cartes bioclimatiques d'ici la fin du siècle, même dans le cas d'un réchauffement modéré. Pour le chêne pubescent, dominant sur les ubacs comme à Mazaugues, Tourves, Rougiers, Nans-les-Pins, Pourcieux, Pourrières ou Trets, la « zone de confort » se réduit très nettement. L'aire favorable au chêne pubescent s'étend de la classe 1 à la classe 3. À la fin du siècle (Figure 15B), avec un scénario de réchauffement de 2° C, l'aire potentielle du chêne pubescent perd 75 %, au profit des zones de productivité moyenne à faible, plus favorables au chêne vert et au pin d'Alep.

Bien sûr, des conditions particulières de sol, de microclimat, de topographie, de ressources en eau venant du karst, etc. vont permettre à certaines espèces menacées de survivre localement et moduler la réponse des écosystèmes forestiers dans leur ensemble. De plus, l'effet tampon des échelles plus fines (méso et microclimat) et des sols sur la mosaïque forestière de demain est encore mal connu. Les milieux seront encore diversifiés à l'échelle du paysage, assurant le maintien d'une certaine biodiversité. Mais le futur de la forêt passera aussi par des changements profonds dans les modes de gestion et le choix des espèces d'avenir.

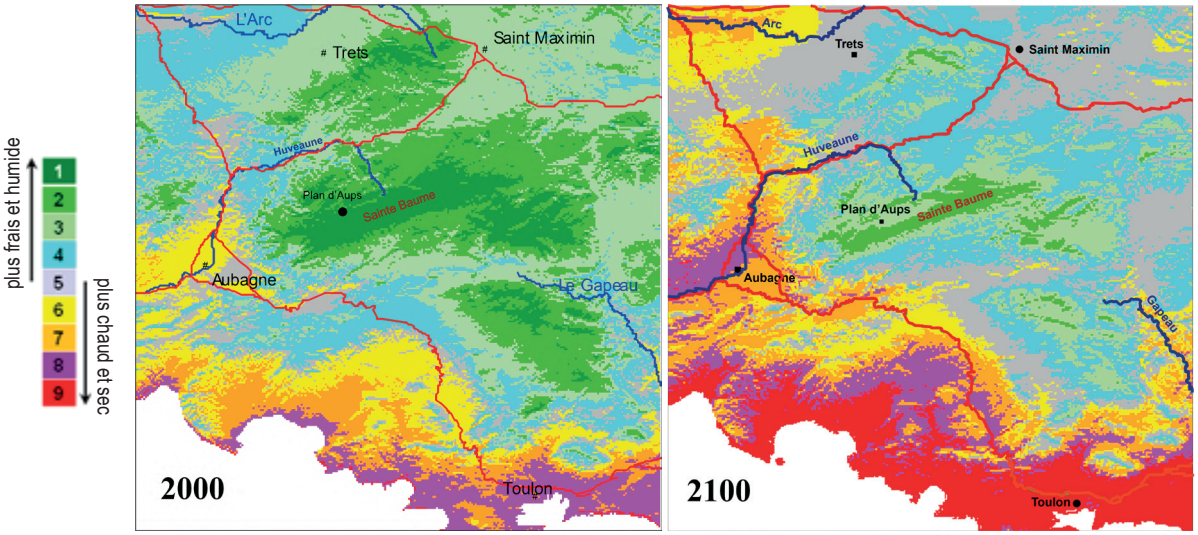


Figure 15A et 15B. Évolution du bilan hydrique[10] de la Sainte-Baume du début à la fin du 21ème siècle, selon le RCP 4.5. Ce bilan détermine l'aire de répartition des espèces, la composition floristique et la productivité des forêts © M.Vennetier.

[10] Se basant sur le climat local, l'altitude, l'exposition, la pente, la topographie générale des versants et l'altitude.

Zoom 4. Le rôle des forêts dans la séquestration du carbone

Cécile Bergeot (AIR Climat/GREC-SUD), Guillaume Simioni et Nicolas Martin (INRAE, URFM)

Le stock et le puits de carbone des forêts est crucial pour l'avenir du climat. Toutefois l'importance de ce puits demeure difficile à mesurer et son devenir est très incertain, particulièrement en condition de changement climatique.

Située au sud de la Sainte-Baume, la station expérimentale de Font-Blanche est un lieu privilégié pour suivre ces évolutions. Elle a été mise en place en 2007 afin de comprendre et prédire la dynamique du puits de carbone forestier. Implantée dans une forêt hétérogène et aujourd'hui non exploitée, dominée par le pin d'Alep et le chêne vert et dotée d'un sous-bois épars représenté par différents arbustes méditerranéens, la plateforme est principalement gérée par l'INRAE.

On y mesure en continu les échanges nets de CO_2, d'eau et d'énergie entre l'écosystème et l'atmosphère ainsi que diverses composantes des cycles de l'eau et du carbone (stress hydrique, flux de sève, croissance, humidité du sol…). Ces différentes mesures sont réalisées pour mieux comprendre le fonctionnement de la forêt et notamment sa réponse à la sécheresse.

Les résultats montrent une saisonnalité dans la séquestration du carbone de l'écosystème : elle a principalement lieu durant la période printanière et dans une moindre mesure à l'automne. Surtout, le dispositif a pu mettre en avant l'influence des épisodes de sécheresses et de canicules sur la séquestration du carbone. Pendant la vague de chaleur de juin 2019, la forêt de Font-Blanche est passée de puits de carbone à source de carbone (Figure 16). Ce type d'événement va devenir plus fréquent et intense avec le changement climatique, et contribuera à affecter la croissance des arbres et la séquestration de carbone des écosystèmes forestiers, ré-interrogeant ainsi la capacité de ces écosystèmes à capter et stocker du carbone dans le futur.

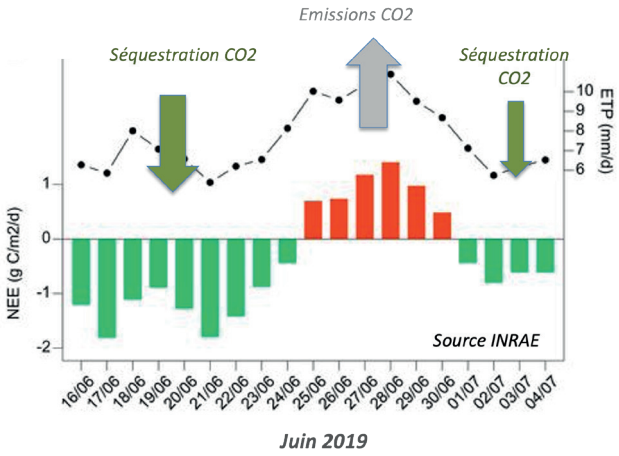


Figure 16. Effet d'une vague de chaleur (début d'été 2019) sur la séquestration de carbone quotidienne de la forêt de Font-Blanche © INRAE, 2019. *Le NEE (barres vertes et rouges, le rouge indique la période de canicule) représente le flux net de CO_2 entre la forêt et l'atmosphère qui résulte de la différence entre la respiration de l'ensemble des organismes de la forêt (émission de CO_2) d'une part, et la photosynthèse (absorption de CO_2) d'autre part. Il est négatif quand la forêt stocke du carbone, et positif quand elle en émet. L'ETP (ligne tiretée) est l'évapotranspiration potentielle, qui caractérise ce que serait l'évapotranspiration (somme de la transpiration des arbres, et de l'évaporation du sol) de la forêt s'il n'y avait aucune contrainte de ressource en eau. C'est un indice du besoin en eau des arbres. On a pu constater que l'ETP peut doubler en période de canicule.*

3.1.2. Le changement climatique augmente le risque de feux de forêt

Julien Ruffault et Eric Rigolot (INRAE, URFM)

Les incendies, résultant d'interactions complexes entre le climat, la météo, la quantité de combustible, l'aménagement du territoire et les populations, sont parmi les principales perturbations des écosystèmes forestiers. Dans le sud-est de la France, le renforcement progressif des politiques de prévention et lutte contre les incendies depuis le début des années 1990 a entraîné une nette diminution du nombre et de la taille des incendies, ainsi que des zones brûlées. Ces efforts de gestion du risque lié aux incendies doivent être maintenus en les conciliant avec les objectifs de gestion des aires protégées. Cependant, l'efficacité de cette stratégie reste incertaine face aux défis posés par le changement climatique. En effet, les études récentes prévoient une augmentation significative du nombre de grands feux dans la région, estimée à 70 % d'ici à 2050, voire plus de 250 % d'ici la fin du siècle selon le scénario RCP8.5 (Figure 17). Cette augmentation de l'activité des incendies pourrait s'accompagner également d'une extension spatiale des zones à risque et d'une prolongation saisonnière de la période propice aux incendies, pouvant débuter plus tôt et se prolonger au-delà de la plage actuelle.

De plus, les conditions chaudes et sèches combinées, typiques des vagues de chaleur associées aux feux les plus extrêmes, devraient devenir plus fréquentes en été, augmentant ainsi la probabilité d'occurrence de ces feux extrêmes. Selon les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5, cette probabilité pourrait augmenter respectivement de 42 % et 90 % d'ici la fin du siècle. Nos projections régionales indiquent par ailleurs que le territoire du Parc de la Sainte-Baume pourrait être particulièrement affecté par ces changements.

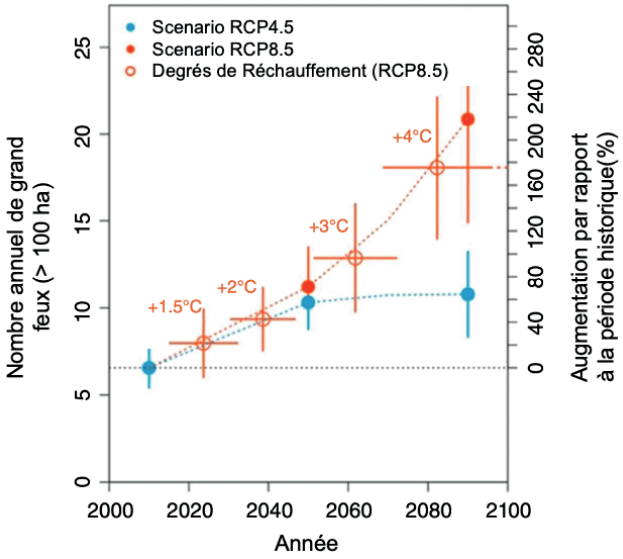


Figure 17 - Projections du nombre de grands feux (>100 ha) dans le Sud-Est de la France pour différents scénarios d'émissions et niveaux de réchauffement climatique © INRAE, 2023.
Les lignes verticales correspondent à l'incertitude due aux modèles climatiques. Les lignes horizontales correspondent à l'incertitude quant à la période temporelle à laquelle chaque niveau de réchauffement sera atteint sous RCP 8.5.

L'accroissement attendu de la fréquence et de l'intensité des incendies aura un impact significatif sur les écosystèmes, les populations humaines et les infrastructures. En particulier, les écosystèmes forestiers deviendront très vulnérables aux feux extrêmes, à moins que des mesures de protection rapprochées des peuplements les plus remarquables ne soient résolument déployées. Au-delà, on ne peut compter que sur des mesures globales d'atténuation du changement climatique pour réduire le danger d'incendie, même localement.

Photo 10. Incendie sur la commune du Castellet © Alexis Choblet.

3.1.3. Quelle gestion forestière pour préserver la santé des écosystèmes forestiers ?

Michel Vennetier (IRSTEA), Maxime Cailleret (INRAE, RECOVER), Thierry Gauquelin (IMBE)

Les expériences locales, confirmées par des centaines d'autres dans le monde, montrent qu'une gestion active des forêts peut atténuer ces effets et permettre, dans le même temps, de préserver leurs fonctions, comme celle de séquestrer du carbone.

