

Le Parc naturel régional du Verdon face aux défis du changement climatique

Juin 2021



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 d'une vingtaine de scientifiques et la collaboration active du PNR du Verdon. Commandé et financé par le Parc naturel régional du Verdon, il a été coordonné par Antoine Nicault pour l'association AIR Climat qui pilote le GREC-SUD.

La liste des références scientifiques utilisées pour la rédaction de ce document est disponible sur le site web du GREC-SUD.

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. Il bénéficie d'un financement au titre de la convention État - Région Provence-Alpes-Côte d'Azur - ADEME.

Financé dans le cadre du CPER



Conception et réalisation de la maquette : Tumult.

Date de publication : juin 2021.

Crédits photos : couverture (barrage de Sainte-Croix) © Jordan Lacoste / page 47 © Antoine Nicault / page 59 (cirque de Vaumale) © Philippe Murtas / 4^{ème} de couverture (plateau de Valensole) © Dominique Chavy.
Crédits pictogrammes : © Freepik.

Édito



Avec son patrimoine géologique et naturel exceptionnel, le territoire du Verdon bénéficie d'une notoriété internationale. Son ensoleillement très généreux et la diversité de ses milieux naturels, paysages et patrimoines vernaculaires, le rendent particulièrement attractif pour ses nombreux visiteurs et apportent à nos habitants un cadre de vie de qualité.

Dans un climat contrasté, entre influences méditerranéennes et montagnardes, le Verdon n'échappe pas, hélas, aux tendances d'évolution du climat que l'on peut observer aux niveaux mondial et national. Sa vulnérabilité à cet égard est déjà avérée : diminution de la ressource en eau, dépérissement forestier, perte de biodiversité et de productivité agricole, inconfort d'été dans les logements, risques pour la santé, etc.

Les actions menées jusqu'ici avec nos nombreux partenaires ont permis d'amorcer une prise de conscience et une mobilisation autour de ces enjeux, qui se conjuguent déjà au présent dans l'action : expérimentation de nouvelles pratiques agricoles, gestion de la ressource en eau dans le cadre du schéma d'aménagement et de gestion des eaux du Verdon (SAGE), approche écologique de la gestion forestière, sensibilisation des habitants à l'érosion de la biodiversité et à l'habitat durable (expositions, animations), programmes de rénovation de bâtiments communaux adaptés au confort d'été... Elles répondent ainsi à des enjeux larges, allant du local au régional (Plan climat « Une COP d'avance » de la Région Sud), en passant par l'échelon intercommunal.

Il reste néanmoins encore beaucoup à faire sur ce territoire d'exception, mais fragile, qui demeure vulnérable à un développement mal maîtrisé qui occulterait la question du climat.

Le label « parc naturel régional », s'il reconnaît notre capacité à agir, ne nous affranchit pas pour autant, élus, habitants, acteurs économiques, de notre responsabilité de gardiens du passé, ni d'une bienveillance attentive pour un développement responsable, prenant en compte la question climatique, dans la perspective de renforcer la résilience de ce territoire.

C'est pourquoi la question du changement climatique se doit d'irriguer fortement le contenu de la future charte du Parc (2023-2038). Celle-ci devra plus que jamais intégrer le besoin d'éveiller les consciences aux enjeux locaux du changement climatique et traduire par des engagements forts la vocation du Parc à susciter le développement de projets innovants et l'expérimentation.

Je remercie vivement l'ensemble des parties prenantes, chercheurs, agents du Parc, acteurs du territoire, pour leur précieuse contribution à la rédaction de ce nouveau cahier du GREC-SUD, dont l'opportunité et la réflexion de fond constitue déjà une action en soi allant dans ce sens.

Bernard CLAP

Président du Parc naturel régional du Verdon

Résumé

UN CLIMAT PLUS CHAUD ET DES EXTRÊMES PLUS MARQUÉS

Une évolution marquée depuis les années 1960

- La hausse des températures moyennes annuelles depuis 1990 est d'environ 1,7 °C par rapport à la normale (1961-1990)¹. Elle s'accompagne d'une progression marquée du nombre de jours dits « anormalement chauds » (températures journalières > 5 °C par rapport à la normale), 60 jours en moyenne depuis 2010 et jusqu'à 96 jours en 2017 ;
- Depuis le début des années 2000, le nombre de jours de gel est en baisse : autour de 55 jours dans les années 1990-1999 pour 35 jours dans les années 2010-2019. Cette diminution est particulièrement marquée depuis les années 2010 ;
- Les vagues de chaleur sont de plus en plus nombreuses. En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, 19 des 28 vagues de chaleur enregistrées depuis 1947 ont eu lieu entre 2000 et 2020. La durée des vagues de chaleur, inférieure à 5 jours dans les années 60-70², est, depuis 20 ans, en moyenne de 20 jours par an (plus de 40 jours en 2003 et 2019). Record de chaleur dans le Var le 28 juin 2019, à Vinon-sur-Verdon avec 44,3 °C ;
- Depuis 1960, le cumul annuel des précipitations est stable sur la partie nord-ouest du Parc³, alors qu'une légère tendance à la baisse (-5 % à -10 %) est observée pour la partie sud-est⁴ ;
- La fréquence et l'intensité des épisodes méditerranéens sont également en augmentation sur le pourtour méditerranéen français. Depuis le début des années 60, la fréquence des événements de précipitation dépassant le seuil de 200 mm de pluie par jour a doublé et l'intensité de ces événements a augmenté d'environ 22 %.

Les températures continueront à augmenter jusqu'au moins le milieu du siècle

- Sur le territoire du Parc, selon le succès des politiques bas carbone, il est attendu que les températures augmentent de 1,2 à 4,5 °C par rapport à la période de référence 1996-2015, une hausse qui s'accompagnera de vagues de chaleur plus longues et plus intenses de 10 à 106 jours supplémentaires ;
- Le cumul annuel des précipitations devrait diminuer de 10 à 20 % au-delà de 2050 avec une tendance à la diminution des précipitations estivales plus marquée, en notant une incertitude plus forte sur l'évolution des précipitations que celle des températures ;
- La baisse des précipitations associée à la hausse des températures devrait conduire à une aggravation des sécheresses estivales en durée et en intensité, une réduction des débits annuels des rivières de 10 à 20 % avec des étiages plus sévères, ainsi qu'à une diminution et une fonte précoce du manteau neigeux jusqu'en haute altitude.

RISQUES ACCRUS POUR LES ÉCOSYÈMES ET LES ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES

- Les forêts du Verdon subissent déjà de façon importante les effets du changement climatique. Ils se traduisent par une augmentation des épisodes de dépérissement, particulièrement marqués pour le pin sylvestre, pouvant conduire à des taux de mortalité anormalement élevés au sein des peuplements ;
- Le chêne vert et le pin d'Alep, espèces méditerranéennes réputées pour leur meilleure résistance à la sécheresse, montrent des déficits foliaires pouvant dépasser les 40 % et des taux de mortalité élevés (jusqu'à 7 % pour certains peuplements) ;
- Dans les Alpes-de-Haute-Provence, la saison propice aux incendies s'est allongée de 3 semaines au cours des 60 dernières années. Dans les années à venir les étés plus secs et plus chauds devraient impliquer une aug-

¹ Les valeurs de températures proviennent de la station Météo-France de Château-Arnoux-Saint-Auban. Les tendances sont représentatives de l'ensemble du territoire du Parc, mais ces chiffres sont bien sûr à pondérer en fonction du secteur et de l'altitude.

² Station Météo-France de Château-Arnoux-Saint-Auban.

³ Stations Météo-France de Valensole et de Lambruisse.

⁴ Stations de Castellane et Comps-sur-Artuby.

mentation de la fréquence, de 42 à 90 %, des grands feux provoqués par la chaleur en secteur méditerranéen et une augmentation du risque incendie jusqu'en montagne ;

- Même s'il est difficile de le dissocier des autres effets liés aux pressions humaines, le changement climatique exerce une pression de plus en plus importante sur la biodiversité. On constate, par exemple, la migration d'espèces, comme les papillons Apollon et Semi-Apollon, vers des altitudes plus élevées à la recherche de conditions de vie plus favorables ;
- Vagues de chaleur, sécheresses successives, modification des cycles de développement ont des conséquences directes sur le rendement des cultures. Les rendements de blé dur stagnent depuis les années 1990 et depuis quelques années, les cultures dites « sèches » (lavande, olivier, etc.) sont aussi sujettes au stress hydrique. D'ici la 2^{ème} partie du siècle, la production de truffes pourrait connaître un déclin de 78 à 100 % dans le sud de l'Europe, le Verdon sera alors en première ligne de ce déclin ;
- Le pastoralisme est également concerné. La productivité et la qualité des fourrages et pâturages se réduisent tandis que les animaux sont soumis à des stress hydriques et thermiques de plus en plus élevés ;
- Les activités touristiques devraient également subir les effets du changement climatique à travers notamment l'augmentation des événements extrêmes et la gestion qui en découle (fermeture des massifs face aux risques d'incendies par exemple). Le tourisme centré sur la période estivale pourrait se retrouver au cœur de tensions notamment autour de la ressource en eau et des conflits d'usages associés.