Plusieurs solutions existent et peuvent être combinées entre elles :

- régénérer les peuplements qui dépérissent, les arbres jeunes résistant et s'acclimatant généralement mieux aux conditions sèches ;
- éclaircir les peuplements denses pour limiter la concurrence entre arbres vis-à-vis de l'eau qui se fait de plus en plus rare. Si elle s'accompagne du broyage des rémanents, cette opération limite également le risque d'incendie dans des peuplements trop denses et trop stressés, donc très inflammables et combustibles ;
- diversifier les essences pour profiter de la complémentarité entre espèces pour l'utilisation des ressources en eau et en lumière, éviter une mortalité massive sur des peuplements mono-spécifiques liée à la présence de pathogènes, favoriser la biodiversité et, dans certains cas, pour réduire le risque incendie ;
- utiliser des provenances d'essences autochtones, issues de zones plus sèches et s'appuyer sur la diversité génétique de ces essences pour favoriser des forêts plus adaptées au climat futur ;
- gérer le sous-étage pour réduire la propagation horizontale et verticale des incendies, avec le sylvopastoralisme ou le brûlage dirigé par exemple (cela limite aussi la compétition pour l'eau avec les arbres) ;
- promouvoir l'hétérogénéité spatiale à l'échelle du paysage (structure en mosaïque avec corridors écologiques) pour favoriser la biodiversité et le contrôle des incendies. Ces stratégies favorisent la connectivité écologique et les processus de dispersion.

Ces opérations gagneront en efficacité si elles sont cohérentes avec les demandes sociétales de services provisionnés par les écosystèmes forestiers. Elles devront répondre au besoin d'une ressource renouvelable pour la construction et l'énergie, respecter les processus naturels de la dynamique forestière, prendre en compte la qualité et la diversité des paysages et leur rôle de réservoir de biodiversité, et finalement tenir compte de l'évolution du climat : les forêts adaptées aujourd'hui ne le seront pas forcément demain. Ainsi, la mise en œuvre de ces stratégies d'adaptation doit être prudente, diversifiée et concertée entre scientifiques, gestionnaires et société civile.

Photo 11. Labellisation PEFC attestant la gestion « durable » d'une forêt © PNR de la Sainte-Baume. *Issue d'une démarche privée volontaire, la labellisation est un premier pas vers la préservation des forêts mais ne peut garantir systématiquement le respect de tous les paramètres nécessaires à la résilience de l'écosystème.*

Une hêtraie exceptionnelle pour une forêt d'exception

Le caractère exceptionnel de la forêt de la Sainte-Baume tient notamment à la présence d'une hêtraie mature de 138 hectares, en limite de son aire de répartition géographique qui constitue une exception au sein du biome méditerranéen. Son classement comme réserve biologique, dont le périmètre a été étendu récemment, permet l'expression d'une grande diversité d'habitats naturels, depuis l'étage méso-méditerranéen jusqu'à l'étage montagnard.

De plus, depuis 2018, la forêt domaniale de la Sainte-Baume est labellisée Forêt d'Exception®, un label en cours de renouvellement pour 2025.

Photo 12. Forêt de la Sainte-Baume © Matthieu Desbief.

Cette labellisation par l'Office National des Forêts (ONF) a pour objectif de préserver, développer et mettre en valeur le patrimoine naturel, culturel et historique du site, la qualité paysagère ou la richesse biologique, tout en permettant la poursuite et le développement d'une production, conformément à l'aménagement forestier en vigueur. Elle s'inscrit dans le cadre de la charte nationale Forêt d'Exception® qui consacre un pan au changement climatique, en matière de recensement, d'études et de suivis.

3.2. Les milieux d'altitude : exemple des Landes à genêts de Lobel et pelouses semi-naturelles

Gilles Cheylan (CSRPN, Conseil scientifique et prospectif du PNR), Jean Claude Tempier (CEN PACA), Thierry Darmuzey (PNR)

Une des conséquences directes du changement climatique sur le territoire de la Sainte-Baume pourrait être la disparition au fil des décennies de l'étage de végétation le plus montagnard, au profit d'une évolution vers de la végétation plus adaptée au climat aride.

Les landes à genêts de Lobel se trouvent principalement en situation sommitale de massif qui culmine à 1148 m. Cette position empêche bien souvent la migration des espèces vers des contextes plus favorables. Les principaux effets du changement climatique observés sur ces milieux sont :

- une banalisation de la végétation par la remontée d'espèces moins adaptées aux conditions de froid hivernal, et notamment d'espèces ligneuses qui concurrencent la diversité des espèces cryptogamique[11] qui trouvent dans ces milieux leur unique refuge ;
- la diminution de l'humidité des sols et de la litière impacte notamment la quantité fourragère mais aussi la reproduction de certains invertébrés spécialisés comme le coléoptère *Paramaurops abeille*. Inféodée à la litière humide sous le Genêt de Lobel, cette espèce pourrait ainsi disparaître à cause de l'assèchement plus long de son milieu. Inévitablement, la diminution des invertébrés entraîne une diminution de la réserve alimentaire d'oiseaux patrimoniaux (bruant ortolan, pipit rousseline, tarier pâtre et alouette lulu) ;
- dans certains cas, la dégradation de l'habitat par érosion du sol très superficiel de ces milieux lors des épisodes météorologiques les plus violents.

Photo 13. Genêt de Lobel © Jean Claude Tempier.

[11] Espèce dont le système de reproduction est caché, principalement les champignons et les lichens.

Zoom 5. La Sainte-Baume pourra-t-elle continuer à jouer son rôle de micro-refuge climatique ?

Un micro-refuge est un site de faible surface caractérisé par des conditions environnementales favorables à la survie de populations en dehors de leur aire de répartition. Ils sont particulièrement importants pour la conservation d'espèces qui pourront se redéployer à la faveur de conditions plus favorables. La Sainte-Baume présente des micro-refuges pour de nombreuses espèces, dont le Hêtre, le semi-apollon, la belladone … Étudiés par le projet de recherche MICROMED, ces micro-refuges, caractéristiques de la Sainte-Baume, pourraient-ils être remis en question par le changement climatique ?

Cela pourrait être le cas pour les milieux souterrains et les grottes, où les conditions de vie sont intimement liées aux microclimats que l'on y trouve. C'est notamment la circulation de l'air qui y conditionne les facteurs de température, d'humidité et de saturation en CO_2. Or, l'augmentation de la température extérieure en accentuant la différence de température entre la surface et le fond des grottes, impacte fortement le comportement thermoaéraulique de ces milieux, menaçant leur habitabilité.

Au regard des projections climatiques territoriales, notamment l'accroissement des périodes de sècheresse, il est fortement probable que les espèces cavernicoles préférant les milieux humides, les espèces mycophages, qui se nourrissent de champignons, ou encore saprophages, qui se nourrissent de matières en décomposition, éprouvent de grande difficulté à se maintenir. Les insectes coléoptères cavernicoles *Spaeodiaetus galloprovincialis* et *Duvalius raymondi raymondi* dont le Parc naturel régional abrite les principales populations mondiales sont fortement menacées de disparition.

3.3. Quel devenir pour les espèces animales emblématiques du Parc ?

Gilles Cheylan (CSRPN, Conseil scientifique et prospectif du PNR), Jean Claude Tempier (CEN PACA), Thierry Darmuzey (PNR)

Grâce à sa richesse de milieux et à ses micro-refuges, le territoire du Parc naturel régional de la Sainte-Baume abrite des populations de près de 250 espèces patrimoniales du fait de l'enjeu de leur conservation (protégées, menacées de disparition ou endémiques du massif ou du secteur biogéographique de la basse Provence). Néanmoins, cette richesse biologique est fragile. Déjà soumise à diverses perturbations anthropiques (urbanisation, destruction d'habitats, pollutions, etc.), il apparaît que 6,5 % de l'ensemble des espèces du territoire peuvent être considérées comme vulnérables au changement climatique, dont une dizaine comme fortement vulnérables. La prise en compte de cet enjeu apparaît ainsi essentielle à la mission de protection et de préservation de la biodiversité du Parc. L'évolution des habitats sera déterminante dans la capacité ou non des espèces à s'adapter. Particulièrement le mésoclimat (effet des pentes, du confinement), le microclimat (effet de canopée par exemple) et la pédogenèse (formation des sols) conditionneront la végétation future. La qualité biogéochimique des sources conditionnera la vie aquatique et la qualité trophique des grottes conditionnera les conditions d'accueil des espèces cavernicoles qui sont le moins à même de s'adapter à des modifications sévères du climat

Des espèces favorisées par de nouvelles conditions climatiques

Les perturbations engendrées sur la biodiversité par le changement climatique sont loin d'être toutes perçues et comprises. Elles se répercutent à l'échelle des populations, des individus et des organismes. On observe par exemple un changement des pratiques de migration de certaines espèces : l'hirondelle rustique ou la huppe fasciée, oiseaux originairement absents en hiver, sont désormais observés en petit nombre au cours des mois les plus froids dans le Parc. Sur les massifs montagneux, certaines petites fauvettes sédentaires, autrefois exterminées par les vagues de froid, survivent

désormais au cœur des massifs forestiers lorsque leur habitat y est présent.
À court terme, certaines espèces pourraient s'en trouver favorisées par l'élargissement de l'aire qui leur est climatiquement favorable. Au sein du Parc, c'est le cas des espèces des étages bioclimatiques les plus bas (supra et méso méditerranéens) comme le lézard ocellé. Cette espèce protégée, connue comme étant le plus grand lézard d'Europe, profite de nombreux gîtes et terriers au sol présentant des conditions de températures favorables et peut les choisir tour à tour selon l'ensoleillement et la profondeur du gîte. De même, certains reptiles comme la tarente de Maurétanie, autrefois présents seulement dans les grandes villes littorales (Toulon, Marseille), ont, à partir des années 70, progressivement colonisés les villes de l'arrière-pays, profitant des îlots de chaleur urbains comme à Saint-Maximin ou Brignoles, puis les villages les plus en altitude et les milieux naturels.

À long terme, une potentielle disparition d'espèces emblématiques

À long terme, les espèces de l'étage montagnard, souvent en situation relictuelle sur le massif, sont les plus menacées et pourraient disparaître du Parc naturel régional, faute de pouvoir se déplacer dans un habitat plus propice. Par exemple, la survie du papillon Semi-Apollon du Saint-Cassien, sous-espèce endémique du massif vivant dans les milieux ouverts et semi-ouverts d'altitude, semble principalement menacée par la réduction de la période de froid hivernal. Un effondrement des populations était déjà observé à la suite des hivers de 1989 et 1990 particulièrement chauds. En effet, la chenille de ce papillon, déjà complètement formée à la fin de l'automne, reste protégée de l'hiver dans son œuf jusqu'au printemps. C'est le froid qui l'empêche de sortir et la force à une diapause. Or des températures trop hautes en hiver entraînent une sortie précoce de la chenille, alors exposée à un coup de froid ponctuel ou un décalage de développement avec sa plante hôte *Corydalis solida*. Ces situations engendrent des vagues de mortalité de chenilles et donc une baisse du nombre d'individus adultes.

Les insectes forestiers menacés par la dégradation de leurs habitats

Les espèces cavicoles et saproxyliques, mammifères, oiseaux et invertébrés qui dépendent des vieux arbres et du bois mort ou en décomposition, sont parmi les originalités des vieilles forêts de la Sainte-Baume. Si les espèces cavicoles et saproxyliques généralistes, devraient être favorisées par le dépérissement forestier accéléré par le changement climatique à court terme ; les espèces spécialistes (taupin violacé par ex.) dépendantes de microhabitats (dans ce cas, cavité basse à terreau) déjà rares du fait de la rareté des forêts favorables, sont très à risque. De même, les espèces de litière comme le lithobie de Delfosse (endémique de France et en isolat de population sur la Sainte-Baume), qui sont de bons témoins de la fertilité des sols, devraient souffrir de l'allongement des périodes de sécheresse qui modifieront l'humidité de la litière durant leur principale période d'activité. La Rosalie des Alpes est une espèce protégée de coléoptères, emblématique du Parc de la Sainte-Baume. En Sainte-Baume, son cycle de vie semble intimement lié au bois de hêtre faiblement décomposé. A long terme, les espèces liées à la hêtraie, elles-même directement menacée par le changement climatique (cf. §3.1.1), comme la Rosalie des Alpes, pourraient disparaître avec ce milieu.

Photo 14. Semi-Apollon cassiensis
© Jean-Claude Tempier.

Photo 15. Rosalie des Alpes
© Jean-Claude Tempier.

3.4. Comment allier préservation de la biodiversité et lutte contre le changement climatique ?

Cécile Bergeot et Antoine Nicault (Air Climat/GREC-SUD)

Améliorer la connaissance

Quelles seront les conditions de vie des espèces du Parc dans plusieurs décennies ? L'évolution de ces milieux et l'état de santé des populations qui y habitent sont encore frappées de nombreuses incertitudes. Améliorer nos connaissances reste une clé fondamentale pour mieux comprendre et évaluer les impacts du changement climatique sur la biodiversité, démarche nécessaire pour anticiper et mettre en œuvre des politiques de préservation efficaces à long terme. Il est nécessaire de poursuivre et d'initier des suivis de la biodiversité territoriale dans la durée, notamment des espèces, micro-habitats ou habitats les plus vulnérables, afin d'évaluer l'intensité des impacts des changements climatiques territoriaux et pouvoir y répondre au mieux.

Développer les trames vertes, bleues et noires

Il n'est pas possible de savoir aujourd'hui lesquelles de ces espèces ou associations d'espèces pourront trouver des voies d'adaptation au dérèglement rapide en cours, tant en termes de température que d'hygrométrie et d'événements extrêmes. L'approche la plus réaliste consiste donc à laisser à la diversité du vivant le maximum de chances de trouver des voies d'adaptation sur les plus larges superficies possibles. Ainsi, maintenir la connectivité entre les habitats, par la préservation des continuités écologiques, reste la meilleure solution pour faciliter le déplacement de la faune et de la flore sauvages au sein de leur aire de répartition et favoriser ainsi leur adaptation au changement climatique. À la suite du Grenelle de l'environnement, la prise en compte des continuités écologiques, appelées « trame verte et bleue » (TVB), est devenue obligatoire dans les documents d'urbanisme, notamment au travers des SRCE (intégrés désormais dans les SRADDET). Plus récemment, en 2021, l'Office Français de la Biodiversité (OFB) a également mis en avant l'importance de la trame noire (continuité de zones avec un niveau d'obscurité suffisant) dans un guide méthodologique national.

Le maintien des connectivités se traduit par des initiatives en matière d'aménagement du territoire qui visent dans une première phase à identifier et cartographier clairement des trames, et dans un second temps, à intégrer dans les schémas d'aménagement du territoire la préservation des trames existantes et la restauration des corridors écologiques dégradés. L'identification des trames s'appuie sur des approches qui demeurent encore très empiriques et complexes. Dans ce contexte, il est nécessaire que la communauté scientifique accompagne les opérations, notamment pour la définition des connectivités biologiques et par la mise en place de suivis, afin de valider ou d'adapter les dispositifs choisis pour faciliter les continuités écologiques.

Protéger les écosystèmes et favoriser les solutions fondées sur la nature

La préservation des espaces naturels passe par la minimisation des pressions sur les milieux naturels : artificialisation des sols, utilisation de produits phytosanitaires nocifs ou autres types de rejets pollués... Cette action reste une priorité pour assurer la santé des écosystèmes et favoriser la bonne santé des espèces présentent sur les territoires. Les mesures de protection type Natura 2000 sont des actions qui vont dans ce sens.

Pour répondre simultanément aux enjeux du changement climatique et de l'érosion de la biodiversité, il est intéressant de favoriser la mise en place des Solutions fondées sur la Nature (SfN) sur les territoires. Ces solutions visent à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité. Elles rassemblent divers outils et concepts existants tels que la restauration écologique, l'ingénierie écologique, l'adaptation fondée sur les écosystèmes comme l'agroécologie et le développement de la nature en ville, la réduction des risques naturels fondée sur les écosystèmes comme la restauration de zones humides pour tamponner l'effet des crues, etc.

Favoriser la mise en place des Solutions fondées sur la Nature au niveau du territoire, pour protéger, gérer de manière durable et restaurer les écosystèmes...

4. L'agriculture en première ligne face au changement climatique : comment s'adapter ?

Les effets du changement climatique sur le secteur agricole en Sainte-Baume sont déjà visibles : perte de productivité des cultures, attaques de ravageurs, stress thermiques et hydriques des animaux d'élevage, etc. Des effets amenés à s'intensifier et se multiplier dans les décennies à venir. De plus, si ce secteur est responsable de 25 % des émissions de gaz à effets de serre à l'échelle nationale, il ne représente cependant que 1 % des émissions régionales. Ainsi, si l'enjeu d'atténuation des émissions de GES reste important pour tous les secteurs, l'agriculture fait face à un défi de taille : l'adaptation, vers des pratiques moins impactantes pour les écosystèmes, en adéquation à de nouvelles conditions climatiques, qui restent néanmoins productives pour nourrir les territoires.

4.1. La viticulture : faire face aux aléas climatiques

Cécile Bergeot et Chloé Stab (AIR Climat / GREC-SUD), Damien Roux (président de la commission technique de l'ODG Bandol) et Nelly Joubert (chambre d'agriculture du Var)

En plus de son rôle économique important sur le territoire, le secteur agricole joue également un rôle central dans la préservation des paysages et le maintien de la biodiversité. L'agriculture présente sur le territoire du Parc est largement dominée par la viticulture, qui représente 6 730 ha. Les autres productions, minoritaires, sont tournées vers la culture de l'olivier, l'élevage pastoral, la production de céréales, de plantes fourragères mais aussi le maraîchage et l'apiculture. Cette activité agricole se distingue par des appellations et des marques de qualité et joue un rôle essentiel dans l'identité de ce territoire.

Effets du changement climatique sur la viticulture territoriale

En premier lieu, l'augmentation des températures entraîne une modification de la phénologie de la vigne, notamment une précocité des différents stades de développement de la plante (débourrement, floraison, véraison). On observe ainsi une avancée des dates de vendanges de plus de 3 semaines depuis les années 60, qui se déroulent désormais au cœur de la saison chaude et nécessitent souvent des récoltes de nuit, une sensibilité accrue aux épisodes de gel tardifs, en lien avec un débourrement précoce, ainsi qu'aux fortes sécheresses durant la période de maturation. L'élévation de la température, combinée aux épisodes de sécheresse, peut également induire une perte de fertilité des bourgeons ainsi que des problèmes de développement des inflorescences et des fleurs l'année suivante, conduisant à des défauts de fécondation. De plus, les vagues de chaleur conduisent à des blocages de la croissance de la vigne et gênent le développement de la maturation des raisins.
Les vignes font également face à des contraintes hydri-

Photo 16. Vignes au Plan de Laget, Nans-les-Pins © PNR Sainte-Baume (2017).

ques de plus en plus fortes. Les besoins en eau de la vigne pour son cycle de développement annuel sont en moyenne de 450-550 mm. Les fortes variabilités pluviométriques inter-annuelles des dernières années sur le territoire montrent que ces besoins ne sont plus régulièrement atteints, notamment aux stades critiques de développement. Cette tendance va s'accentuer dans les décennies à venir, impactant le rendement des productions. On observe également la recrudescence d'attaques de champignons (mildiou, botrytis, oïdium...) et d'insectes ravageurs, impactant les cultures.

À la réduction potentielle des rendements de production, s'ajoute une modification de la qualité des vins, avec une augmentation de la concentration en sucres et donc du degré d'alcool, une acidité plus faible des vins, une évolution des profils aromatiques…

La multiplication des événements climatiques extrêmes (canicules estivales de 2003, 2019 ou 2022 par exemple) a des répercussions d'ordre agricole, environnemental et économique. Ces répercussions viennent s'ajouter à une compétitivité parfois déjà importante entre les appellations et les vignobles.

Zoom 6. Le déficit hydrique moyen sur le cycle cultural de l'AOC Bandol de l'année 2022

Face à l'augmentation en fréquence et en intensité des épisodes de sécheresses, l'AOC Bandol rencontre de réelles difficultés de maintien de la production. A la suite de pertes de rendement viticoles liées à d'importants épisodes de stress hydrique, le conseil d'administration de l'Organisme de Défense et de Gestion (ODG) « Les vins de Bandol » a mis en place, en 2018, un suivi hydrique du cépage Mourvèdre sur 18 parcelles, l'objectif étant de mieux appréhender le comportement hydrique du vignoble et d'en mesurer les conséquences.

La saison 2022 (de janvier à septembre) s'est caractérisée par des conditions pluviométriques particulièrement faibles jusqu'à mi-août (avec une réserve utile très limitée [figure 18]) et des températures très élevées de mai jusqu'à mi-août. Les mesures 2022 mettent en avant :

- Un millésime précoce avec 10 à 15 jours d'avance par rapport au millésime 2021. Les vendanges ont ainsi débuté vers le 22 août.
- Un certain « stress » hydrique et thermique du vignoble sur la période floraison à fermeture de grappe, avec pour conséquences : une diminution de la croissance végétative des vignes et une diminution de la taille des baies.
- Une contrainte hydrique sur la période de véraison à la récolte mieux gérée par le vignoble, en raison d'une demande climatique moins importante et de besoins en eau de la vigne moins importants (surfaces foliaires plus faibles et moins de production). La pluie de mi-août a fortement contribué au maintien de la physiologie de la vigne.
- Une maturité qui a été atteinte dès la fin août sur de nombreuses parcelles, avec une dégradation rapide de l'acide malique notamment en raison des fortes températures, avec pour conséquences une acidité plus faible, un pH plus élevé et des concentrations en sucre plus élevées que les derniers millésimes.
- Un impact sur le rendement relativement important.

Malgré les fortes variations climatiques annuelles observées, si l'année 2022 devenait la norme la production de Bandol pourrait être remise en question.

	ETAT DE LA RESERVE UTILE SELON LES MILLESIMES (%)																			
	DEBOURREMENT				FLORAISON				FERMETURE DE GRAPPE				VERAISON				MATURITE			
Parcelles	2022	2021	2020	2019	2022	2021	2020	2019	2022	2021	2020	2019	2022	2021	2020	2019	2022	2021	2020	2019
Moyenne	54%	50%	63%	57%	47%	64%	82%	55%	29%	35%	59%	40%	21%	20%	31%	20%	36%	8%	14%	15%

: Les % de remplissage de la réserve utile les plus faibles observés entre les 4 millésimes étudiés à chaque stade clef du cycle de la vigne.

Figure 18 - Taux moyens de remplissage des réserves utiles aux 5 stades du cycle de la vigne © Suivi hydrique AOC Bandol (2022).