DES PISTES D'ATTÉNUATION ET D'ADAPTATION : UN TRAVAIL COLLECTIF

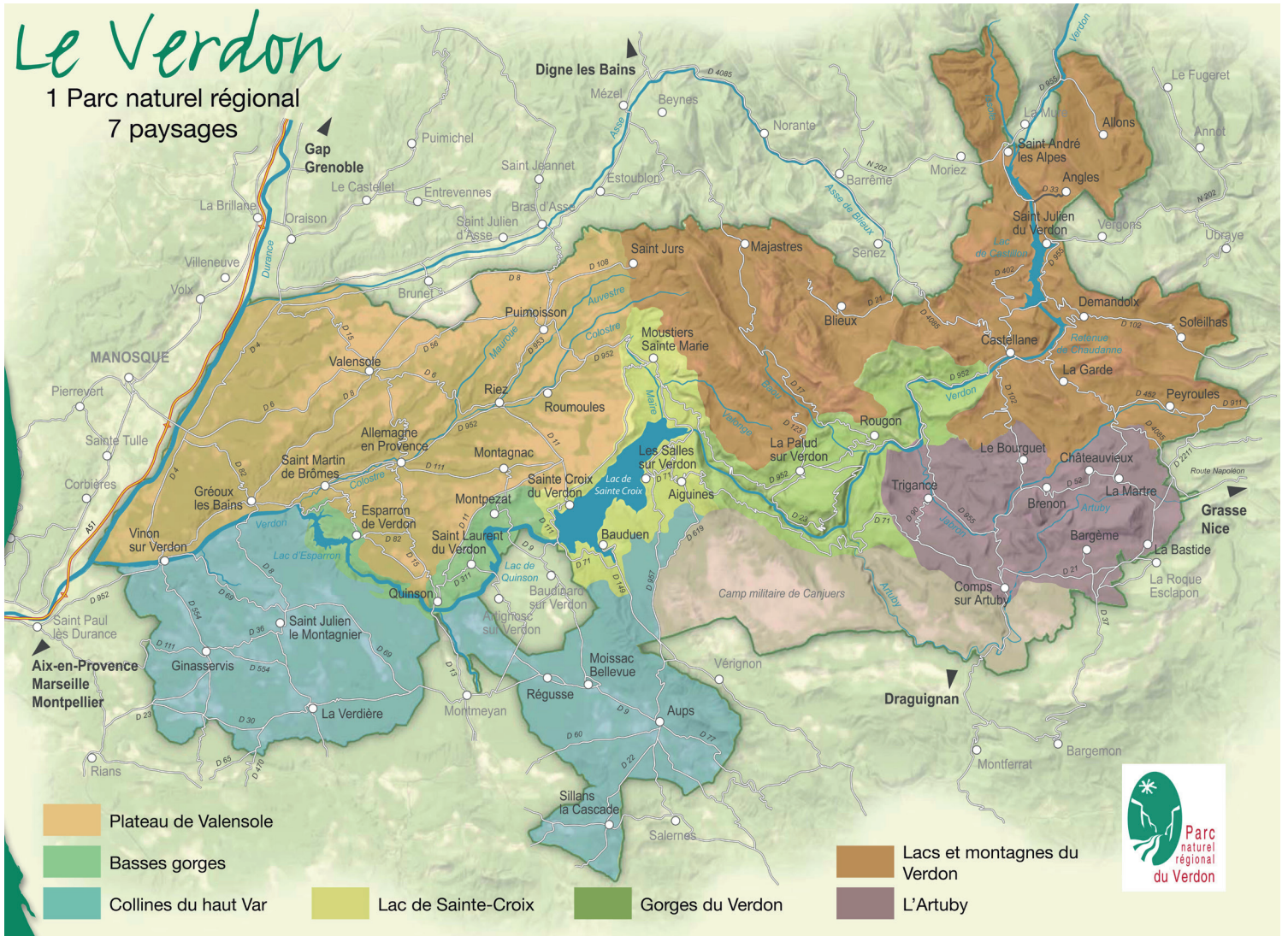
- Il est nécessaire, avant tout, de participer collectivement à la réduction des émissions de gaz à effet de serre à travers une transition énergétique ambitieuse et des changements de mode de consommation ;
- Le développement des énergies renouvelables (en respectant les espaces naturels et agricoles) doit s'accompagner d'une réduction de la consommation d'énergie notamment en encourageant la sobriété, l'optimisation du bilan énergétique des bâtiments et une mise en place d'une mobilité plus collective ;
- Préserver la bonne santé des écosystèmes et les stocks de carbone associés (forêts anciennes et sols), restaurer les stations forestières les plus dégradées par une sylviculture respectueuse de la biodiversité et développer les pratiques agro-écologiques, permettront d'optimiser la séquestration du carbone sur le territoire tout en offrant de nombreux co-bénéfices ;
- Favoriser les solutions fondées sur la nature, comme les pratiques agro-écologiques (ex. REGAIN), la restauration des cours d'eau (ex. le Colostre) ou le développement de la nature en ville (et villages) par exemple, permettra à la fois d'augmenter la résilience du territoire face aux événements extrêmes, de séquestrer du carbone et de favoriser la biodiversité ;
- Envisager la transition du territoire d'un point de vue social en prenant en compte les plus précaires et les plus vulnérables dans les politiques de développement ;
- Renforcer les connaissances et leur appropriation par tous afin de construire une culture commune sur les grands enjeux du territoire ;
- Améliorer la prise de conscience des citoyens : un Parc naturel régional a des devoirs et des potentialités de résilience et d'atténuation du changement climatique.



Photo 1. Village de Rougon © Bruno Vacherand-Denand.

Le Verdon

1 Parc naturel régional
7 paysages



Carte du territoire du Parc naturel régional du Verdon © PNR Verdon.

Table des matières

Édito.....	3
Résumé.....	4
Introduction.....	8
1. Le climat du PNR du Verdon et son évolution.....	10
1.1. Un territoire aux caractéristiques climatiques contrastées.....	10
1.2. Les principaux indicateurs du climat aujourd'hui et demain à l'échelle territoriale.....	13
1.3. Quelle évolution pour les aléas météorologiques extrêmes ?.....	15
2. L'évolution de la ressource en eau.....	18
2.1. Évolutions actuelles et futures des eaux de surface et des eaux souterraines.....	18
2.2. Caractérisation de la vulnérabilité des milieux aquatiques et des zones humides.....	23
3. La forêt face à de nouveaux enjeux.....	25
3.1. Le dépérissement, une réalité complexe.....	25
3.2. Une augmentation du risque incendie sur l'ensemble du territoire.....	28
3.3. Des solutions d'adaptation existent mais leur mise en œuvre reste complexe.....	29
3.4. La séquestration du carbone par les forêts, un potentiel soumis à vigilance.....	30
4. L'agriculture face à la nécessité de s'adapter.....	32
4.1. Le pastoralisme au cœur des enjeux de climat et de biodiversité.....	32
4.2. La culture de lavande face aux contraintes environnementales et climatiques.....	36
4.3. Les impacts du changement climatique sur la trufficulture.....	38
4.4. Aider les producteurs à s'adapter au changement climatique et à produire avec moins d'intrants : le cas de la culture du blé dur.....	40
4.5. Lien entre les représentations du changement climatique des agriculteurs et l'évolution de leurs pratiques.....	42
5. Dégradation de la biodiversité et changement climatique intrinsèquement liés	45
5.1. Les services rendus par la nature.....	45
5.2. Méthodes de gestion pour préserver la biodiversité, l'exemple de la trame verte et bleue.....	46
5.3. Le double rôle des sciences participatives : recueil de données scientifiques et mobilisation du public (observatoire des saisons et PHENOCLIM).....	49
6. La transition écologique : une opportunité pour faire évoluer nos modes de vie et nos pratiques.....	51
6.1. Santé, bien-être et alimentation face au changement climatique.....	51
6.2. Le secteur touristique ne doit plus attendre pour se réinventer et s'adapter au changement climatique.....	53
6.3. Transports et mobilité.....	55
6.4. Les enjeux énergétiques dans le Parc naturel régional du Verdon.....	57
Conclusion.....	60
Contributeurs.....	62
Remerciements.....	63

Introduction

Le changement climatique et ses impacts sont aujourd'hui une réalité et font partie intégrante des grands enjeux de société. Depuis le début du 20^{ème} siècle, on constate, à l'échelle de la planète, une tendance générale à la hausse des températures avec une forte accélération à partir des années 80. La dernière décennie, 2011-2020, est la plus chaude jamais enregistrée. En Europe et en France, l'année 2020 est une année record avec des températures de plus de 2,5 °C au-dessus de la période pré-industrielle. Pour les Alpes-de-Haute-Provence et le Var, 2020 est la troisième année la plus chaude, 2018 détenant le record. Cette évolution rapide du climat a déjà des effets visibles qui vont continuer à s'amplifier dans les décennies à venir.

Le Parc naturel régional du Verdon n'en est pas exempt avec des journées de plus en plus chaudes, des tensions de plus en plus fréquentes sur les ressources en eau, des observations de dépérissement dans les peuplements forestiers, des baisses de productivité agricole, etc.

Le rapport spécial 1.5 °C du GIEC, commandé lors de la COP 21 et paru en 2018, montre qu'il y a des avantages indéniables à limiter, d'ici 2050, le réchauffement à 1,5 °C par rapport à 2 °C pour limiter les impacts du changement climatique. En limitant la température de la planète à 1,5 °C, les événements extrêmes et en particulier les vagues de chaleur, les pluies torrentielles et le risque de sécheresse seraient moins intenses et la fraction de la population mondiale exposée au risque de pénurie d'eau serait diminuée de moitié. Cependant, selon le rapport de suivi des émissions 2019 du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), les engagements pris par les pays dans le cadre de l'accord de Paris de 2015 nous placent sur une trajectoire d'au moins + 3 °C d'ici à 2100, et ce à supposer qu'ils soient respectés. Ces engagements devraient être revus à la hausse lors de la COP 26 de Glasgow fin 2021. Aujourd'hui, limiter le réchauffement à moins de 1,5 °C exigerait une réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) de 7,6 % chaque année entre 2020 et 2030. Aussi, chaque année qui passe sans réduction globale des émissions met l'objectif de 1,5 °C (voire de 2 °C) encore plus difficile à atteindre.

Le changement climatique, qui s'accélère plus rapidement sur les continents et dans le bassin méditerranéen, est un catalyseur et un révélateur d'autres problèmes environnementaux déjà existants, comme les changements d'usages des sols (urbanisation, agriculture intensive) ou la pollution croissante, qui contribuent notamment au déclin de la biodiversité. L'IPBES⁵, dans son rapport sur la biodiversité et les services écosystémiques publié en mai 2019, alerte sur la dégradation alarmante de la biodiversité qui s'appauvrit plus rapidement que jamais dans l'histoire de l'humanité et cela au détriment des nombreux services rendus par la nature. Aujourd'hui, biodiversité et changement climatique ne peuvent plus être considérés comme deux sujets distincts et doivent être abordés conjointement dans les stratégies territoriales.

Face à ces constats, il est nécessaire de renforcer les politiques d'atténuation (réduction des émissions de GES et de la dégradation des écosystèmes), d'adaptation au changement climatique (augmentation de la résilience de nos systèmes socio-économiques et des écosystèmes) et de préservation de la biodiversité. Le GIEC en 2007 faisait de l'année 2020 une année charnière pour avoir des chances de limiter le réchauffement climatique à 2 °C. La crise sanitaire de la COVID 19 sera-t-elle le déclencheur d'une prise de conscience globale de l'urgence à enrayer ces crises environnementales ?

Dans leur rapport⁶, Ronan Dantec et Jean-Yves Roux, respectivement sénateurs de Loire Atlantique et des Alpes-de-Haute-Provence, mentionnent un « choc » climatique inévitable, auquel il faut se préparer plus activement. S'ils reconnaissent des acquis significatifs en termes de politiques d'adaptation, ils précisent que leurs déclinaisons

⁵ Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) - https://ipbes.net/sites/default/files/2020-02/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers_fr.pdf

⁶ Rapport d'information sénatorial de Ronan Dantec et Jean-Yves Roux, *Adapter la France aux dérèglements climatiques à l'horizon 2050 : urgence déclarée*, mai 2019, <https://www.senat.fr/rap/r18-511/r18-511.html>

territoriales et économiques restent insuffisantes. Le GIEC dès 2014 et plus récemment le Haut conseil pour le climat⁷ nous rappellent également l'importance de l'échelon infranational (régional-local) dans la mise en œuvre des politiques de transition, ou de transformation, écologique et énergétique.

Ces rapports confirment et renforcent la légitimité des Parcs naturels régionaux à s'engager dans le combat pour des territoires favorables à la biodiversité et plus résilients vis-à-vis des effets du changement climatique, en privilégiant notamment les solutions fondées sur la nature. Le Parc naturel régional du Verdon doit aujourd'hui persévérer dans son rôle de facilitateur sur le transfert des connaissances scientifiques, d'accompagnateur voire d'expérimentateur afin de réduire la vulnérabilité du territoire, tout en conservant son patrimoine culturel et naturel et son attractivité internationale.



Photo 2. PNR du Verdon © Antoine Nicault.

Dans ce contexte, le besoin et la prise en compte des connaissances scientifiques deviennent un maillon essentiel des politiques de transformations énergétique, environnementale et sociale. Le renforcement de l'interface science-société, l'expérimentation et le partage d'expériences ont un rôle majeur à jouer dans la volonté de transformer les modes de consommation et de production, et de manière plus générale, nos modes de vie. Le degré et la qualité de l'appropriation des connaissances aussi bien par les acteurs des territoires que par les citoyens seront l'une des clés d'une transformation durable et réussie. Ce cahier, commandé par le PNR du Verdon au GREC-SUD et réalisé avec la collaboration d'une vingtaine de scientifiques et experts, centralise les connaissances scientifiques relatives à l'évolution du climat, à ses conséquences sur les écosystèmes et les activités socio-économiques du territoire, et propose des pistes d'adaptation.