Parole d'acteur

Damien Roux, vigneron, président de la commission technique de l'ODG Bandol

« Le résultat de ce suivi est que chaque année est différente. Une année l'enherbement va être bénéfique avec une réduction de l'évapotranspiration du sol et une autre année, il sera néfaste car il y aura davantage de compétition avec la vigne. Cela dépend de la ressource en eau disponible. Ce suivi hydrique permet d'anticiper. Si on sait que la réserve en eau du sol est pleine, on va aller jusqu'aux vendanges. Si la réserve est inférieure à 50 % de sa capacité, on sait que ça va être compliqué, chacun va pouvoir jouer sur des leviers mais on sait qu'on ne fera pas le rendement, on sait qu'on va vendanger plus vite et plus tôt. »

Mesures de préservation des vignobles face au changement climatique

Pour préserver les vignobles et donc le patrimoine local, il convient de recourir à des actions d'adaptation en privilégiant les initiatives interdisciplinaires (agroclimatologie, agronomie, œnologie, génétique, économie…) :

- faire évoluer les cépages. Le cépage « idéal » serait tardif, assez résistant aux fortes températures, aux contraintes hydriques sévères, mais aussi aux maladies. Il présenterait un bon équilibre entre les sucres (l'alcool potentiel) et l'acidité, et produirait suffisamment de raisins pour garantir un rendement économique viable. Une telle adaptation passe par l'exploration de différents clones de cépages déjà cultivés localement, la revalorisation d'anciens cépages autochtones potentiellement adaptés aux nouvelles conditions climatiques, l'évaluation de cépages provenant d'autres régions (y compris de l'étranger) et enfin la création variétale classique ;
- utiliser des techniques permettant de retarder le cycle reproducteur de la vigne : taille tardive même si elle impose des contraintes de main d'œuvre, jouer sur la hauteur du tronc, augmenter la hauteur des rameaux dans les mêmes proportions que l'augmentation de la hauteur du tronc, etc. ;
- assurer un meilleur pilotage et suivi de l'état hydrique de la vigne via l'irrigation de précision (quand c'est possible) afin de limiter les pertes de rendement ;
- privilégier les sols ayant un fort potentiel en réserve utile (RU) pour maintenir le rendement (sans RU suffisant, il est primordial de limiter le rendement pour conserver des vins de qualité) ;
- maintenir et entretenir un couvert végétal entre les rangs (enherbement), source de matières organiques et de stabilité des sols ;
- limiter l'exposition des grappes de raisin au rayonnement direct car elle augmente la teneur en composés phénoliques du raisin et modifie le profil aromatique des vins. Le risque de brûlure en amont de la véraison peut aussi affecter les raisins ;
- choisir des variétés résistantes aux maladies cryptogamiques (mildiou ou oïdium, par exemple) tout en réduisant l'utilisation de produits phytosanitaires ;
- faire accepter aux consommateurs l'évolution du goût des vins en fonction des stratégies d'adaptation ;
- adapter les techniques œnologiques et la législation vitivinicole… Avec un réchauffement de +1 à +2 °C par rapport à aujourd'hui, ces recommandations permettraient de poursuivre la viticulture dans le Parc de la Sainte-Baume. Il faudra aussi envisager un déplacement du vignoble à des altitudes plus élevées. Cette relocalisation deviendra nécessaire si l'augmentation de la température est proche de +4 ou +5 °C d'ici 2100, ce qui sera le cas si les émissions de GES ne diminuent pas.

Parole d'acteur

Nelly Joubert, ingénieure agronome au sein du Service Agronomie Environnement de la Chambre d'Agriculture du Var

De quel(s) appui(s) et/ou accompagnement(s) les agriculteurs et agricultrices ont-ils besoin pour s'adapter ?

C'est justement pour pouvoir répondre à cette question qu'en 2022 le réseau des Chambres d'Agriculture de PACA a engagé l'action Start'Clima, grâce au soutien financier de l'ADEME PACA et de la Région Sud. Cette initiative a été conçue comme une démarche participative et collaborative, durant laquelle nous avons réuni des groupes d'agriculteurs par filières et par secteurs géographiques. L'objectif était d'intégrer leurs connaissances et leurs be-

soins pour anticiper le climat futur, en vue d'offrir un accompagnement adapté à leur situation.
Il est en effet aisé et tentant de donner des conseils aux agriculteurs sur la manière de s'adapter au changement climatique : « diversifiez vos cultures, installez des sondes, plantez des haies, épandez du compost… ». Mais pour l'agriculteur, l'adaptation au changement climatique reste un énorme stress lié à l'incertitude climatique et à la pression économique.
Start'Clima nous a permis de comprendre que l'adaptation au changement climatique nécessite en réalité un soutien multidimensionnel. D'abord sur le plan technique, les agriculteurs ont besoin d'un accès facilité aux résultats d'expérimentation et d'essais sur les pratiques agricoles innovantes, issus des organismes de recherches et des instituts techniques. Ensuite, la mise en place effective de ces techniques sera conditionnée par la montée en compétence dont les exploitants peuvent bénéficier, par les lieux d'échanges et de partage d'expériences qui leur sont offerts, et enfin par l'offre d'accompagnement technique proposée. Sur le plan financier, qui dit nouvelles pratiques dit investissements en matériels, technologies voire infrastructures adaptées pouvant être soutenus par des subventions pour l'acquisition d'équipements. Enfin, il est dès le départ nécessaire d'anticiper et d'analyser les débouchés et réseaux de vente possibles, notamment dans le cas de création de nouvelles filières.
Les données climatiques et les solutions techniques étant en perpétuelle évolution, l'initiative Star'Clima se poursuit pour offrir aux agriculteurs un cadre complet répondant à leurs besoins sous forme d'appui technique, financier et humain. C'est le gage pour assurer une transition plus sereine vers de nouvelles manières de produire.

4.2. Quelle adaptation pour l'oléiculture ?

Hélène Lasserre (France Olive), Jean Yves Dolisi (parole d'acteur), Alaric Stéphan (PNR)

L'importante surface consacrée à la culture de l'olivier fait de la Sainte-Baume l'un des grands bassins oléicoles de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Mais, depuis quelques années, les épisodes extrêmes se succèdent, attestant d'un changement en marche depuis plus de 20 ans : canicules, sécheresses, inondations, grêles, feux de forêt qui n'épargnent pas les oliviers provençaux… Des phénomènes violents et intenses, récurrents, qui s'accumulent et qui font que chaque année devient un peu « extraordinaire ». C'est à ce nouveau contexte que des oliviers qui ont leurs racines bien ancrées dans le sol depuis des siècles, doivent s'adapter.

En effet, l'augmentation de la température, l'hétérogénéité pluviométrique spatio-temporelle affectent les oliviers, symboles des cultures pérennes de plein champ par excellence. Bousculés dans leur cycle de vie annuel, ils subissent de plein fouet, comme les autres espèces arboricoles, ce dérèglement qui occasionne pertes de rendement, alternance interannuelle exacerbée, désorganisation saisonnière avec des hivers doux, des printemps de plus en plus précoces accélérant le développement floral et renforçant l'exposition aux risques de gelées printanières, sans oublier une pression sanitaire accrue, la sensibilisation à de nouvelles maladies émergentes et une extension des aires de répartition des bioagresseurs. Ces effets se poursuivent avec des périodes estivales et automnales toujours plus chaudes, entraînant des récoltes de plus en plus précoces.

L'olivier, une espèce au cœur du changement climatique

Répartie autour du bassin méditerranéen, la zone oléicole se situe à l'épicentre de ce changement climatique et l'olivier se retrouve ainsi directement confronté à ces modifications. Les premiers constats au niveau de l'oléiculture mondiale en attestent et les projections futures sont alarmantes, surtout sur la rive sud de la Méditerranée, marquée par un manque de froid hivernal. Pour cette aire de production, les hivers de plus en plus doux présentent des risques importants sur la phénologie de la floraison qui dépend des besoins en froid. En France, secteur de production septentrional, ce sont plutôt les effets liés à la précocité de débourrement qui préoccupent les oléiculteurs comme cela a été le cas entre 2020 et 2022, années caractérisées par des épisodes gélifs printaniers. De plus, les pics de chaleur au moment de la floraison (entraînant des discordances de synchronisation et des pollinisations insuffisantes) et de la nouaison, mais également en été lors du grossissement du fruit (maturité échelonnée), affaiblissent non seulement les rendements mais altèrent également la qualité de production. Les sécheresses récurrentes enregistrées ces dernières années remettent en cause dans certains terroirs la viabilité de cette culture qui semblait jusqu'alors immortelle car adaptée à la culture en sec, en raison de l'altération de la qualité des inflorescences ou de processus tels que la lipogenèse. Dans ce contexte, de nouveaux territoires oléicoles émergent sur l'Hexagone, bien au-delà des frontières

traditionnelles méditerranéennes.

Des pistes d'adaptations pour pérenniser l'oléiculture

Comme pour la vigne, il est primordial de mettre en œuvre des actions d'adaptation de la culture de l'olivier qui constitue un élément essentiel des paysages provençaux depuis des siècles. Pour préserver l'oléiculture en Sainte-Baume, on peut :

- maintenir la diversité génétique et variétale au sein des vergers d'oliviers existants pour compenser les aléas de production et « lisser » la production déjà fortement impactée par le phénomène d'alternance ;
- recourir à la plantation de variétés plus tardives, moins exigeantes en froid et résistantes à la sécheresse, en privilégiant autant que possible les variétés autochtones les plus adaptées ;
- soutenir des programmes d'amélioration génétique visant au développement de cultivars plus tardifs pour limiter les risques liés aux gels printaniers et plus résistants au stress hydrique et aux bioagresseurs (mouche de l'olive, xylella…) ;
- comme pour la vigne, assurer un meilleur suivi de l'état hydrique de l'olivier et un meilleur pilotage de l'irrigation via les techniques les plus récentes d'irrigation de précision afin de limiter les pertes de rendement ;
- recourir aux techniques de paillage pour limiter l'évapotranspiration et le stress hydrique afin de limiter les pertes de rendement ;
- améliorer la fertilité et la rétention en eau des sols par l'apport de matières organiques et favoriser le recours à l'enherbement permanent pour limiter les phénomènes d'érosion du sol.

Parole d'acteur

Jean-Yves Dolisi, oléiculteur à Riboux

« La durée et la fréquence des épisodes de sécheresses entraînent un manque d'eau chronique qui dégrade la qualité des sols avec le temps. Ces épisodes se sont aggravés depuis les 6 dernières années. Il y a des années où il n'y a plus de production d'olives du tout, même sur les vieux oliviers de plus de 70 ans, la Picholine du Maroc étant pourtant adaptée aux sécheresses. Les oliviers qui meurent ne sont plus replantés, il va falloir trouver des pistes de diversification de la production. »

4.3. L'apiculture territoriale face aux changements climatiques

Benoît Geslin (IMBE), Bertrand Schatz (CEFE)

Bien que le Var soit le premier département français producteur de miel, l'apiculture semble encore peu développée sur le territoire, à l'exception d'une plus forte densité de ruches sur les plaines agricoles de l'Issole et du Bandol.

L'apiculture est une filière agricole affectée par de nombreuses perturbations : l'utilisation de pesticides dans l'agriculture, la destruction des habitats, l'acarien parasite *Varroa destructor*, les virus, les champignons et d'autres pathogènes, les attaques prédatrices du frelon asiatique, etc. À ces difficultés s'ajoutent les effets directs et indirects des changements climatiques.

Premièrement, le changement climatique induit une baisse des ressources nutritives des abeilles, en qualité et en quantité. Les épisodes de sécheresse estivale engendrent une réduction ou un arrêt de la production de nectar par les fleurs de plusieurs espèces. La quantité et la qualité du pollen ainsi que la teneur en sucre du nectar peuvent être également affectées. De plus, les périodes de fortes chaleurs prolongées causent des surmortalités chez les plantes à fleurs, et une menace sur leur reproduction. Enfin, les événements extrêmes (tempêtes, vents violents, sécheresses ou gels prolongés) modifient aussi la disponibilité de la flore locale.

Photo 17. Ruches dans la garrigue à Rougiers © Alaric Stéphan (2021).

Le changement climatique peut également dégrader la santé des abeilles, en modifiant leurs cycles biologiques, en stoppant la période de ponte durant les sécheresses ou à l'inverse ne la stoppant plus lors d'hivers particulièrement doux. Moins bien nourries, les abeilles sont davantage sujettes aux carences et aux attaques de pathogènes et prédateurs (varroa). Les épisodes de chaleur extrêmes peuvent également entraîner une surmortalité des individus lorsque la température dépasse les limites physiologiques. Les synergies négatives avec les pratiques agricoles (notamment par l'usage de pesticides et d'engrais) aggravent cette fragilisation de l'état sanitaire des colonies et sont une cause majeure et reconnue de déclin des pollinisateurs sauvages.
Tous ces effets se répercutent sur les pratiques apicoles, qui doivent s'adapter : nourrissage des abeilles accru, hausse des traitements face aux pressions du varroa, évolution du calendrier apicole... Les rendements de la production de miel des exploitations s'en trouvent impactés et diminuent.