⁷ <https://www.hautconseilclimat.fr/publications/rapport-annuel-2020/>

1. Le climat du PNR du Verdon et son évolution

L'évolution des températures n'est pas homogène sur l'ensemble de la planète : elle est en moyenne plus marquée sur les continents (l'augmentation de la température est déjà de 1,53 °C sur les terres émergées), et surtout au niveau des pôles ou dans les montagnes (jusqu'à plus 4 °C sur les plus hauts sommets alpins français depuis le début du XX^e siècle). Cette différenciation spatiale, aussi bien en termes de température, de précipitations que d'aléas extrêmes, peut s'exprimer également à l'échelle d'un territoire. Celui du Parc est marqué par un important gradient altitudinal, de forts contrastes climatiques et un relief très diversifié qui engendrent une multitude de microclimats. Mieux connaître les caractéristiques du climat de son territoire, ses évolutions et appréhender ses trajectoires futures, malgré les incertitudes qu'elles comportent, est un prérequis à l'analyse des vulnérabilités territoriales et à la transformation des pratiques et au développement de politiques de transition écologique pertinentes sur le long terme.

1.1. Un territoire aux caractéristiques climatiques contrastées

De par sa localisation géographique et ses caractéristiques naturelles physiques, le Parc naturel régional du Verdon est un territoire situé à l'interface des climats méditerranéen et montagnard. En effet, l'emprise géographique du territoire couvre, à l'ouest, une zone de basse altitude soumise majoritairement aux influences climatiques méditerranéennes et, à l'est, une zone de relief à la morphologie plus complexe, subissant une

dégradation du climat méditerranéen, tendant vers un climat montagnard à l'extrémité nord-est. Cette hétérogénéité se traduit par un climat contrasté avec la coexistence de microclimats qui dépendent des flux atmosphériques locaux, de la topographie et de l'occupation des sols. Les stations météo de Valensole et de Castellane, respectivement situées à 600 et 735 m d'altitude, illustrent ce contraste (Figure 1).

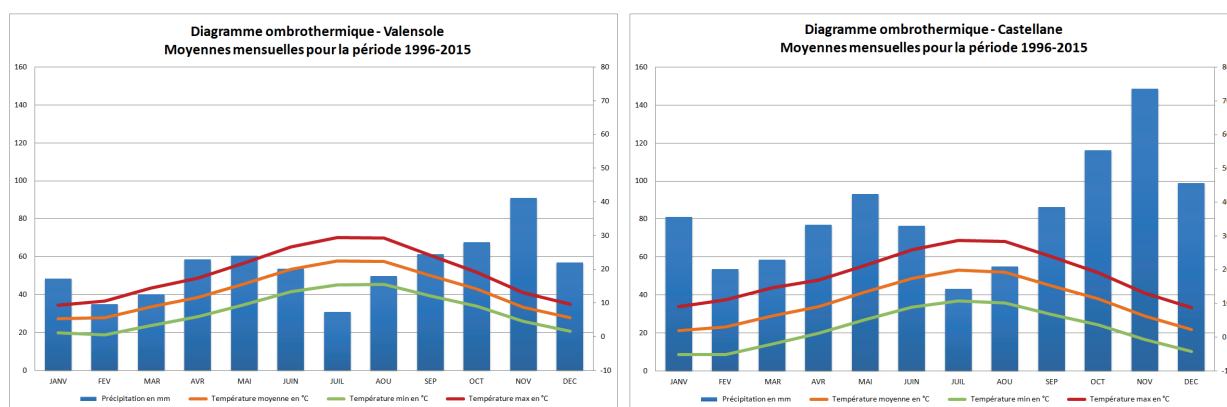


Figure 1. Diagrammes ombrothermiques des stations de Valensole (600 m d'altitude) et de Castellane (735 m d'altitude), période 1996-2015 : températures moyennes et cumuls moyens des précipitations mensuels (sources : Météo-France).

Les deux postes confirment le caractère méditerranéen du Parc avec un été chaud et relativement sec, surtout à Valensole, un hiver relativement doux, malgré l'altitude, des précipitations plus abondantes au printemps et en automne. Les températures moyennes à Valensole oscillent entre 5 °C en janvier et 22 °C en juillet-août. Ces moyennes masquent les épisodes de froid et de chaleur parfois intenses, et la forte variabilité interannuelle qui caractérise le climat méditerranéen. À Castellane, les températures hivernales et estivales sont plus faibles, mais la commune profite encore d'un

climat clément. Entre les deux stations, les écarts les plus significatifs sont enregistrés au niveau des températures minimales et des précipitations. En effet, à Castellane, les températures minimales sont négatives de novembre à mars (-5 °C en moyenne pour les mois de décembre, janvier et février), alors qu'à Valensole, aucun mois ne présente une température minimale négative durant l'année. À l'inverse, les températures maximales sont très similaires et, de mai à septembre, les températures maximales mensuelles dépassent les 20 °C et atteignent presque les 30 °C en été.

Au niveau des précipitations, Castellane enregistre les plus forts cumuls mensuels tout au long de l'année : par exemple, le cumul en novembre s'élève à 150 mm à Castellane et seulement 91 mm à Valensole. Le climat à caractère plus montagnard offre des pluies plus généreuses et fréquentes, contrairement au plateau de Valensole qui subit un régime de pluies méditerranéen. Les deux secteurs peuvent toutefois subir des événements climatiques extrêmes (sécheresses, pluies intenses...), même si Castellane est moins exposé que Valensole. En moyenne, le cumul moyen des précipitations atteint environ 800 mm dans le Parc, avec 988 mm à Castellane et 654 mm à Valensole. Le gradient pluviométrique suit une ligne allant du nord-est (humide) au sud-ouest

(sec). Cette affirmation masque des disparités spatiales en fonction des flux atmosphériques à l'échelle locale, des versants sous le vent, des effets d'abri... L'une des caractéristiques du climat du Parc est aussi son ensoleillement très important : le territoire jouit de 2775 heures d'ensoleillement en moyenne par an. Ce chiffre est relevé à Château-Arnoux-Saint-Auban. Avec le réchauffement climatique, la hausse des températures⁸ est généralisée sur le territoire du Parc. Ces trois dernières décennies, la température a augmenté d'environ 1,7 °C par rapport à la normale (1961-1990, Figure 2).

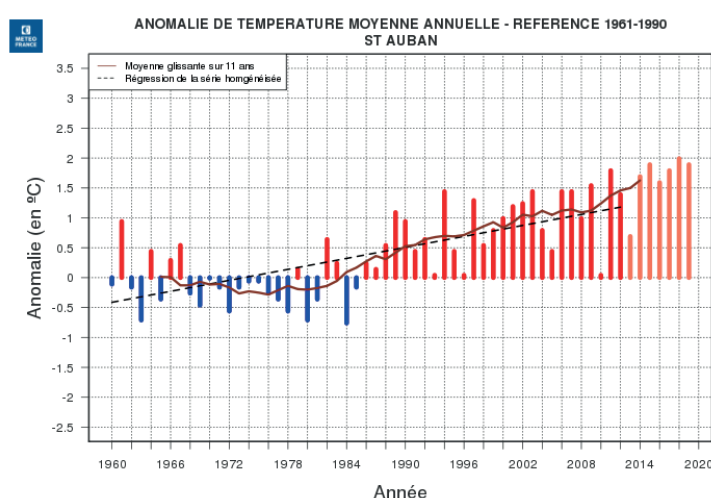


Figure 2. Anomalie de la température moyenne annuelle par rapport à la normale (1961-1990) à Château-Arnoux-Saint-Auban (source : Météo-France).

Le nombre de jours anormalement chauds⁹ (Figure 3) augmente continuellement depuis 1960. Aujourd'hui, en moyenne, 60 jours par an sont anormalement chauds (96 jours en 2017). Ce chiffre a triplé en 60 ans à peine. Malgré la forte variabilité interannuelle du nombre de jours où la température est supérieure à 30 °C, on constate une hausse très nette de ces derniers : 19 jours dans les années 1960 contre 52 en moyenne de nos jours (70 jours en 2019). Le nombre de jours où la température est supérieure à 30 °C a ainsi augmenté d'environ 30 jours en 60 ans. À Château-Arnoux-Saint-Auban, le nombre annuel de nuits tropicales¹⁰ a aussi progressé depuis 30 ans :

avant 1985, les nuits tropicales étaient rares. Elles sont désormais plus fréquentes même si leur nombre reste limité (entre 0 et 6 jours). Enfin, les vagues de chaleur ont été multipliées par 6 et le nombre de jours annuel de gel a en moyenne nettement reculé depuis 1960 (-11 jours ; environ 50 jours de gel aujourd'hui).

Le nombre de jours où la température est supérieure à 30 °C a augmenté d'environ 30 jours en 60 ans.

⁸ Les tendances climatiques relatives à la température s'appuient sur les relevés météo de la station de Château-Arnoux-Saint-Auban, poste de Météo-France le plus proche du Parc, situé dans la vallée de la Durance, disposant d'un historique de données permettant de calculer des normales sur 30 ans. La station est hors Parc, mais, d'après Météo-France, elle est représentative de l'évolution du climat de la vallée de la Durance à l'ouest du Parc du Verdon.

⁹ Jours où la température maximale est supérieure de +5 °C par rapport à la normale.

¹⁰ Nuits où la température minimale est supérieure ou égale à 20 °C.

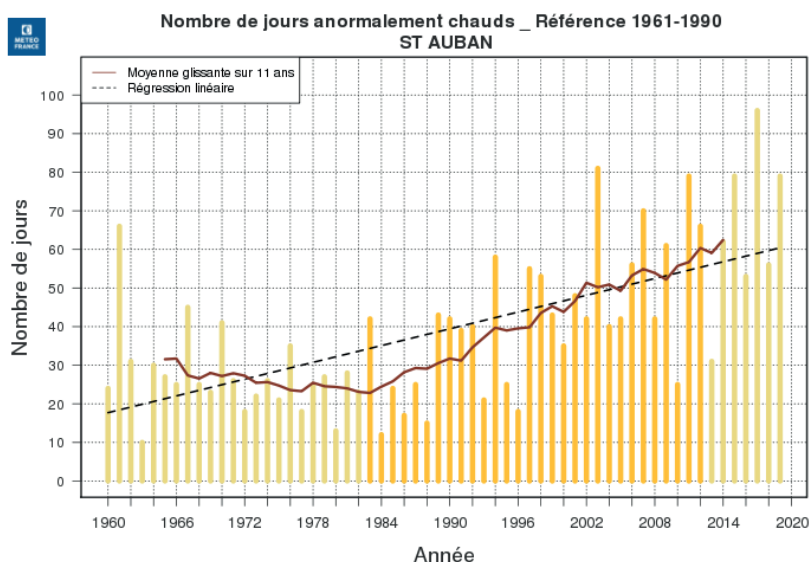


Figure 3. Nombre de jours anormalement chauds (jours où la température maximale est supérieure de +5 °C par rapport à la normale 1961-1990) à Château-Arnoux-Saint-Auban (source : Météo-France).

L'évolution du cumul annuel moyen des précipitations est très variable d'une année sur l'autre, mais une légère tendance à la baisse (Castellane, Comps-sur-Artuby, La Martre, Régusse) est enregistrée (Figure 4)

ces dernières décennies. Les cumuls sont stables à La Martre et Valensole.