Zoom 7. Le changement climatique et la pollinisation

Les pollinisateurs sauvages, en déclin massif, et les pollinisateurs domestiques sont confrontés aux mêmes problèmes de réduction des ressources florales du fait des changements globaux, entraînant une compétition entre eux. Une désynchronisation entre pollinisateurs et végétaux est parfois également observée. Les épisodes de sécheresses et les différentiels de températures peuvent en effet provoquer une modification des périodes de floraison des végétaux, induisant ainsi un décalage phénologique avec les pollinisateurs. De plus, la modification des facteurs d'attractivité des plantes (odeurs, nectar…) peut déstabiliser l'interaction avec les pollinisateurs : en période de sécheresse, certaines fleurs ne dégagent plus les mêmes composés organiques volatils, c'est-à-dire les odeurs qui permettent aux insectes de se diriger vers les fleurs, ce qui peut grandement déboussoler les pollinisateurs. La production d'ozone (issue des transports et de l'urbanisation) diffusée par les vents, peut aussi provoquer des modifications des odeurs florales ou la perte de capacité sensorielle chez les insectes, et donc des ruptures d'interactions plantes-pollinisateurs. Les réponses à ces décalages sont différentes selon les espèces végétales. Dans certains cas, les pollinisateurs généralistes sont capables d'adapter leurs régimes alimentaires et ainsi de butiner différentes morphologies florales. Dans le cas de pollinisateurs très spécialisés à une ou quelques espèce(s) de fleur, comme c'est le cas de ceux du figuier, l'interaction peut s'en trouver grandement affectée. Les espèces spécialistes sont donc davantage vulnérables.

Photo 18. Pollinisation
© Antoine Nicault.

4.4. Le pastoralisme, secteur clé pour la lutte contre le risque incendie

Chloé Stab (AIR Climat/GREC-SUD) et Alaric Stéphan (PNR)

Les troupeaux face au changement climatique

La filière pastorale subit déjà les effets du changement climatique. L'augmentation de la température et de l'ensoleillement induisent un stress thermique pour les animaux : ils halètent pour évacuer la chaleur, boivent plus, cherchent de l'ombre pour se rafraîchir et, à l'instar des humains, mangent moins. Leur bien-être et leur santé peuvent ainsi être fragilisés. De plus, les épisodes de forte chaleur altèrent la production laitière et la croissance des animaux. On observe un décalage des activités des animaux, ceux-ci réalisant leurs repas préférentiellement la nuit, comme c'est déjà le cas en été. Le changement climatique a également des conséquences sur la ressource alimentaire. D'abord positif : le démarrage de pousse printanière de la végétation des prairies est de plus en plus précoce et le pic de pousse est amélioré. Cependant, cette période favorable de printemps peut être de très courte durée et contrée par l'arrivée de plus en plus précoce de l'été. De plus, l'augmentation de l'évapotranspiration, additionnée au déficit de précipitations estivales, engendre une baisse de production de biomasse en été. La qualité des ressources et la quantité accessible sont impactées. Le rebond automnal est, quant à lui, plus tardif, mais peut être plus productif qu'actuellement.

Face au risque incendie, le pastoralisme

La pratique du pastoralisme est ancrée depuis des siècles sur le territoire de la Sainte-Baume et a permis d'en modeler les paysages, en maintenant les milieux ouverts et en assurant la survie de plusieurs espèces dépendantes de ces milieux. Si certains troupeaux sont présents toute l'année, d'autres venus des Alpes rejoignent le massif en période hivernale pour y trouver des ressources pastorales plus abondantes. Dans un contexte d'augmentation des risques de méga-feux, ce type d'élevage est un atout majeur pour le territoire puisqu'il permet d'entretenir par le pâturage les ouvrages de défense des forêts contre les incendies (DFCI) tels que les bandes débroussaillées de sécurité (BDS) ou les coupures de combustibles. En limitant la repousse des strates herbacée et ligneuse, ce pâturage permet d'espacer les interventions mécaniques de débroussaillement qui sont réalisées dans le cadre des PIDAF (Plan intercommunal de débroussaillement et d'aménagement forestier), tout en permettant aux éleveurs d'alimenter leurs troupeaux. Pour compenser le fait que la ressource reste limitée sur ces surfaces au fil des années – et c'est bien l'objectif poursuivi – les gestionnaires peuvent proposer à ces éleveurs de contractualiser sur 5 ans des mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC) qui leur permettent de toucher une aide financière en s'engageant à respecter certaines exigences précisées dans un plan de gestion écopastoral : obligation de passage avec le troupeau, respect d'un nombre de tête maximal, prise en compte des périodes sensibles pour la faune et la flore à enjeux, limitation du piétinement et du surpâturage, etc.

Photo 19. Pastoralisme en forêt à Tourves © Thierry Darmuzey (2011).

4.5. Diversification et agroécologie : deux éléments clés de l'évolutions des pratiques agricoles

Antoine Nicault (AIR Climat/GREC-SUD)

La diversification des exploitations agricoles assurera une meilleure résilience face au changement climatique. Cette diversification peut être considérée à plusieurs échelles : des activités agricoles (ou autres) ; des cultures, des variétés plantées ou des races composant le troupeau ; et des pratiques. Aujourd'hui, les viticulteurs du territoire se posent la question, lors d'arrachages de vignes, d'en replanter ou d'aller vers d'autres cultures plus adaptées à la chaleur. À titre d'exemples, le domaine de Ramatuelle à Brignoles s'est lancé dans une activité de pépinière de pistachiers et le domaine de la Michelle à Auriol quant à lui tente de relancer la filière de la câpre. Cette dernière est historique du côté ouest du Parc (Cuges-les-Pins, Auriol, Roquevaire et Gémenos), abandonnée essentiellement en raison de la main-d'œuvre nécessaire pour sa récolte mais qui pourrait répondre aux problématiques liées au changement climatique. L'association « Les câpres du Garlaban » créée en 2023, qui regroupe plusieurs agriculteurs du secteur, a ainsi pour objectif de leur assurer un revenu grâce au développement de nouvelles variétés de câpres via des expérimentations afin de les réimplanter chez les producteurs adhérents. Le parc anime ce redémarrage.

L'agroécologie est une façon de concevoir des systèmes de production qui s'appuient sur les fonctionnalités offertes par les écosystèmes. Les pratiques agroécologiques visent la diversification en mixant les cultures, les forêts et l'élevage, et permettent de réduire les stress liés aux fortes températures sur les cultures et le bétail ou de favoriser, grâce aux racines des arbres, l'infiltration de l'eau et l'accès aux ressources hydriques tout en améliorant le cycle des nutriments et en séquestrant du carbone. Par ailleurs, ces systèmes créent également des habitats utiles à la biodiversité et fournissent de la biomasse pour l'alimentation du bétail. Parmi ces pratiques, on peut citer : la restitution au sol des résidus de culture ; la culture, entre deux productions, des plantes qui ne seront pas récoltées, mais retournées au sol ; les rotations incluant des légumineuses ; l'exploitation de l'herbe par pâturage plutôt que par fauche, action qui a aussi pour effet d'augmenter le retour au sol de résidus du fait de la moindre exploitation de l'herbe (refus par les animaux…) et l'apport des déjections ; le maintien des bandes enherbées, entre les rangs cultivés, la plantation d'arbres et de haies dans les parcelles ; l'apport de matière organique (fumiers, lisiers, composts, boues de station d'épuration, déchets verts, digestats de méthanisation3 et certains déchets industriels). La région Provence-Alpes-Côte d'Azur voit un développement actif des filières du compostage et de l'utilisation des composts ces dix dernières années, en agriculture biologique ou non.

4.6. L'alimentation, un levier de la transition écologique

Chloé Stab (Air Climat/GREC-SUD)

L'adaptation du secteur agricole ne peut être envisagée sans considérer le système alimentaire dans son ensemble, allant de la production à la consommation, en passant par la transformation, le transport, la distribution et en tenant compte également de la production de semences et de la gestion des déchets. Dans les paragraphes précédents, nous avons évoqué des pistes d'évolution (pratiques agricoles, nouvelles variétés ou cultures, meilleure gestion de l'eau et des sols, etc.) ; ces transformations, qui demandent une prise de risque de la part des exploitations agricoles, ne pourront se faire sans l'implication de l'aval agricole et l'appui de l'ensemble des acteurs y compris des consommateurs. Le changement climatique demande de repenser la structuration des filières alimentaires, avec des bassins de production à plus petite échelle afin de réduire le transport, des filières simplifiées, plus de coopération entre acteurs... Cela implique de s'engager en faveur du maintien voire du développement de zones agricoles, et ce, malgré une pression foncière parfois forte. Cela peut passer par l'identification de zones agricoles protégées (ZAP) au sein des PLU, la réhabilitation d'anciennes friches, la mise en place d'une vraie stratégie foncière, etc. Cette perspective vient également rappeler que la reterritorialisation de l'alimentation consiste avant tout à donner aux consommateurs locaux la possibilité de choisir l'origine et la qualité de leur alimentation et à encourager la transition agroécologique. Cela suppose de faciliter les installations et les transmissions des exploitations agricoles, soutenir leur diversification, les accompagner vers les circuits courts, donner de la visibilité aux produits et producteurs du territoire, etc. Réinventer cette chaîne alimentaire appelle à imaginer différentes façons de tisser ou retisser des liens entre la production agricole locale, les entreprises et les habitants du territoire.

C'est en ce sens que tous les parcs naturels régionaux de France ont lancé une initiative commune autour de la création de la marque « Valeurs Parc naturel régional ». Elle vise à mettre en avant des produits et services obéissant à des référentiels propres à chaque territoire et à chaque filière. Le Parc de la Sainte-Baume déploie la marque sur les filières à la fois agricoles et touristiques, dans l'objectif de créer du lien entre les professionnels et renforcer les complémentarités entre leurs métiers. L'apiculture et l'élevage ont été les premières filières agricoles labelisées en 2019, puis la marque a été élargie à la viticulture en 2022 et à la filière oléicole en 2023.

Les Projets Alimentaires Territoriaux (PAT) sont également l'opportunité de fédérer les acteurs du système alimentaire sur un territoire et d'impulser une dynamique collective. Le Parc est couvert aux deux-tiers par deux PAT : celui de la communauté d'agglomération de la Provence verte et celui d'Aix-Marseille Métropole - Pôle d'Equilibre Territorial Rural du Pays d'Arles. D'autres leviers sont disponibles pour agir à l'échelle du système alimentaire. Par exemple, certaines organisations spatiales permettent de maintenir une activité agricole dans les zones sous pression, notamment lorsque les espaces sont protégés de l'urbanisation. Cela peut être dû à la présence de risques naturels (zones inondables par exemple) mais aussi du fait du recours à des circuits courts ou à la vente directe, à la restauration

collective. La commande publique est un autre levier pour changer les pratiques et les localisations, notamment en s'appuyant sur la loi EGalim (promulguée en 2018) qui impose depuis janvier 2022 à la restauration collective publique de proposer au moins 50 % de produits durables et de qualité dont au moins 20 % de produits bio. Cette loi a également pour objectif de permettre aux agriculteurs d'avoir un revenu digne en répartissant mieux la valeur.

Photo 20. Cultures maraîchères à la Roquebrussane © Denis Caviglia.

Parole d'acteur

Jean Michel Roy, historien et responsable Recherche et Développement à Montrieux-le-Hameau

Pour engager des évolutions structurelles de nos modes de vie, il faut agir ensemble et de manière concertée. Espace stratégique, le Tiers-lieux, ancré sur un territoire et dans une communauté, peut-être un puissant moteur de transition locale en favorisant l'émergence des besoins d'une population et une réponse résiliente aux problématiques des territoires qui s'appuie sur l'expertise des usagers, en croisant de multiples activités et en donnant à voir des pratiques innovantes inspirant le changement[12].

Une initiative citoyenne fondée sur la connaissance historique

Pour inventer un avenir durable et joyeux, l'équipe de Montrieux-le-Hameau a construit un tiers-lieu régénératif (ferme expérimentale, séminaire, centre de formation) où l'innovation sociale et humaine est au cœur du projet. Le Hameau se développe sur le lieu-dit de Montrieux le Vieux, site historique ayant accueilli une activité humaine et agricole depuis le 12ème siècle, se situant sur la commune de Méounes-lès-Montrieux. Nous y développons une

[12] https://www.parc-loire-anjou-touraine.fr/sites/default/files/2020-12/note-n2-tiers-lieux-tes-transitio-metre.pdf

micro-ferme permaculturelle ayant l'ambition de s'adapter à l'écosystème déjà présent. Se basant donc sur l'histoire du lieu et ses activités passées, nous cherchons à produire une grande variété de denrées alimentaires et ainsi répondre à la demande de consommation de nos activités de restauration et d'évènements. Le lieu participe également à la mise en récit de cette histoire, partagée au gré des visites historiques ou des conférences et journées d'études organisées.

L'apport des sciences sociales pour enrichir la recherche en agriculture

En tant qu'historien travaillant sur l'histoire agricole depuis plus de 30 ans, je pense que les sciences humaines et sociales n'ont pas eu la place qu'elles méritaient. De nombreuses recherches historiques révèlent que les systèmes agricoles traditionnels provençaux (XVII – XIX) permettaient une grande adaptation aux changements de tous ordres. Bien avant l'invention de la permaculture, des techniques permaculturelles étaient mises en œuvre (oulière, autin, culture sur : éponge, effondrée, table, échelle) dans le cadre d'une polyculture structurée autour des arbres fruitiers et notamment de l'olivier. Une civilisation méditerranéenne de l'arbre fruitier s'est développée en s'adaptant à chaque terroir offrant une mosaïque de systèmes agroforestiers. Autre exemple, le nano-maraîchage est une méthode de jardinage inventée par les maraîchers parisiens au 19ème siècle démontrant une très grande productivité sur une surface qu'un être humain peut cultiver seul. La compréhension et l'amélioration de cette méthode de production est un enjeu pour de nombreux acteurs de la recherche.

Étudier le passé pour construire l'avenir

Afin d'enrichir les connaissances historiques et participer à inventer l'agriculture du 21ème siècle, le Hameau s'est associé à l'INRAE dans le cadre d'un projet de recherche. L'objectif est de réaliser l'inventaire des systèmes agricoles traditionnels provençaux, pour effectuer des reconstitutions à différentes échelles et les étudier. Différentes associations de plantes seront testées avec l'INRAE afin de constituer une base nationale et méridionale de ces associations. Il s'agit d'identifier précisément les avantages et les inconvénients d'une méthode agricole qui tourne définitivement le dos à la monoculture. La démarche sera rendue publique et pourra servir de modèle ailleurs.

Photo 21. Agroforesterie © PNR de la Sainte-Baume.

5. Habiter le territoire en contexte de changement climatique : entre santé, vulnérabilité et sobriété

Le changement climatique a et aura des effets non négligeables sur les conditions de vie, la santé physique et psychique et le bien-être des habitants du territoire, à travers l'intensification des épisodes de fortes chaleurs, les risques environnementaux accrus (inondation, incendie…) ou l'évolution de la biodiversité. Certes, leurs modes de vie et leurs pratiques individuelles (loisirs, déplacements, alimentation etc.) pourraient s'en trouver bouleversés et devront sans doute évoluer pour faire face aux nouveaux enjeux et pour participer à l'effort global d'atténuation des émissions de GES. Mais la lutte contre le changement climatique est aussi l'occasion de repenser les pratiques à l'échelle d'un territoire, vers plus de sobriété, en favorisant les « co-bénéfices » sur la santé, l'environnement et l'attractivité.

5.1. Vers des modes de vie plus sobres en énergie et en GES

Cécile Bergeot (Air Climat/GREC-SUD)

La sobriété énergétique sur le territoire

La transition énergétique du territoire passe d'abord par la sobriété, dont la sobriété énergétique, c'est-à-dire la minimisation des consommations d'énergie. Afin de réduire les besoins en énergie du secteur résidentiel, l'axe primordial est la rénovation énergétique des logements pour améliorer leurs performances énergétiques. En plus d'être écologique, cette rénovation permet d'amoindrir les coûts énergétiques pour les propriétaires et améliore grandement leur confort. À l'échelle nationale, le service public France Renov' offre des conseils et des aides aux particuliers souhaitant s'engager dans cette démarche. Avec cependant moins d'impact, des « écogestes » peuvent être adoptés par tous afin de minimiser les consommations en énergie : éteindre la lumière, utiliser des appareils électroniques basse consommation, réduire le chauffage en hiver…

Des transports et mobilités à repenser

La forte dépendance à la voiture, bien que difficile à endiguer en territoire rural, pourrait être contrebalancée à travers le développement de la mobilité partagée et de modes de transports alternatifs. Il est nécessaire, au moins en partie, de s'appuyer sur le parc automobile existant, avec le développement de services de covoiturage et d'autopartage qui favorise la location de particulier à particulier. Dans un même temps, la circulation de véhicules à faibles émissions peut être favorisée par l'installation de zones de recharges pour les véhicules électriques et le développement de systèmes de location longue durée de véhicules récents (leasing).

Le développement des services de proximité permettant des déplacements via d'autres moyens de transports (vélo, bus,etc.), la création d'espaces de « *coworking* » ou encore le développement d'un tourisme doux permettant des activités sans voitures sont des pistes de solutions à envisager sur le territoire.

Photo 22. Aire de covoiturage à l'entrée d'autoroute Le Castellet-La Cadière. D'autres communes comme Nans-les-Pins ou Auriol ont mis en place cette initiative © PNR de la Sainte-Baume.

Pour une plus grande efficacité, repenser les pratiques de mobilité doit se faire à travers un changement de pratique individuelle choisi et volontaire, et l'accompagnement dans l'expérimentation des alternatives pos-

sibles à la voiture individuelle. Sur le territoire du Parc, la communauté d'agglomération Sud Sainte-Baume a réalisé un plan de mobilité, document cadre sur 10 ans répondant aux objectifs de la loi LOM[13], visant à développer les modes de transports alternatifs à la voiture individuelle, notamment les voies cyclables, et à améliorer les connexions entre métropoles. Un plan de déplacement inter-entreprises est également en cours de réflexion au sein de la zone d'activités du plateau de Signes.

Le développement des énergies renouvelables, vers plus d'autonomie et de résilience territoriale

Le Parc de la Sainte-Baume s'est déjà saisi de la question de la production énergétique, comme en témoigne le taux de couverture énergétique moyen de 24 % (2020), qui a doublé depuis 2015. L'électricité et l'énergie thermique actuellement produites sur le territoire sont renouvelables, majoritairement issues de la filière bois-énergie (64 %) et du solaire photovoltaïque (34 %). Ainsi, ce sont 555 397 MWh d'énergie renouvelable qui ont été produits en 2020 au sein du Parc, soit environ 18% de la consommation énergétique totale du territoire. La biomasse ne peut être considérée comme une source d'énergie renouvelable que si sa régénération est supérieure à sa consommation. La filière bois-énergie utilise du bois-bûche et des plaquettes forestières dans sept chaufferies à bois différentes, représentant une puissance cumulée de 1570 KW. C'est une filière à fort potentiel de développement pour le Parc.
Avant même la création du Parc, en raison des tarifs préférentiels de rachat de l'électricité par EDF, la filière photovoltaïque s'est rapidement développée sur le territoire de la Sainte-Baume, principalement sur des espaces boisés ou naturels. Ces grandes installations génèrent de fortes oppositions locales en raison de leur impact paysager et des destructions d'habitats naturels potentiellement occasionnés. Il n'existe de ce fait aucune ferme éolienne sur le territoire.
Compte tenu de l'influence de la pression foncière sur les terres agricoles et d'élevage, de la nécessité de maintenir le maximum d'espaces ruraux dans leur état d'origine ainsi que d'espaces naturels pour préserver la riche biodiversité de son territoire, les politiques publiques (Région Sud, DREAL, PNR…) privilégient les installations qui intègrent les panneaux aux toitures de bâtiments plutôt que celles qui mobilisent des surfaces au sol.

Afin de développer son potentiel photovoltaïque de façon réfléchie, le Parc a lancé en 2022 une étude d'identification du potentiel photovoltaïque sur zones exemptes d'enjeux paysagers, environnementaux et sociaux (AMI régional foncier dé risqué). Depuis fin 2023, le Parc a également accompagné certaines communes dans l'identification de leur Zones d'Accélération pour la production d'énergie renouvelable.
Les installations solaires thermiques pourraient satisfaire jusqu'à 70 % des besoins en eau chaude sanitaire et 50 % des besoins en chauffage d'un foyer, dans une zone disposant d'un bon rayonnement solaire. Les avantages de cette énergie, actuellement peu développée sur le territoire de la Sainte-Baume, sont multiples pour les particuliers. Adaptées à la majorité des contextes domestiques, les technologies solaires thermiques sont simples et peu coûteuses, même si la production reste dépendante du climat et des saisons.

Photo 23. Toiture recouverte de panneaux photovoltaïques à Mazaugues © Aude Mottiaux.

[13] Loi d'Orientation des Mobilités de 2021.

5.2. Améliorer la santé et le bien-être dans le territoire

Cécile Bergeot (Air Climat/GREC-SUD)

Les îlots de chaleurs urbains (ICU), un enjeu sanitaire d'importance pour les petites villes

Les épisodes de canicule, favorisés en fréquence et en intensité par le changement climatique, sont les événements qui ont le plus d'impact sur la santé humaine, affectant plus particulièrement les personnes âgées, celles présentant déjà des troubles cardio-vasculaires mais également les travailleurs en extérieur (agriculteurs, ouvriers des bâtiments et travaux publics…) et les touristes. En France, entre 2014 et 2023, entre 1000 et 7000 décès annuels sont attribuables à la chaleur. En termes relatifs, la chaleur peut causer jusqu'à 8 % de la mortalité estivale et 11 % de la mortalité pendant les jours chauds.

Bien que touchant principalement les grands pôles urbains, les risques d'inconfort thermique concernent également les petites villes et les villages où les épisodes de chaleur intense entraînent la formation d'îlots de chaleur urbains. Ces zones urbanisées sont caractérisées, lors des fortes chaleurs estivales, par des températures de 5 à 10 °C plus élevées que l'environnement immédiat (secteur péri-urbain ou rural) du fait de la capture et du stockage de la chaleur par les surfaces minéralisées, additionné à une faible circulation de l'air et une absence de végétation.

Modérer la formation de ces îlots de chaleur est essentiel en contexte de changement climatique pour améliorer le confort thermique et minimiser les risques sanitaires pour les populations des zones urbaines (Figure 19). Il convient de s'appuyer sur la diversité des solutions et leurs co-bénéfices. Repenser l'aménagement du cœur des villes : revêtements blancs qui limitent l'emmagasinement de chaleur, amélioration de la circulation de l'air, etc. ; accorder une plus grande place à la végétalisation urbaine, longtemps oubliée, qui permet pourtant de procurer ombre, fraîcheur et humidité de l'air dans les périodes les plus chaudes, tout en améliorant la qualité de l'air. Un point de vigilance cependant : le choix d'une essence adaptée au climat futur et peu émettrices de polluants (pollens, composés organiques volatiles) est essentiel à une plantation réussie.

Des maladies infectieuses en émergence

Aux effets directs sur la santé liés à la chaleur et aux évènements extrêmes s'ajoutent les conséquences de la modification de la biologie des organismes, du fonctionnement des écosystèmes et de la qualité des milieux. Ainsi, les changements d'aires géographiques de certaines espèces (moustiques, tiques...), le développement des maladies vectorielles (comme le chikungunya, la dengue et le Zika portés par le moustique tigre), la prolifération de pathogènes (bactéries, moisissures, algues toxiques...), l'augmentation d'allergènes (acariens, pollens…) ou encore la raréfaction des ressources (eau et productions agricoles) sont autant d'impacts indirects du changement climatique qui ont d'ores et déjà des conséquences sanitaires.
La lutte contre le moustique tigre est un élément essentiel de la prévention des maladies qu'il peut transmettre (chikungunya, dengue, Zika). Elle permet de réduire ou d'interrompre la prolifération des moustiques. La lutte repose sur la participation de tous pour détruire les gîtes larvaires, car 80 % se trouvent dans les eaux stagnantes de nos jardins ou nos terrasses. La vigilance est importante, des cas de maladie ont déjà été observés sur la région, notamment à Saint Jannet (06) où, en 2022, une cinquantaine de personnes ont été contaminées par le virus de la dengue.