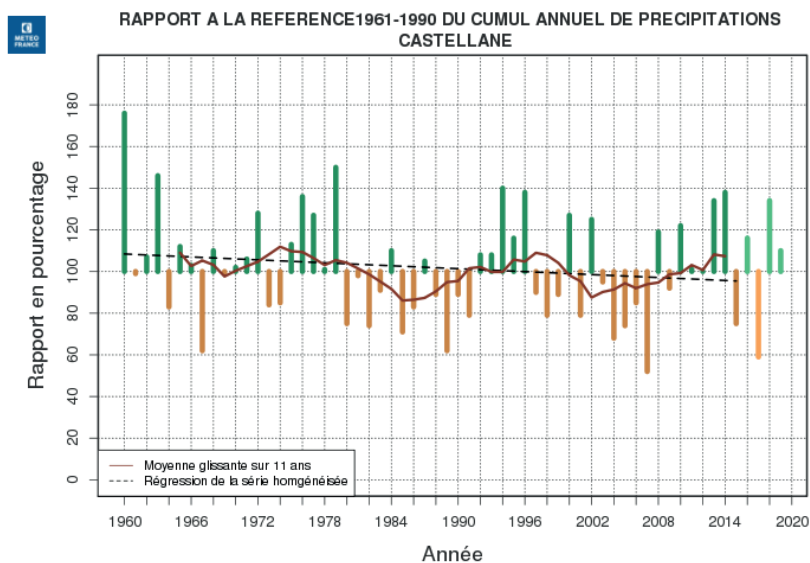


Figure 4. Anomalie du cumul de précipitation annuel par rapport à la normale (1961-1990) à Castellane (source : Météo-France).

Le Parc naturel régional du Verdon est ainsi soumis à un climat contrasté en fonction du secteur géographique et de l'altitude. Le climat méditerranéen se dégrade avec l'altitude en tendant vers un climat préalpin. Cependant, avec la hausse de la température, le climat méditerranéen va gagner du terrain et s'étendra à des tranches altitudinales supérieures. Les tendances climatiques observées depuis plus d'une trentaine d'an-

nées se renforceront ces prochaines décennies. Leurs ampleurs dépendront de l'évolution globale des sociétés, des modes de vie adoptés, des décisions à toutes les échelles et des actions mises en œuvre pour limiter les effets du changement climatique.

1.2. Les principaux indicateurs du climat aujourd'hui et demain à l'échelle territoriale

Le changement climatique dépend de nombreuses variables physico-environnementales et des caractéristiques des territoires, et les conséquences s'expriment à différentes échelles spatiales. Pour évaluer l'ampleur des évolutions, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) utilise des scénarios socio-économiques exprimés en forçage radiatif, appelés « Representative Concentration Pathway » (RCP) qui dessinent les tendances climatiques des prochaines décennies selon les différents niveaux d'engagement en termes de politiques climatiques. Ces scénarios, intégrés aux simulations des modèles climatiques globaux et régionaux, permettent de déterminer les effets probables des changements climatiques à l'échelle territoriale, mais aussi d'en mesurer leurs impacts. Malgré les fourchettes d'incertitudes inhérentes à la complexité du système climatique, mais surtout liées aux choix socio-économiques des sociétés, les acteurs locaux peuvent s'appuyer sur les résultats de la modélisation pour limiter la vulnérabilité de leur territoire, en mettant en œuvre des actions d'adaptation au changement cli-

matique et en contribuant activement à la réduction des émissions des gaz à effet de serre.

Le Parc naturel régional du Verdon connaîtra, selon le scénario intermédiaire (RCP 4.5) et le scénario le plus pessimiste (RCP 8.5), une hausse significative de la température par rapport à la période de référence (1950-2005) : la température moyenne annuelle augmentera, d'ici 2100, globalement de 1,2 à 4,5 °C toutes tranches altitudinales confondues (Figure 5). Cette hausse sera relativement variable en fonction des saisons : en été, elle pourra atteindre +5 °C (RCP 8.5) à la fin du siècle.

En 2085, selon le scénario RCP 8.5, la température moyenne annuelle à 1200 m d'altitude sera proche de celle d'aujourd'hui à 300 m d'altitude, soit environ 12 °C. Cette forte augmentation imposerait une remontée altitudinale brutale de la faune et la flore, qui provoquerait une très probable perte de biodiversité car certaines variétés et espèces n'auraient pas le temps de s'adapter.

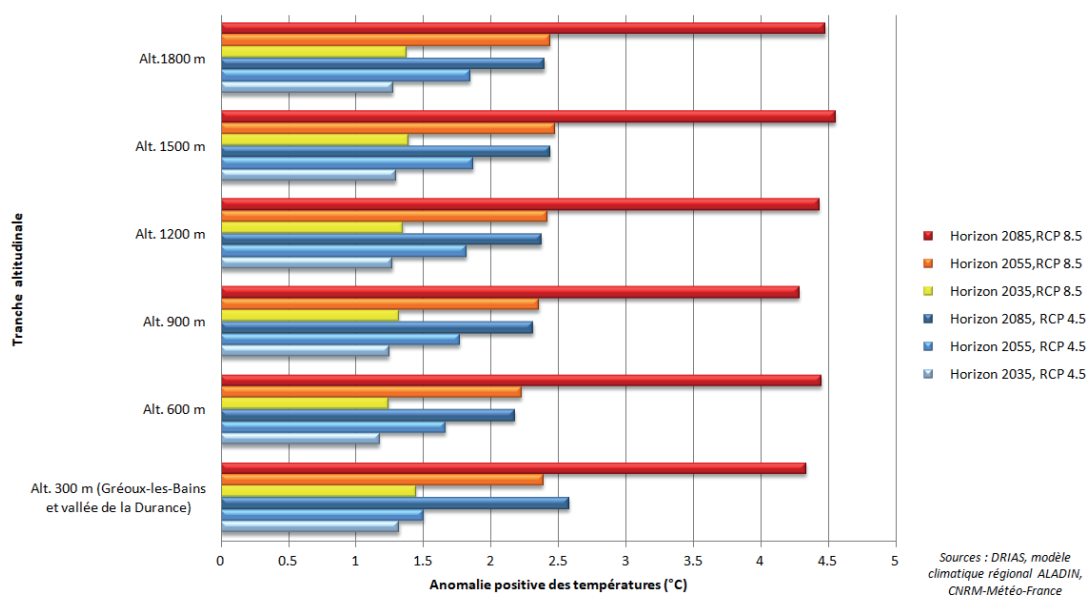


Figure 5. Anomalies positives de la température moyenne annuelle selon la tranche altitudinale, les scénarios socio-économiques et les horizons futurs¹¹, par rapport à la période de référence (1950-2005) dans le PNR du Verdon en fonction des scénarios socio-économiques (sources : DRIAS, modèle climatique régional ALADIN, CNRM-Météo-France). Avertissement : la température moyenne annuelle par tranche altitudinale est donnée à titre indicatif : elle peut varier localement en fonction de la topographie (orientation, pente...) et de l'occupation du sol.

¹¹ Les années 2035, 2055 et 2085, représentant les horizons futurs, correspondent en fait à des moyennes sur des périodes de 30 ans centrées sur ces années.

Les températures extrêmes chaudes évolueront également à la hausse. Elles seront nettement plus élevées, avec une augmentation moyenne proche de 2 °C d'après le RCP 4.5 et 4 °C d'après le RCP 8.5. À l'ouest du Parc, entre Gréoux-les-Bains et la vallée de la Durance, les écarts de températures extrêmes atteindraient +6 °C en été. De manière générale, la hausse de la température se traduirait par :

- une augmentation du nombre de jours anormalement chauds (température maximale supérieure de 5 °C par rapport à la normale 1961-1990) : 106 à 150 jours par an toutes tranches altitudinales confondues. Le printemps sera particulièrement affecté ;
- une augmentation du nombre de jours de vagues de chaleur (+10 à +106 jours par an à l'est du terri-

toire, selon horizons et scénarios) durant lesquelles la température pourrait atteindre, en cas d'épisodes sévères, 50 °C dans la basse vallée de la Durance (RCP 8.5 en 2085) ;

- une forte augmentation du nombre de jours d'été (température maximale supérieure à 25 °C), surtout au printemps, en été et en automne ;
- une augmentation du nombre de nuits tropicales (température minimale nocturne supérieure à 20 °C) : +6 à +42 jours en été à 600 m d'altitude, selon horizons et scénarios. Des nuits tropicales seraient même enregistrées jusqu'à 1500 m d'altitude (RCP 8.5, horizon 2085) ;
- une baisse significative du nombre de jours de gel en hiver à toutes les altitudes (-15 à -31 jours par an)...

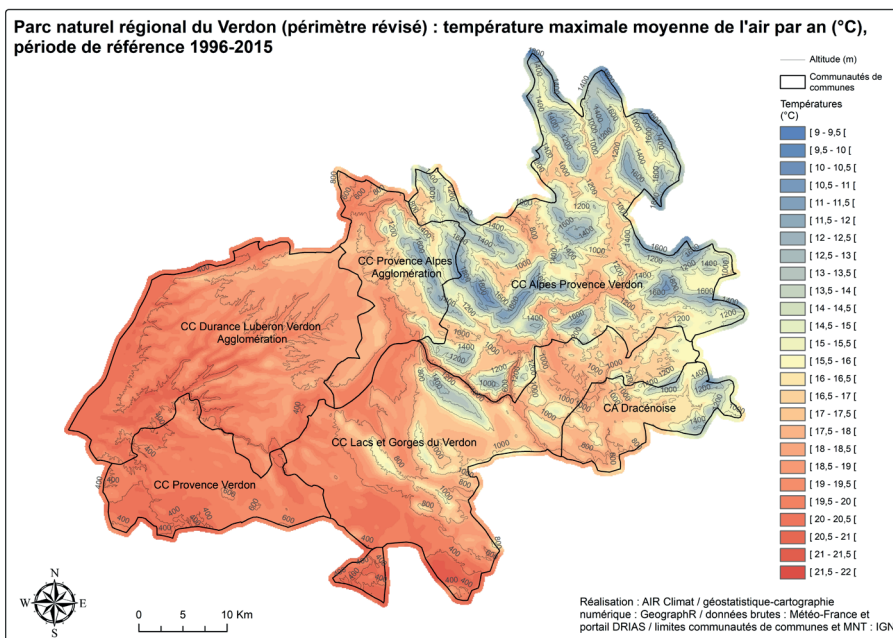
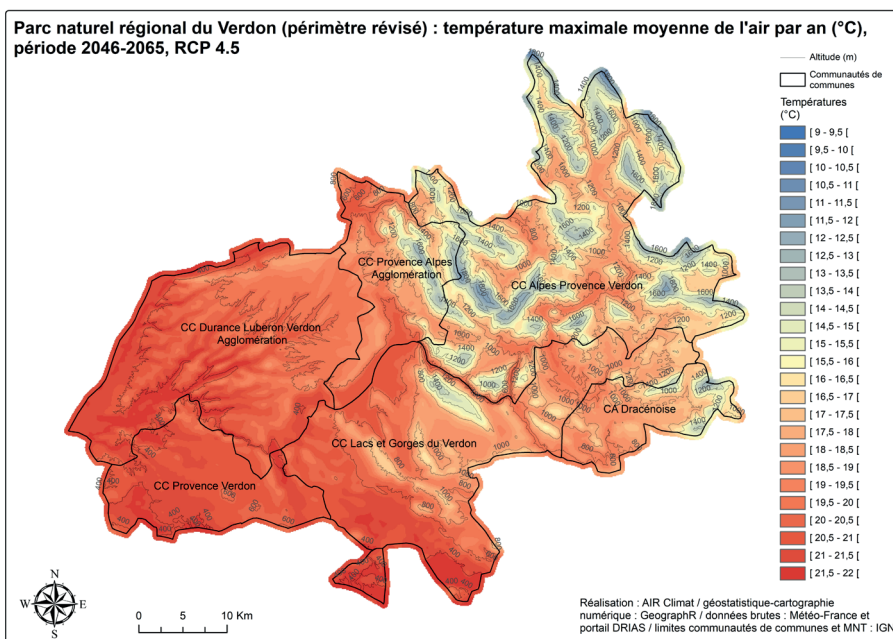


Figure 6. Températures maximales annuelles sur le territoire du PNR : période 1996-2015 et horizon 2046-2065 à partir du scénario intermédiaire RCP 4.5 (données brutes : Météo-France/DRIAS ; réalisation : GeographR).