Si la tique *Ixodes ricinus*, vectrice potentielle de la maladie de Lyme, n'apprécie pas le climat méditerranéen et se rencontre peu sur le territoire, une nouvelle espèce de tique, *Hyalomma marginatum*, est apparue dans le sud de la région via l'Espagne. Cette espèce encore rare est un vecteur potentiel de la fièvre hémorragique du Crimée Congo (FHCC). La FHCC est une infection causée par un virus qui peut provoquer chez l'humain de la fièvre, des frissons, des troubles digestifs et, dans de rares cas, des formes graves avec des saignements incontrôlés pouvant conduire à la mort. Aucun cas humain n'a été diagnostiqué en France à ce jour. Néanmoins, le risque de contamination est maintenant démontré, des tiques *Hyalomma* infectées par le virus ayant été observées dans le sud de la France[14]. Si vous observez cette espèce de tique, il est important de faire remonter l'information au Parc ou à l'Agence Régionale de la Santé Provence-Alpes-Côte d'Azur.

[14] https://www.santepubliquefrance.fr/les-actualites/2024/fievre-hemorragique-de-crimee-congo-adopter-les-bons-gestes-pour-se-proteger-des-piqures-de-tiques

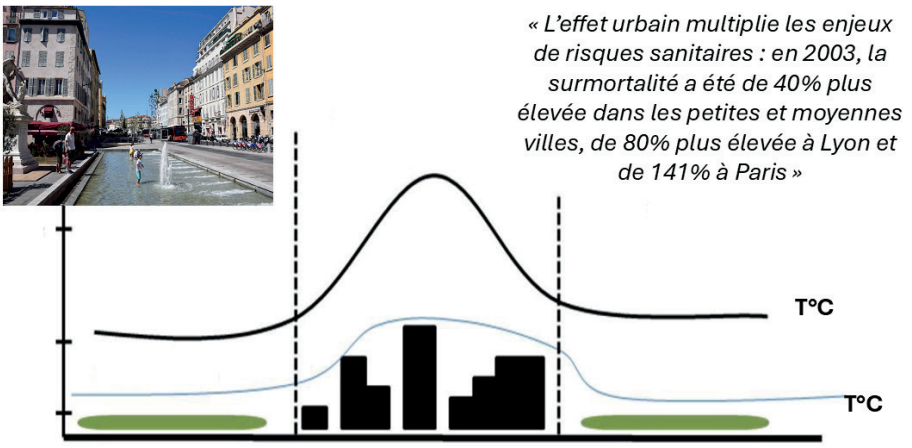


Figure 19. Un ilot de chaleur urbain. La température est accentuée en ville - surtout la nuit © Air Climat.

La pollution atmosphérique à l'ozone, une menace pour la santé des humains et des écosystèmes, favorisée par le changement climatique

En plus d'être un gaz toxique pour la santé humaine, pénétrant profondément dans l'appareil respiratoire et entraînant toux, gêne respiratoire, crises d'asthmes… voire des effets cardio-vasculaires, l'ozone, à des concentrations atmosphériques élevées, est également néfaste pour la santé des écosystèmes. Le réchauffement climatique et les impacts de l'ozone, allant jusqu'au dépérissement d'individus, se cumulent et affaiblissent les végétaux, qui deviennent moins résilients. Certaines espèces comme le hêtre ou le pin d'Alep y sont particulièrement sensibles.

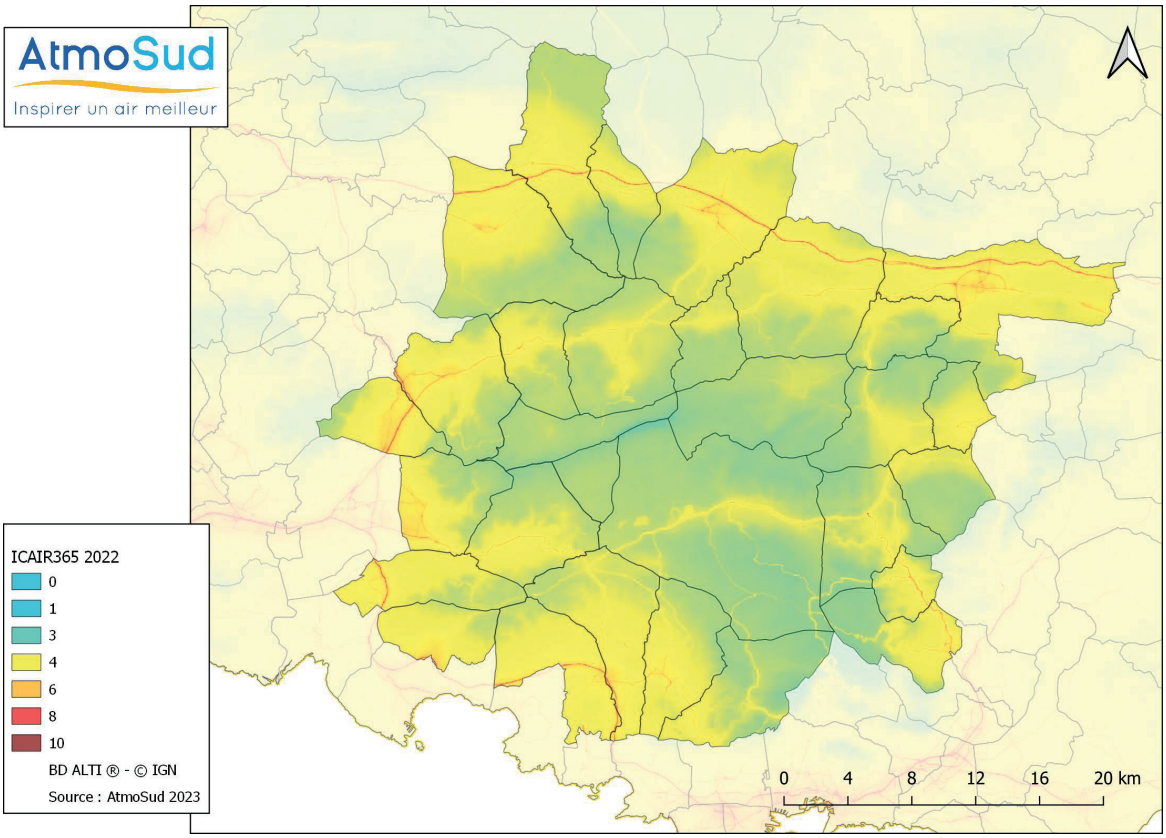


Figure 20 - Cartographie de l'indicateur ICAIR annuel multipolluant (NO_2/PM10/PM2,5/O_3) pour les communes du PNR de la Sainte-Baume © AtmoSud, 2023.

Chaque point d'indice représente le dépassement d'une ligne directrice de l'OMS pour au moins un polluant. L'indice ICAIR prend en compte le cumul des 4 polluants que sont PM10, PM2.5, O_3 et NO_2, pour calculer une valeur unique d'évaluation de la qualité de l'air. Ce choix de considérer la somme des 4 polluants permet de bien évaluer l'exposition de chacun à la pollution.

La région Provence-Alpes-Côte d'Azur connaît les concentrations en ozone parmi les plus élevées de France, voire d'Europe. Cette pollution photochimique, créée à partir de précurseurs (dioxydes d'azotes (NO_2) et composés organiques volatiles [COV]) par le rayonnement solaire, bénéficie en région d'un climat favorable (ensoleillement, chaleur) et de forts apports de précurseurs via le pôle industriel de l'étang de Berre et l'importance du transport routier. En contexte de changement climatique, l'augmentation des conditions nécessaires à la formation de l'ozone stimule les concentrations à la hausse.

Alors que la majorité des polluants atmosphériques se concentrent autour des zones les plus urbanisées et les voies de transports (Figure 20), les zones rurales régionales à fort relief telle que la Sainte-Baume sont soumises à des concentrations annuelles en ozone parmi les plus élevées, en partie due à des rayonnement UV plus importants. Ainsi, malgré la réduction des précurseurs de l'ozone à l'échelle régionale depuis les années 2000, les stations de mesures de la qualité de l'air rural d'Atmosud, dont celle de Plan d'Aups, n'enregistrent qu'une baisse très lente des concentrations, oscillant entre -0,8 et 0 µg/m³ par an selon les sites.

Ainsi, l'enjeu de la qualité de l'air en Sainte-Baume doit être traité conjointement au changement climatique, via des actions favorisant les co-bénéfices pour la santé des individus et la biodiversité. La principale action à mener vise à la diminution du transport routier qui reste le principal émetteur de NO_2 à l'échelle régionale (40 %) et source de nombreux autres polluants néfastes pour la santé humaine.

5.3. Le tourisme de demain, à la croisée des enjeux d'adaptation et d'atténuation

Cécile Bergeot (Air Climat/GREC-SUD)

Le massif de la Sainte-Baume, lieu de ressourcement de proximité.

Les formes de tourisme en Sainte-Baume sont multiples et les pratiques variées. Le tourisme excursionniste y est prédominant, d'autant plus sur les sites situés dans le rayonnement de pôles urbains attractifs, aux portes du Parc (Marseille, Toulon, Aix-en-Provence). Les visiteurs se rendent en Sainte-Baume principalement pour pratiquer des activités de loisirs et pour se ressourcer : sport de plein air (randonnées, équitation, escalade, etc.), tourisme religieux (site sacré), patrimonial (nombreux villages historiques). Cette tendance est favorisée dans les zones du territoire qui ne bénéficient pas d'une offre d'hébergements marchands importante. La connexion au littoral favorise quant à elle d'autres formes de tourisme.

En période estivale, le Parc de la Sainte-Baume est un lieu de repli face à la chaleur, grâce à l'importance de ces écosystèmes boisés et à ses sources (Huveaune, Saint-Pons, etc.). Néanmoins, l'attractivité touristique du Parc de la Sainte-Baume reste limitée par la proximité de territoires très touristiques comme le Parc national des Calanques, le Grand site Concors Sainte-Victoire, ou le Verdon.

Photo 24. Chapelle Saint-Pilon © E.Olivier.

L'attractivité touristique remise en question par le changement climatique

En ville, les visiteurs seront soumis aux mêmes enjeux que les habitants du territoire. La fréquentation des espaces urbains sera probablement affectée par les pics de chaleur estivaux entraînant inconfort thermique et fortes concentrations en ozone. Le risque d'inondations soudaines et destructrices pourrait également devenir un enjeu de sécurité, à la fois pour les habitants et les visiteurs.
Si la Sainte-Baume reste un territoire relativement ombragé, le risque incendie via la multiplication probable des feux extrêmes pourrait présenter une limite forte à la fréquentation des espaces forestiers en période estivale. Dans les décennies à venir, la fermeture des massifs forestiers sera inévitablement plus fréquente. De plus, le dépérissement des écosystèmes forestiers remarquables (voire leur disparition pour la hêtraie) et la pression accrue sur la ressource en eau, dégraderont des milieux à forte attractivité (45 000 visiteurs par an pour les sources de l'Huveaune), et pourraient amener, par la mutation des paysages, à une relative perte identitaire du territoire.
Dans ces conditions, le tourisme dans les espaces ruraux, centré sur la période estivale, est appelé à muter. La Sainte-Baume, notamment sur le site phare de Plan d'Aups, bénéficie d'une bonne fréquentation sur les ailes de saisons, une tendance qui se confirme d'années en années.