Concernant les précipitations, les simulations des modèles climatiques ne montrent pas de changements significatifs. En effet, l'évolution oscille en fonction des horizons et des scénarios, et tend même vers une hausse, notamment en hiver et en été. En été, l'effet bénéfique sera atténué par les fortes chaleurs qui provoqueront une évaporation et une évapotranspiration intenses. En moyenne, le nombre de jours de précipitations (cumul journalier > 1 mm) sera relativement stable (légère hausse en hiver) et les pluies intenses, toutes tranches altitudinales confondues, ne devraient pas se

multiplier (les épisodes méditerranéens seront toutefois peut-être plus marqués). Enfin, les précipitations neigeuses régresseront en dessous de 1800 m d'altitude. Ces indicateurs dessinent le climat de demain du Parc du Verdon. L'évolution du climat dépendra des différents choix de développement pris par les sociétés aux échelles globale et locale. Le Parc naturel régional du Verdon dispose de cartes du climat actuel et futur¹² (Figure 6) permettant d'accompagner les acteurs du territoire et d'aider les décideurs dans leurs actions futures.

1.3. Quelle évolution pour les aléas météorologiques extrêmes ?

Vagues de chaleur ou vagues de froid, pluies intenses, sécheresses exceptionnelles, ces événements ont souvent des conséquences dramatiques sur nos vies, provoquant la destruction d'habitations ou autres infrastructures, la perte de récoltes et des pertes humaines dans certaines situations extrêmes. De ce fait, pour les habitants, ce sont des phénomènes qui sont au cœur des problématiques climatiques. Est-ce que le réchauffement global et la forte tendance à la hausse des

températures régionales vont avoir des répercussions sur la fréquence et l'intensité de ces événements ? La question est simple mais les réponses le sont moins et variables selon les aléas. Une chose est sûre, le changement climatique d'origine anthropique modifie déjà, et continuera à modifier, la probabilité des aléas météorologiques sur le territoire du Parc naturel régional du Verdon comme ailleurs.

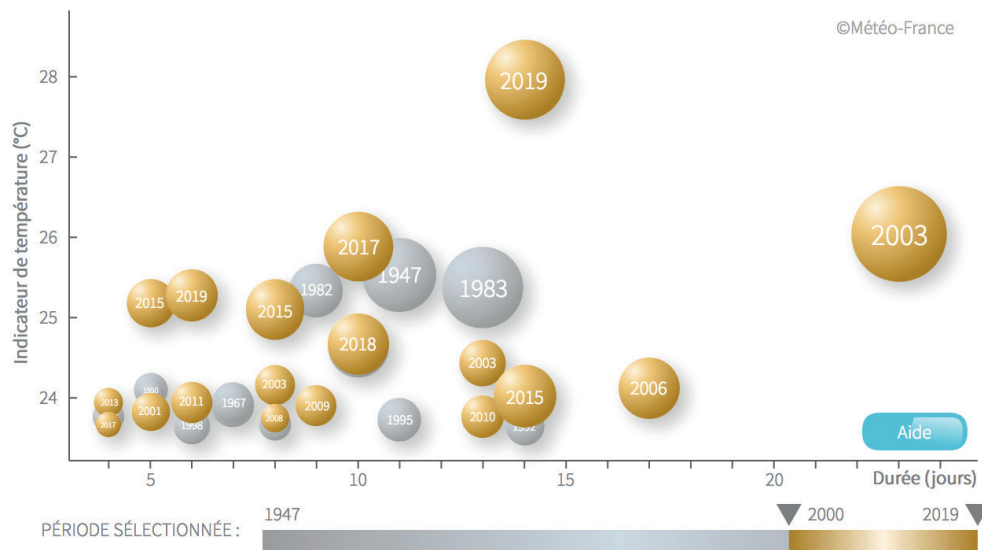


Figure 7. Vagues de chaleur observées en région Provence-Alpes-Côte d'Azur depuis 1947. L'axe horizontal exprime la durée (en jours) de l'épisode, l'axe vertical l'intensité de la vague de chaleur (en °C) et la taille de chaque bulle indique la sévérité de la vague de chaleur qui est proportionnelle à la chaleur cumulée durant l'épisode. En gris, les vagues de chaleurs sur la période 1947-2000 et en jaune, les vagues depuis l'année 2000 (source : Météo-France, ClimatHD¹³, 2019).

¹² <https://trouver.datasud.fr/dataset/parc-du-verdon-evolution-du-climat-sur-le-territoire>

¹³ Site climat HD / Météo-France : <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd>

Des canicules plus fréquentes et plus intenses

En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, 18 des 28 vagues de chaleur comptabilisées depuis 1947 ont eu lieu entre 2000 et 2019. Ces canicules sont de plus en plus fréquentes et ont tendance à s'allonger, s'intensifier et se multiplier sur une même année (3 vagues de chaleur en 2015 par exemple, Figure 7). En juin 2019, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur a enregistré une vague de chaleur record, dépassant en intensité celle de 2003. Dans le sud-est de la France, plus de la moitié des stations de Météo-France ont battu des records absolus de température avec notamment un record historique de chaleur dans le Var, dépassant le précédent record français, avec 44,3 °C à Vinon-sur-Verdon le 28 juin 2019. Pour la France le nouveau record absolu 46,0 °C a été mesuré le même jour à Vérargues (Hérault).

Les deux vagues de chaleur de 2019, malgré une durée cumulée moindre que celle de 2003, et malgré la mise en place du plan canicule et la sensibilisation des populations, sont responsables de 1500 décès en France (contre environ 15 000 en 2003). Les conséquences sur les écosystèmes et les cultures ont également été importantes avec des pertes de production et des observations de dépérissement au sein des peuplements forestiers.

Selon les projections climatiques de Météo-France, d'ici 2050¹⁴, ces épisodes caniculaires (température élevée de jour comme de nuit) seront plus fréquents et légèrement plus longs (2003 et 2019 restant exceptionnel en termes d'intensité) quel que soit le scénario d'émissions

de GES. Après 2050, sans politique forte de réduction des émissions de gaz à effet de serre, ces événements deviendront beaucoup plus intenses avec des températures dépassant ponctuellement 50°C sur les secteurs les plus méditerranéens du Parc, mais aussi beaucoup plus longs avec des durées pouvant atteindre 2 à 3 mois, avec des conséquences potentiellement catastrophiques.

Les canicules, comme celles de 2003 ou 2019, ne seront donc plus exceptionnelles après 2050 et les phénomènes d'îlots de chaleur urbains (ICU) – qui augmentent la température des centres urbains par rapport aux périphéries – amplifieront leurs effets au cœur des villes et villages accentuant la sensation d'inconfort, si aucune mesure n'est prise pour protéger la population. La nature en ville fait partie du panel des solutions pour l'adaptation des villes au changement climatique. La présence du végétal en ville permet en effet de limiter la hausse des températures, lors des fortes chaleurs ou des canicules en limitant les surfaces artificialisées qui stockent la chaleur dans la journée avant de la restituer tout au long de la nuit, en offrant des zones ombragées, et en jouant le rôle de brumisateur naturel (humidité) grâce au phénomène d'évapotranspiration des arbres.

Les canicules, comme celles de 2003 ou 2019, ne seront plus exceptionnelles après 2050 et les phénomènes d'îlots de chaleur urbains (ICU) amplifieront leurs effets au cœur des villes et villages.



Zoom 1. Les « vagues de chaleur hivernales » augmentent le risque de gel

Avec le changement climatique et la hausse observée des températures, le nombre de jours de gel et la probabilité d'épisodes très froids diminuent : on s'attend donc à des épisodes de froid intense et de gels tardifs moins fréquents et intenses. Cependant, ils auront toujours lieu même dans ce contexte de réchauffement. La tendance climatique est marquée mais la variabilité météorologique reste importante, voire augmente. Ainsi, si la probabilité de jours très froids diminue, la hausse des températures hivernales et l'apparition de périodes très chaudes augmentent paradoxalement le risque de dégâts liés au gel. En effet, ces « vagues de chaleurs hivernales » favorisent un démarrage précoce de la végétation et exposent ainsi la végétation et les cultures au risque de gels tardifs beaucoup plus tôt dans la saison.

RECORD : le 3 février 2020 a été plus chaud que n'importe quel autre jour entre le 10 novembre et le 19 mars (100 jours) depuis 1947. Sur certains secteurs du PNR du Verdon, les températures étaient de 14 °C au-dessus de la normale.

¹⁴ Selon le scénario RCP 8.5 (pessimiste), modèle climatique Aladin.

Des études récentes confirment une augmentation des épisodes méditerranéens

Jusqu'à récemment, l'augmentation des épisodes méditerranéens¹⁵ en fréquence et intensité, ainsi que l'attribution de cette augmentation au changement climatique, faisaient débat. En effet la variabilité climatique naturelle associée aux phénomènes de circulation atmosphérique joue un rôle prépondérant et il est donc nécessaire de disposer d'un grand nombre d'observations pour détecter des changements. Mais il est très difficile d'enregistrer ces épisodes de pluie intense très courts et ponctuels dans l'espace et dans le temps avec pour conséquence des observations très souvent lacunaires et hétérogènes qui compliquent les analyses. Cependant, la recherche avance et plusieurs études récentes confirment, à l'échelle de la région méditerranéenne française, une tendance à la hausse de l'intensité de ces phénomènes depuis les années 60 (+22 % avec une fourchette d'incertitude importante comprise entre 7 % et 39 %), avec, 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 études confirment également l'attribution de ces tendances au changement climatique et plus particulièrement à la hausse des températures, et donc implicitement une tendance à la hausse dans les années à venir.

Il est toutefois nécessaire de préciser que cette augmentation de la fréquence et de l'intensité des épisodes de précipitations extrêmes ne se traduit pas systématiquement en augmentation du risque inondation. Ce dernier résulte bien sûr en partie de l'occurrence de ces phénomènes mais aussi du degré d'artificialisation des cours d'eau et du bassin versant (urbanisation, agriculture...). Afin de limiter les conséquences de ces épisodes, il est urgent dès aujourd'hui d'adapter les pratiques d'aménagement en réduisant au maximum l'artificialisation des bassins versants et en restaurant les écosystèmes dégradés. S'appuyer sur des écosystèmes sains, résilients, fonctionnels et diversifiés apparaît comme l'une des réponses les plus efficaces et durables pour lutter contre les risques naturels et notamment les risques d'inondation.

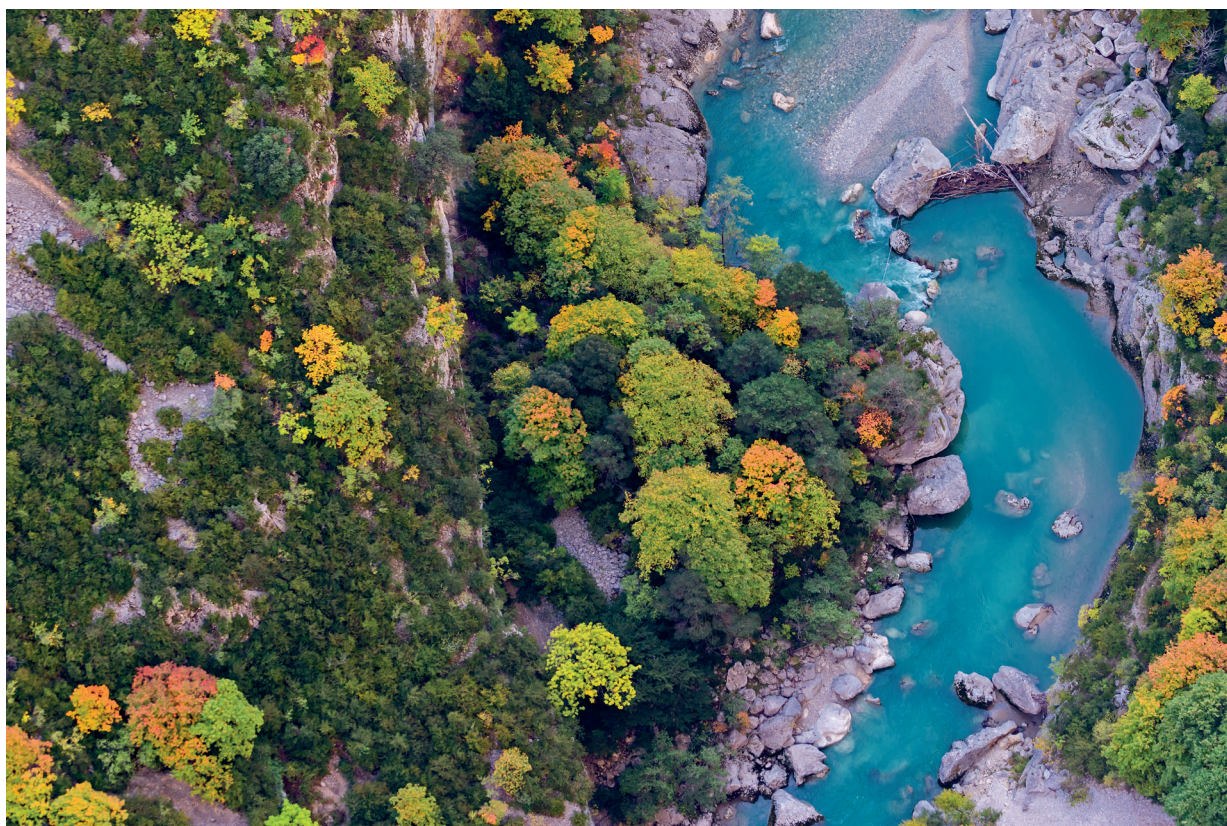


Photo 3. Les gorges du Verdon à l'automne © David Allemand.

¹⁵ Les épisodes méditerranéens, épisodes de précipitations intenses de plus de 200 mm en 24 h, sont liés à des remontées d'air chaud, humide et instable en provenance de la Méditerranée qui peuvent générer des orages violents parfois stationnaires.

2. L'évolution de la ressource en eau

Des montagnes du haut-pays à la Durance, les ressources en eau du bassin versant du Verdon sont fortement sollicitées pour soutenir les besoins en eau du territoire du Parc et de la région. Le Verdon, avec la Durance, sont depuis plusieurs siècles le château d'eau de la Provence. Depuis les années 1970, le Verdon est jalonné par 5 barrages hydroélectriques qui, au-delà de la production énergétique, ont également pour vocation de maîtriser la ressource en eau pour l'ensemble de la région en alimentant notamment de nombreuses villes comme Aix-en-Provence, Marseille ou Toulon. Cette ressource permet de répondre aux besoins classiques liés à l'alimentation en eau potable, à l'agriculture (irrigation des cultures et besoins pour les élevages) et en « bout de ligne » aux industries. Localement, s'ajoutent les besoins récréatifs qui, avec la forte activité touristique sur le territoire, représentent un enjeu économique fort et sont donc loin d'être négligeables.

Les experts du GIEC prévoient, au cours du siècle à venir, un impact du réchauffement global sur le cycle de l'eau avec notamment une modification du régime des précipitations, une augmentation de l'évapotranspiration et une diminution de la couverture neigeuse. Ainsi, comme pour l'ensemble du territoire français, les effets du changement climatique sur l'évolution de la disponibilité en eau constituent un enjeu majeur pour le territoire du Parc du Verdon, ses effets se faisant déjà ressentir en période estivale



Photo 4. Lac de Castillon à Saint-André-les-Alpes © Antoine Nicault.

particulièrement pour les activités agricoles avec des possibles conflits d'usage, notamment dans les secteurs de l'énergie et du tourisme. Ainsi, quels que soient les scénarios futurs concernant l'hydro-climat, nous devons dès aujourd'hui anticiper ces changements, adapter et faire évoluer les pratiques, les modes de gestion et les systèmes de gouvernance, afin de satisfaire les usages et la préservation de la qualité des milieux aquatiques. De plus, la complexité qui entoure la question de l'eau, du climat, des usages et pratiques, de l'évolution des paysages et de la démographie, impose la nécessité de concevoir l'adaptation de la gestion de l'eau au plus près des bassins versants et des sous-bassins, en concertation avec l'ensemble des acteurs (scientifiques, techniciens, gestionnaires) et des usagers. La dimension « solidarité amont-aval » ainsi que celles des usages et pratiques, même « ancestrales », ne devront pas être écartées de ces nouvelles organisations territoriales. La démarche du SAGE¹⁶, mise en place depuis 2014, va dans ce sens et a permis de préparer le terrain à une future gouvernance adaptative. Celle-ci prouvera son efficacité et sa robustesse si elle accentue et développe les processus participatifs pérennes entre décideurs, opérateurs et régulateurs et les acteurs sociétaux (scientifiques, usagers, riverains, et associations). Connaissances, concertation et compromis seront indispensables pour prévenir un accroissement des tensions autour de l'eau.

2.1. Évolutions actuelles et futures des eaux de surface et des eaux souterraines

Sur le territoire du Parc, la pression sur la ressource en eau en quantité, mais aussi en qualité, est importante et d'origines multiples. Dans un contexte de changement climatique, avec des projections suggérant des tendances à la baisse de la ressource dans le futur, des questions se posent sur l'évolution quantitative et qualitative de ces ressources, sachant qu'une accentuation

des besoins est déjà observée en été aussi bien localement que régionalement.

Toute modification d'une variable climatique (température, précipitation...) peut affecter directement ou indirectement le cycle hydrologique, et par conséquent les ressources en eau.

¹⁶ Le schéma d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE) est un outil de planification, institué par la loi sur l'eau de 1992, visant la gestion équilibrée et durable de la ressource en eau.

Des régimes hydrologiques contrastés

Sur le bassin versant du Verdon, les différents cours d'eau présentent des régimes hydrologiques partagés entre influences climatiques purement méditerranéennes (régime hydrologique pluvial) et montagnardes (régime hydrologique nival). Parmi les affluents, il faut noter la présence de cours d'eau intermittents qui subissent des assèchements estivaux et posent déjà aujourd'hui des problèmes en termes d'approvisionnement en eau et de qualité des milieux aquatiques, avec trois secteurs particulièrement sensibles à l'étiage : les bassins de l'Artuby, du Jabron et du Colostre. Le Verdon présente, quant à lui, un régime hydrologique naturel mixte de type pluvio-nival. Dans la partie amont, le régime de type fluvial à influence nivale se caractérise par des hautes eaux au printemps, alimentées par la fonte des neiges, un étiage principal estival et un étiage secondaire hivernal. Dans la partie aval, le régime de type pluvial se caractérise par des périodes de hautes eaux au printemps et à l'automne, avec un seul étiage estival. Cependant, ce régime naturel est modifié par la gestion annuelle des retenues d'eau et le Verdon présente aujourd'hui un régime influencé, caractérisé par des débits forts en période hivernale et un régime en aval qui n'a plus aucune relation avec le régime naturel (même si on observe un minima estival des débits lié au creux de consommation énergétique et donc de turbinage).

La diversité de ces régimes (pluvial, nival, intermittences des cours d'eau...) liée à un territoire contrasté, augmente la diversité des variables hydro-climatiques en jeu et donc la complexité des prévisions concernant l'évolution de la ressource.



Photo 5. Le Verdon à la sortie des gorges en amont du lac de Sainte-Croix © Dominique Chavy.

L'état des connaissances sur le potentiel économique et écologique des masses d'eau souterraines, ainsi que sur les volumes prélevés, reste relativement faible par rapport aux eaux de surface. Certaines vulnérabilités sont déjà identifiées comme la sensibilité aux étiages estivaux des masses d'eau exploitées des plateaux calcaires du Plan de Canjuers ou aux polluants agricoles des masses d'eau du plateau de Valensole. Une meilleure connaissance qualitative et quantitative des masses d'eau souterraines reste encore nécessaire pour faciliter les objectifs de préservation des milieux humides et l'exploitation potentielle de ressources.



PAROLE D'ACTEUR

Face à l'évolution de la ressource en eau, comment EDF Hydro Méditerranée agit-elle aujourd'hui pour prendre en compte le changement climatique ?

Olivier Savoye, EDF - Direction Production Ingénierie Hydraulique Mission Concessions Eau Environnement Territoires : « EDF Hydro Méditerranée exploite la chaîne hydroélectrique Durance-Verdon et gère les multi-usages de l'eau associés à ses grandes retenues (2 milliards de m³ d'eau stockés permettant la production de 35 % de l'électricité produite en Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'irrigation de 100 000 ha de terres agricoles, l'alimentation en eau potable de 3 millions d'habitants et le développement de nombreuses activités touristiques). Nous nous impliquons aux côtés des territoires pour faire face aux enjeux du changement climatique et sensibiliser notamment aux évolutions de la ressource en eau. Cela passe par notre mission première qui est de produire et préserver une énergie renouvelable non émettrice de gaz à effet de serre. Nous incitons aussi à l'adaptation des usages de l'eau par divers leviers : les économies d'eau, l'adaptation des aménagements touristiques au marnage, ou encore l'optimisation de l'usage énergétique... ».

Quelle évolution de la ressource à l'horizon 2050 ?

Si les modèles globaux arrivent aujourd'hui à prévoir, avec un degré de confiance relativement élevé, l'augmentation des températures, les projections sur l'évolution des précipitations présentent quant à elles une fourchette d'incertitude relativement importante particulièrement concernant les changements de répartition saisonnière et les disparités régionales. Malgré ces incertitudes, certaines tendances convergent et des trajectoires se dessinent, avec par exemple sur la région méditerranéenne, une période de sécheresse estivale plus longue et plus intense en lien avec la hausse des températures et de l'évapotranspiration, et la baisse vraisemblable des précipitations estivales. On peut noter également une diminution importante, déjà observée, du manteau neigeux sur les massifs montagneux, particulièrement en dessous de 1500/1800 m, et une fonte des neiges plus précoce.