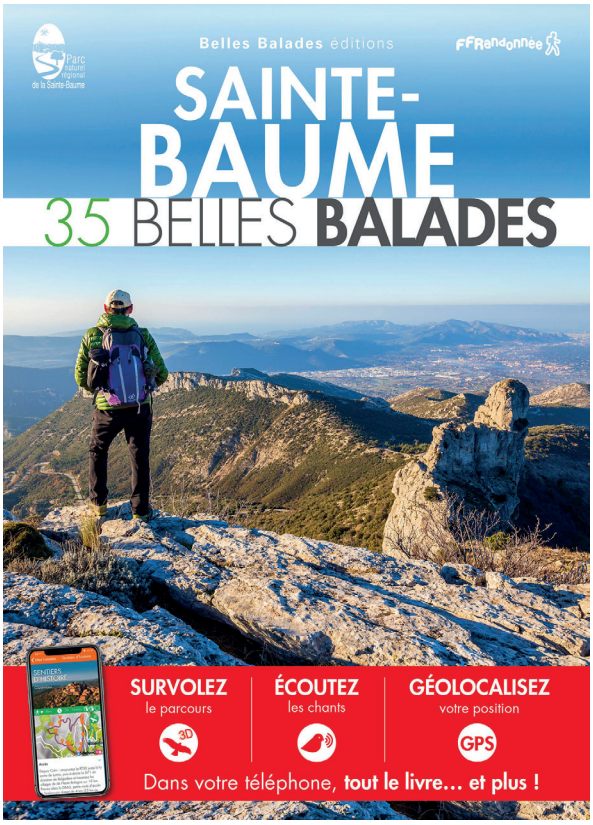


Photo 25. Guide de randonnée en Sainte-Baume © PNR de la Sainte-Baume.
Ce topoguide comprend un ouvrage papier complété par une application numérique. Il est en vente dans les offices de tourisme du territoire.

Quel tourisme pour demain ?

Les défis sont multiples : ils résident à la fois dans l'adaptation aux aléas climatiques (incendies, canicules...), la transformation vers une offre plus sobre en émissions de GES et en eau, tout en préservant les milieux naturels et la biodiversité du site. La principale source de GES sur le territoire étant l'utilisation de la voiture individuelle, l'offre de mobilité alternative pour les visiteurs gagnerait à être développée, en favorisant des transports multimodaux « attractifs » comme développé précédemment. Informer, sensibiliser et former les visiteurs et les professionnels aux bons gestes et comportements à adopter face à l'évolution du climat est aussi une priorité.

L'adaptation du secteur touristique passe par une redéfinition de la saison touristique habituelle et le développement d'une nouvelle offre à l'année. Hors été, les conditions de visites seraient plus propices : les flux touristiques pourraient se décaler sur les ailes de saison (avril-juin, septembre-novembre), à condition d'adapter l'offre à cette nouvelle clientèle.

Photo 26. Randonneurs devant un panneau du GR® de Pays à La Roquebrussanne © Olivier Octobre.

Conclusion

Sur le territoire de la Sainte-Baume, comme dans toute la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, les températures augmentent et continueront d'augmenter - et avec elles les aléas climatiques extrêmes - en fonction de la mise en œuvre ou non de politiques d'atténuation à grande échelle.

Au sein du parc, les effets du changement climatique sur les milieux naturels s'observent sur la biodiversité : les peuplements forestiers actuels dépérissent et pourraient connaître une importante recomposition d'ici la fin du siècle. La tension sur la ressource en eau en période estivale qui s'accroît, les difficultés économiques traversées par le secteur agricole, les incertitudes sur l'avenir du tourisme sont autant de symptômes d'un changement transversal en cours auquel toutes les composantes du territoire doivent s'adapter.

L'adaptation du territoire doit être transformatrice. Les transformations, parfois profondes, qui touchent à toutes les thématiques, gagneront à être mises en place de manière intégrée et co-construites : chaque acteur du territoire, de l'habitant à l'élu politique, a son rôle à jouer dans l'adaptation, en apportant des réponses au plus près du territoire dont les impacts toucheront tous les habitants.

Les décisions politiques doivent se fonder sur une meilleure connaissance des processus du changement climatique et de leurs effets sur le territoire. Ainsi, autour de la Sainte-Baume, de nombreuses incertitudes persistent quant à l'avenir des milieux et de leur biodiversité. C'est le renforcement de la connaissance qui permettra d'anticiper au mieux les évolutions à venir. Il doit s'accompagner d'une appropriation par les acteurs du territoire, formant une culture commune du changement climatique.

Les mesures d'adaptation mises en œuvre ne seront efficaces que si l'on arrive à limiter la hausse de la température moyenne globale à 2 °C, ce qui correspondra à 3 °C au niveau local. Ainsi, réduire les émissions de gaz à effet de serre reste un enjeu prioritaire pour tous les territoires. Au-delà de la préservation des puits de carbone, les initiatives combinant adaptation et atténuation, telles que les Solutions fondées sur la Nature (SfN) doivent être favorisées.

Les mesures de transition écologique et énergétique ne seront justes et efficaces que si elles ne pèsent pas sur les personnes les plus précaires qui sont déjà, et seront à l'avenir, le plus souvent les premières affectées par le changement climatique.

Dans ce contexte, par leur approche transversale et leur connaissance des territoires, les Parcs naturels régionaux jouent un rôle clé pour accompagner la mise en œuvre de politiques territoriales d'atténuation et d'adaptation adaptées, comprises et accueillies par les différents acteurs. Facilitateur dans le transfert des connaissances scientifiques et vecteur d'expérimentation dans la mise en place de solutions innovantes, le Parc de la Sainte-Baume doit persévérer dans son rôle d'animateur territorial sur lequel collectivités et forces vives du territoire peuvent s'appuyer afin de répondre ensemble aux enjeux du changement climatique.

Contributeurs

- Arfib Bruno (Partie 2), maître de conférences, hydrogéologue (Université Aix-Marseille, laboratoire CEREGE) - Conseil scientifique et prospectif du PNR de la Sainte-Baume
  Contact : arfib@cerege.fr

- Bergeot Cécile (Coordination générale, introduction, conclusion, parties 1, 2 et 5), chargée de mission valorisation et publication (AIR Climat)
  Contact : cecile.bergeot@air-climat.org

- Cheylan Gilles (§3.3 ; §3.4), président du conseil scientifique régional du patrimoine naturel de la région Provence-Alpes Côte d'Azur (CSRPN) - Conseil scientifique et prospectif du PNR de la Sainte-Baume
  Contact : cheylan.gilles@orange.fr

- Darmuzey Thierry (§2.3, §2.4, §3.2, §3.3, §3.4), responsable du pôle Paysage, biodiversité et gestion de l'espace, chargé de mission Patrimoine naturel (PNR de la Sainte-Baume)
  Contact : thierry.darmuzey@pnr-saintebaume.fr

- Dolisi Jean Yves (parole d'acteur §4.2), oléiculteur
  Contact : jydolisi@gmail.com

- Fenart Pascal (§2.1, §2.2), hydrologue (Hydrofis)
  Contact : pascal.fenart@hydrofis.com

- Garrone Christophe (§2.4), coordinateur du pôle GIRE (Syndicat Mixte de l'Argens)
  Contact : C.GARRONE@syndicatargens.fr

- Gauquelin Thierry (§3.1.3), professeur émérite (AmU, IMBE, CNRS, IRD)
  Contact : thierry.gauquelin@imbe.fr

- Geslin Benoît (§4.3), maître de conférences (Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Écologie Marine et Continentale, IMBE)
  Contact : benoit.geslin@imbe.fr

- Guiot Joël (Partie 1), chercheur émérite du CNRS en paléoclimatologie (CEREGE)
  Contact : guiot@cerege.fr

- Joubert Nelly (Parole d'acteur du §4.1), ingénieure agronome au sein du Service Agronomie Environnement (Chambre d'Agriculture du Var)
  Contact : nelly.joubert@var.chambagri.fr

- Lasserre Hélène (§4.2), directrice du pôle Conservation & Recherche (France Olive)
  Contact : helene.lasserre@conservatoire-oliviers.fr

- Martin Nicolas (Zoom 4), chargé de recherches en Écologie des Forêt méditerranéennes (INRAE Avignon)
  Contact : nicolas.martin@inrae.fr

- Nicault Antoine (Partie 1, §3.4, §4.5, zoom 7), coordinateur du GREC-SUD

- Ollivier Christian (Parole d'acteur du §2.3), adjoint au Maire de Roquevaire, délégué au PNR de la Sainte-Baume, président de la Commission Eau, vice-président EPAGE HuCA (Huveaune - Côtiers - Aygalades), vice-président ANEB (Association Nationale des Elus des Bassins)
  Contact : christollivier@gmail.com

- Rigolot Eric (§3.1.2), chargé de recherches en Écologie des Forêt méditerranéennes (INRAE Avignon)
  Contact : eric.rigolot@inrae.fr

- Ruffault Julien (§3.1.2), chargé de recherches en Écologie des Forêt méditerranéennes (INRAE Avignon)
  Contact : julien.ruffault@inrae.fr

- Schatz Bertrand (§4.3), directeur de recherche (CEFE), chercheur (CNRS)
  Contact : bertrand.schatz@cefe.cnrs.fr

- Simioni Guillaume (Zoom 4), chargé de recherches en Écologie des Forêt méditerranéennes (INRAE Avignon)
  Contact : guillaume.simioni@inrae.fr

- Stab Chloé (Partie 4), chargée de mission alimentation & agriculture (AIR Climat)
  Contact : chloe.stab@air-climat.org

- Stéphan Alaric (§4.2, §4.4), chargé de mission Agriculture (PNR de la Sainte-Baume)
  Contact : alaric.stephan@pnr-saintebaume.fr

- Tempier Jean-Claude (§2.4, §3.3, §3.4), administrateur (CEN PACA)
  Contact : jeanclaudetempier@gmail.com

- Vennetier Michel (§1.1, §3.1.1, §3.1.3), ingénieur forestier (Institut national de recherches en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture, IRSTEA)
  Contact : michel.vennetier@inrae.fr

- Vallauri Daniel (§3.1.1), responsable programme forêts (WWF) - Conseil scientifique et prospectif du PNR de la Sainte-Baume
  Contact : dvallauri@wwf.fr

Remerciements

Nous remercions tous les auteurs et autrices pour leur investissement et leur contribution à cet ouvrage. Merci aux membres du conseil scientifique du Parc d'avoir pris le temps de transmettre leur savoir.

Nous remercions le PNR de la Sainte-Baume pour avoir permis à AIR Climat, en tant que financeur, de réaliser cet ouvrage. Merci à Thierry Darmuzey d'avoir aidé à la coordination entre nos deux structures.

Nous remercions enfin Suzanne de Cheveigné, Joël Guiot et Thierry Gauquelin pour leurs contributions et leurs relectures attentives, garantes de la qualité scientifique de ce cahier.

Comment citer cette publication du GREC-SUD ?
Le Parc naturel régional de la Sainte-Baume face au changement climatique, Les cahiers du GREC-SUD édités par l'Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR Climat), novembre 2024, 56 pages.
ISBN : 9782491380151

GREC SUD

LE GROUPE RÉGIONAL D'EXPERTS SUR LE CLIMAT
EN PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

Le Parc naturel régional de la Sainte-Baume, territoire rural à dominante forestière et lieu de ressourcement entre Bouches-du-Rhône et Var, n'échappe pas aux effets du changement climatique. Dépérissement des écosystèmes, tensions sur la ressource en eau, perte de rendement agricole, etc. sont sources d'inquiétudes pour les habitants du territoire. Comment envisager l'avenir en contexte incertain ?

Commandé par le Parc naturel régional de la Sainte-Baume, et réalisé par le GREC-SUD, ce cahier territorial fait un état des lieux des connaissances scientifiques sur les tendances climatiques observées, l'ampleur des impacts associés aujourd'hui et demain et propose des pistes d'adaptation afin d'y faire face.

air

L'association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR Climat), qui entend contribuer à la prise de conscience des enjeux du changement climatique, mais aussi aider à la recherche de solutions innovantes, encourage les transitions en coordonnant notamment le GREC-SUD.

Contact : contacts@air-climat.org
AIR Climat : www.air-climat.org
GREC-SUD : www.grec-sud.fr

9 782491 380151