Concernant plus précisément l'évolution des ressources en eau, plusieurs études, dont le projet R²D² 2050 qui concerne directement le territoire du Parc du Verdon, ont été menées à l'échelle nationale et régionale pour modéliser le changement hydro-climatique envisagé à l'horizon 2050 par rapport à des périodes de référence actuelles¹⁷. Si les résultats diffèrent sensiblement d'une étude à l'autre, principalement concernant l'intensité des changements attendus en termes d'hydrologie, des tendances lourdes communes à ces études se dégagent sur le territoire national comme au niveau régional. Pour notre région, ces études envisagent une diminution du débit moyen annuel entre -10 et -30 % entre la période 1961-1990 et 2046-2065 avec des variations infra-régionales et saisonnières importantes comme par exemple une diminution des débits moyens estivaux qui pourrait atteindre jusqu'à environ -50 % sur le Var en milieu de siècle (RCP 4.5, RCP 8.5)¹⁸.

Sur le territoire du Parc, les changements analysés à Sainte-Croix-du-Verdon à l'horizon 2050, en comparaison à la période 1980-2009, devraient suivre les tendances suivantes (Figure 8) :

- une stabilisation voire une légère tendance à la baisse des débits de la fin de l'hiver au milieu du printemps (février-mars) pour les bassins en montagne en lien avec la fonte plus précoce du manteau neigeux ;
- également en lien avec la fonte précoce du manteau neigeux, une réduction significative des débits printaniers (avril-mai-juin), autour de 15 % ;
- une diminution du débit estival d'environ 20 % (juillet-août-septembre), et une plus grande sévérité des étiages, avec une période d'étiage augmentant de 20 et 40 jours, associée à une diminution des débits caractéristiques d'étiage de 0,5 à 1 m³/s (environ 20 %) liée notamment à une augmentation importante en durée et en intensité de la période de sécheresse estivale ;
- une hausse de la température de certains cours d'eau en lien avec la diminution des débits estivaux et la hausse des températures de l'air ;
- et pour la recharge des eaux souterraines, une diminution moyenne de 10 % à 30 % de la recharge est attendue, qui impactera en retour les milieux superficiels associés, en diminuant le rôle de soutien des cours d'eau en particulier en période d'étiage, et altérera le maintien des zones humides dépendantes.

Diminution du débit moyen annuel entre -10 et -30 % entre la période 1961-1990 et 2046-2065 avec des variations infra-régionales et saisonnières importantes.



¹⁷ « Risque, Ressource en eau et gestion Durable de la Durance en 2050 (R²D²) » a caractérisé l'impact hydrologique et socio-économique du changement climatique sur la période 2036-2065 sur l'ensemble des eaux de surface du bassin versant de la Durance par rapport à la période de référence 1980-2009 ; « Explore 2070 » a effectué, à l'échelle de la France, une quantification de l'impact du changement climatique sur les eaux de surface et souterraines sur la période 2045-2065 par rapport à la période de référence 1961-1990 ; les projections de l'étude sur « Évolution de la recharge sur les bassins Rhône-Méditerranée et de Corse en contexte de changement climatique » ont été faites sur la période 2046-2065 par rapport à la période de référence 1971-2000.

¹⁸ Les scénarios RCP sont quatre scénarios (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0, RCP 8.5), établis par le GIEC, basés sur la quantité de gaz à effet de serre qui sera émise dans les années à venir.

L'hydro-climat en 2050 pour le Verdon à Sainte-Croix

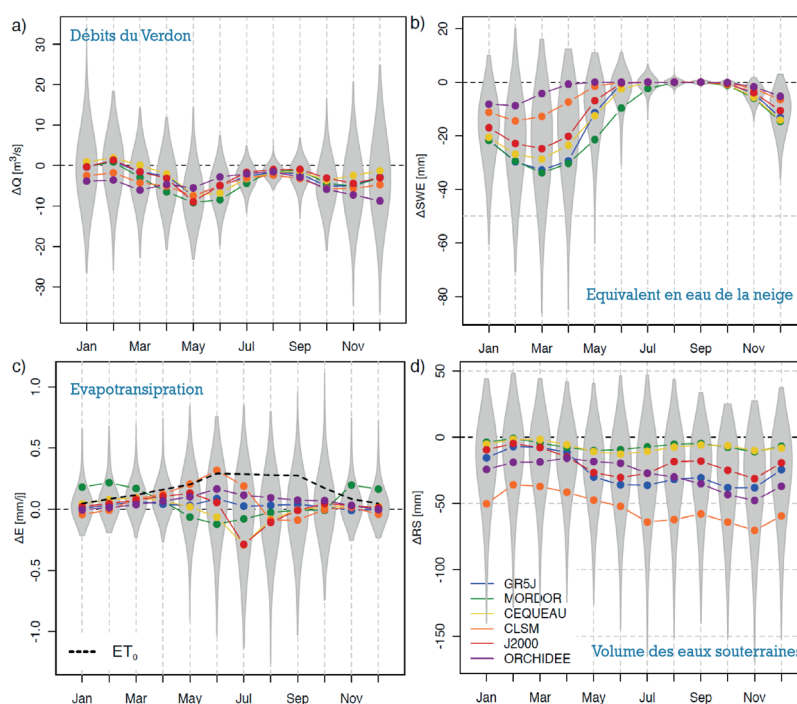


Figure 8. Évolution de l'hydrologie du bassin du Verdon à Sainte-Croix-du-Verdon à l'horizon 2050 pour (a) les débits, (b) le maximum de stock de neige, (c) l'évapotranspiration, (d) le stock d'eau souterrain. Les différentes courbes de couleur représentent les médianes des écarts moyens entre les périodes de temps 2034-2065 et 1980-2009, obtenus sur la base de différents modèles hydrologiques et selon 330 futurs climatiques modélisés. Les diagrammes en violon gris représentent les distributions des changements mensuels des 4 variables tous modèles confondus (source : Magand, 2014, R²D²).

L'accès à la ressource ne dépendra pas uniquement du changement climatique

Si le changement climatique s'impose comme un important facteur de risques en termes de quantité, de qualité et de répartition spatiale et temporelle de l'eau, il ne doit pas être appréhendé indépendamment des facteurs socio-économiques et des dynamiques territoriales tels que l'évolution de la démographie, la hausse du niveau de vie, la multiplicité des usages (eau potable, agriculture, industrie, tourisme...), la dimension culturelle des pratiques et les problématiques de gestion et gouvernance de l'eau. L'accessibilité à la ressource dans le futur dépendra de l'équilibre entre disponibilité et demande.

L'exemple du projet R²D² 2050 est à ce titre particulièrement éclairant et permet de mieux appréhender et comprendre l'influence des dynamiques territoriales sur l'évolution de la ressource. Les besoins en eau à l'horizon 2050 ont été quantifiés sur la base de scénarios prospectifs socio-économiques territoriaux plausibles et contrastés. Les caractéristiques des scénarios s'appuient sur les principaux facteurs conditionnant les

demandes (dynamique démographique, occupation des sols, type de surface agricole, croissance économique, politique énergétique et environnementale...). Quatre scénarios ont été co-construits avec les acteurs territoriaux, auxquels ont été associés un scénario de « statu-quo » (rien ne change par rapport au temps présent calqué sur la situation de 2010) et un scénario « tendanciel » calqué sur les évolutions récentes observées sur le territoire. Les simulations obtenues à partir de ces scénarios indiquent que le territoire du Verdon serait fortement vulnérable à l'évolution de la demande pour l'alimentation en eau potable, avec certains scénarios conduisant à une augmentation de la sollicitation des réservoirs du Verdon, pouvant dépasser la tranche de Sainte-Croix. Cependant, les modèles montrent également l'efficacité de l'amélioration des réseaux de distribution et des changements de pratiques agricoles pour en limiter les conséquences. D'autre part, la production d'énergie se trouverait impactée, avec une baisse du volume turbiné sur les 10 jours les plus froids qui serait de l'ordre de 20 % sur Castillon et 25 % sur Sainte-Croix. Sur ces deux réservoirs, les objectifs de maintien des cotes touristiques pourraient s'avérer difficiles à garantir.

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

Même si les réserves en eau semblent suffisantes jusqu'en 2050, quel que soit le scénario, les changements climatiques et socio-économiques des territoires dépendant du système Durance-Verdon 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, notamment avec l'émergence du SAGE Durance, et pourraient être renforcées notamment sur les points suivants :

- 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 un nouvel équilibre à trouver entre les usages ;
- sur les secteurs sensibles à l'étiage, améliorer la

gestion des sécheresses et des politiques publiques (arrêté cadre sécheresse), par une amélioration de l'anticipation et du développement accru des connaissances sur l'écoulement des cours d'eau ;

- 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 ;
- dans le même ordre d'idée, l'intégration des gestionnaires et citoyens dans les processus de recherches à travers le partage d'expertise technique et la collecte des données devrait être favorisée.



Zoom 2. Sécheresses : la gestion de crise peut être améliorée

Les bassins déficitaires présentent des tensions entre usages agricoles et besoin des milieux naturels qui trouvent leur paroxysme en périodes de sécheresses exceptionnelles. Malgré cela, le rapport de la DREAL sur la gestion de la sécheresse de 2017 montre un décalage, entre le franchissement d'un seuil de débit d'alerte et le déclenchement officiel des mesures d'arrêtés de sécheresse correspondantes, supérieur à 15 jours pour toutes les rivières des Alpes-de-Haute-Provence et allant jusqu'à 53 jours pour le Colostre.

Les retours d'expériences sur les sécheresses de 2017 et 2019 mettent en avant une sous-utilisation des données de caractérisation des situations d'étiage, obtenues via le dispositif Onde mis en place par l'Office français de la biodiversité (OFB) depuis 2011, et de son programme de sciences participatives associé « En Quête d'eau », ainsi que d'autres données d'utilisateurs comme celles de la Fédération départementale de pêche. Ils révèlent également que l'acceptabilité des arrêtés « plan sécheresse » n'est pas encore optimale chez les usagers qui, d'une part, ont du mal à comprendre les objectifs poursuivis et les moyens employés par les pouvoirs publics et, d'autre part, montrent une méconnaissance des règles à observer et un manque de connaissances du système hydrologique (origine, usages).

Ces rapports¹⁹ sur les états de la sécheresse de 2017 et 2019 préconisent des renforcements dans l'activation des stades des arrêtés de sécheresse, avec une anticipation du stade de vigilance, et une meilleure réactivité dans les déclenchements des niveaux, ainsi qu'un renforcement des contrôles.

Ce renforcement est d'autant plus nécessaire que les simulations réalisées dans le cadre de R²D² sur le territoire du Verdon prévoient une augmentation des arrêtés de sécheresse particulièrement importante pour les situations de crise.

À l'horizon 2050 le nombre de jours avec des arrêtés de sécheresse de niveau 2 (alerte) devraient quasiment doubler et presque tripler pour le niveau 4 (crise).

Source : R²D² 2050 (2014).

¹⁹ Rapport sécheresse 2017 : *Analyse de la gestion de la sécheresse en PACA – État des lieux*, avril 2018, DREAL.

Rapport sécheresse 2019 : *Retour d'expérience sur la gestion de la sécheresse 2019 dans le domaine de l'eau*, Conseil général de l'environnement et du développement durable (établi par Virginie Dumoulin et Louis Hubert), décembre 2019.



Photo 6. Assèchement estival sur la rivière Artuby © PNRV.

Les probabilités régionales d'intermittence des cours d'eau de mai à octobre devraient augmenter de 30 % sur la période 2021-2050, jusqu'à 40 % sur la période 2071-2100.

2.2. Caractérisation de la vulnérabilité des milieux aquatiques et des zones humides

Les écosystèmes aquatiques et les zones humides abritent une biodiversité exceptionnelle issue de l'influence croisée des reliefs, du climat et de la géologie du territoire. Ces milieux aquatiques sont très sensibles aux variations saisonnières des températures et précipitations. Avec l'augmentation observée des températures, l'augmentation en durée et en intensité de la période de sécheresse estivale, la diminution du manteau neigeux et donc la diminution probable des débits, ces écosystèmes, pour la plupart fragiles et déjà soumis à une forte pression anthropique (artificialisation, prélèvements, pollution, etc.), risquent donc d'être fortement affectés par les changements à venir. Ces milieux sont d'importants réservoirs de biodiversité et jouent également un rôle non négligeable en termes d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre (les zones humides sont des puits de carbone importants) et d'adaptation au changement climatique (effet tampon des zones humides et des ripisylves entre autres). Dans quelle mesure ces milieux, aux multiples fonctions, sont-ils menacés par le changement climatique ?

Pour répondre à cette question, la Maison régionale de l'eau et la Tour du Valat ont réalisé une étude sur la vulnérabilité des milieux aquatiques (cours d'eau et zones humides) aux changements climatiques à l'échelle de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. L'évaluation de la vulnérabilité de ces milieux s'est basée sur le croisement de données actuellement disponibles sur les caractéristiques et l'état des milieux, et de données concernant la distribution et les caractéristiques écologiques de la faune et de la flore avec des indices d'exposition aux changements climatiques.

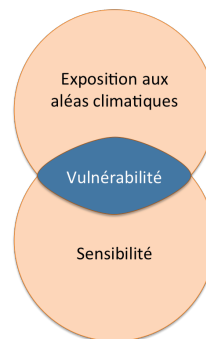


Figure 9. La vulnérabilité est le croisement entre l'exposition et la sensibilité. L'exposition correspond ici aux variations climatiques auxquelles les milieux sont et seront exposés. Elle varie par exemple en fonction des différents scénarios climatiques. La sensibilité, quant à elle, représente les caractéristiques d'un territoire donné (hydrologie, pression humaine, etc.) qui rendent ces milieux plus ou moins fragiles vis-à-vis d'une exposition donnée.

L'analyse pour les zones humides concernait les plantes, les odonates (libellules), les amphibiens et les oiseaux nicheurs. Au niveau régional, les zones humides les plus vulnérables au changement climatique sont : l'ensemble de la moyenne Durance et les bassins versants des Sorgues-Ouvèze-Lez, la Camargue (élévation du niveau de la mer notamment), et les bassins versants de l'Argens, du littoral des Maures et Fréjus, de la Roya-Bévéra. Cela se traduira localement par une réduction probable de l'hydromorphie²⁰ estivale, qui devrait avoir un impact négatif sur les espèces les plus dépendantes de la permanence ou de la profondeur de l'eau, et par l'élévation des températures qui menacera les espèces à la tête des bassins versants. De plus, certaines zones humides, alimentées par des sources ou des petits cours d'eau, pourraient reculer, voire disparaître, sous les effets du changement climatique. D'une façon générale, cette pression s'ajoute aux menaces qui pèsent sur les zones humides du territoire dont la pression croissante sur les ressources en eau, la fermeture progressive des milieux ouverts et l'intensification des activités humaines (changements de pratiques culturelles, etc.).

²⁰ L'hydromorphie est la saturation d'un sol en eau sur une période plus ou moins longue de l'année.

Concernant les milieux aquatiques, la température, les débits et l'hydrodynamisme sont les principales variables qui influencent les assemblages écologiques observés sur les cours d'eau. Certains milieux sont plus hostiles que d'autres et la capacité des espèces à s'adapter dépendra de la qualité de ces milieux et des possibilités qu'elles auront à se déplacer pour trouver de meilleures conditions. Au niveau régional, les bassins de la moyenne et basse Durance et notamment les affluents de la rive droite (Buëch, Lague, Calavon) sembleraient particulièrement exposés aux élévations de températures. À l'échelle des masses d'eau du bassin du Verdon, la vulnérabilité globale est définie comme étant plutôt moyenne, mais dans un contexte

déjà fortement modifié par les grands barrages. Les cours d'eau considérés comme les plus vulnérables (Figure 10) sont, d'une part, ceux situés dans la partie haute du bassin déjà marquée par des contraintes fortes de relief et dont les débits sous influence nivale seront soumis à la diminution du manteau neigeux, et d'autre part, ceux situés en climat méditerranéen plus marqué comme le Colostre et le bas Verdon principalement à cause de leur sensibilité marquée au réchauffement des eaux. Il est intéressant aussi de signaler que le bon état des milieux aquatiques et la conservation des réservoirs biologiques permettent d'augmenter leur résilience au changement climatique.

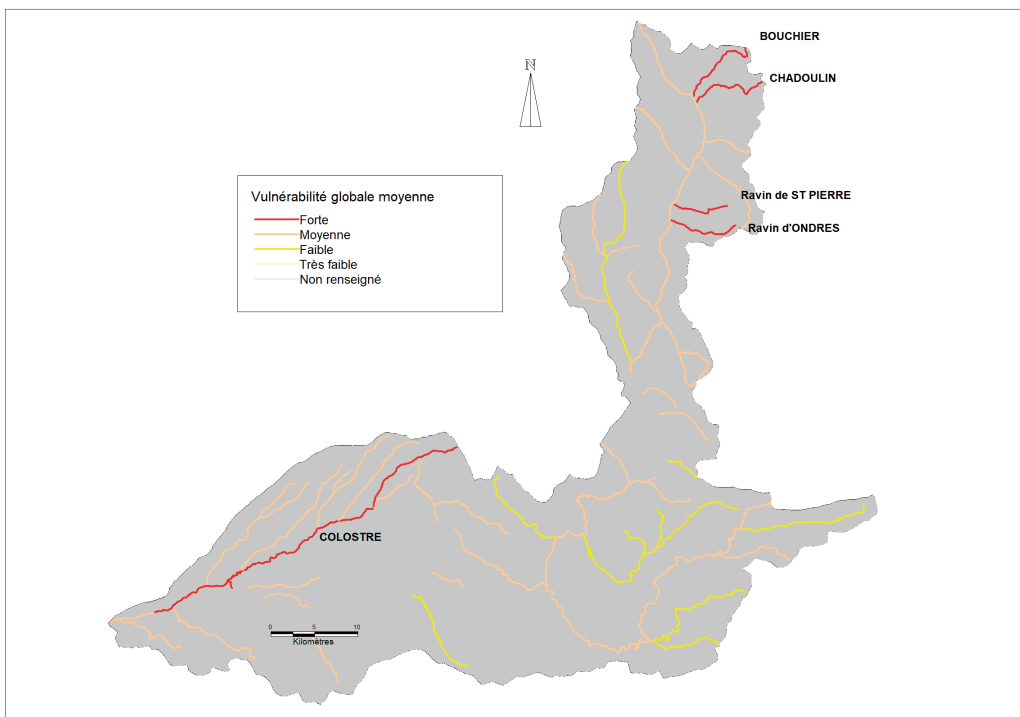


Figure 10. Vulnérabilité au changement climatique des masses d'eau du bassin versant du Verdon (Source : Christophe Garrone in *Courriers scientifique du PNR Verdon n°4*, 2018).

Il est important aujourd'hui d'améliorer nos connaissances et acquérir plus de données sur ces milieux, et plus précisément mieux caractériser les effets du changement climatique sur les milieux aquatiques, notamment grâce à la mise en place de mesures et de suivi sur le long terme adaptés à la question des changements climatiques, et plus largement faciliter les projets de recherche. Afin d'améliorer la résilience de ces écosystèmes, il est important de les conserver en bonne santé, de réduire les pressions, et de restaurer ceux qui sont dégradés et plus particulièrement ceux jouant le rôle de zones refuges, comme les réservoirs d'eau froide.



Photo 7. Larve de trichoptère indicatrice de la bonne qualité des cours d'eau
© Georges Olivari.

3. La forêt face à de nouveaux enjeux

En France et sur le pourtour nord-ouest du bassin méditerranéen, les surfaces forestières ne cessent d'augmenter depuis le début du 20^{ème} siècle à la faveur principalement des changements d'usage des terres et plus particulièrement de la déprise agricole. L'augmentation des surfaces forestières entre 1986 et 2012 est de plus de 37 % dans le département des Alpes-de-Haute-Provence et de plus de 16 % dans le département du Var. Le territoire du Parc est aujourd'hui couvert par 119 000 ha de forêts (soit à 62 % de sa surface totale) avec une prédominance de forêts privées (79 %). De nombreux services sont rendus par ces forêts et leur maintien est essentiel à l'équilibre environnemental, social et économique du territoire. Les écosystèmes forestiers sont des habitats pour la biodiversité, ils permettent de séquestrer du carbone, d'offrir des espaces de loisirs et touristiques, de produire du bois pour différents types d'usage (chauffage, énergie, papier, construction), de préserver les sols et réduire les risques inondation en limitant l'érosion des versants.

Cependant, l'augmentation des températures, de la fréquence et de l'intensité des sécheresses estivales, qui se sont accélérées ces 20 dernières années, ont déjà commencé à bouleverser le fonctionnement et la dynamique des forêts. La vulnérabilité des forêts face au changement climatique n'est pas identique partout et dépend du type de peuplement (essences forestières et densité), des conditions locales (sol, microclimat...), de leur histoire, de la plasticité et du potentiel d'adaptation des arbres, et des modes de gestion. De plus, d'autres facteurs vont interagir et accentuer les stress subis par les arbres tels que la pollution de l'air (à l'ozone notamment), l'augmentation des événements extrêmes (canicule, gel tardif...) et la présence d'agents pathogènes. Cela entraînera une augmentation de la surface forestière soumise à des épisodes de dépérissement et augmentera le risque incendie, menaçant ainsi l'ensemble des services rendus par les forêts.

Aujourd'hui, la gestion forestière fait donc face à de nouveaux défis. Elle doit prendre en compte, d'une part, les objectifs et les intérêts multiples des parties prenantes concernant un éventail de fonctions et de services écologiques, économiques et sociaux des écosystèmes forestiers, et d'autre part, les effets du changement climatique pour mettre en place des mesures de gestion adaptées à ces nouvelles et futures conditions environnementales.

3.1. Le dépérissement, une réalité complexe

Les forêts de l'arrière-pays méditerranéen sont fortement impactées par le changement climatique, la plupart présentant des symptômes de dépérissement, et celles de la région du Verdon n'échappent pas à la règle. Des mesures de croissance et des observations d'état sanitaire réalisées régulièrement au cours des 15 dernières années montrent des baisses de productivité associées à des taux de mortalité et de déficit foliaire

en constante augmentation. Parmi les espèces les plus touchées figurent les principales espèces forestières du PNR du Verdon : le pin sylvestre et le chêne pubescent, présents dans 47 % des placettes inventoriées par l'Inventaire forestier national (IFN) sur le PNR (Figure 11), les espèces plus montagnardes comme le sapin pectiné (1 %), mais aussi les espèces méditerranéennes comme le chêne vert (21 %) et le pin d'Alep (10 %).

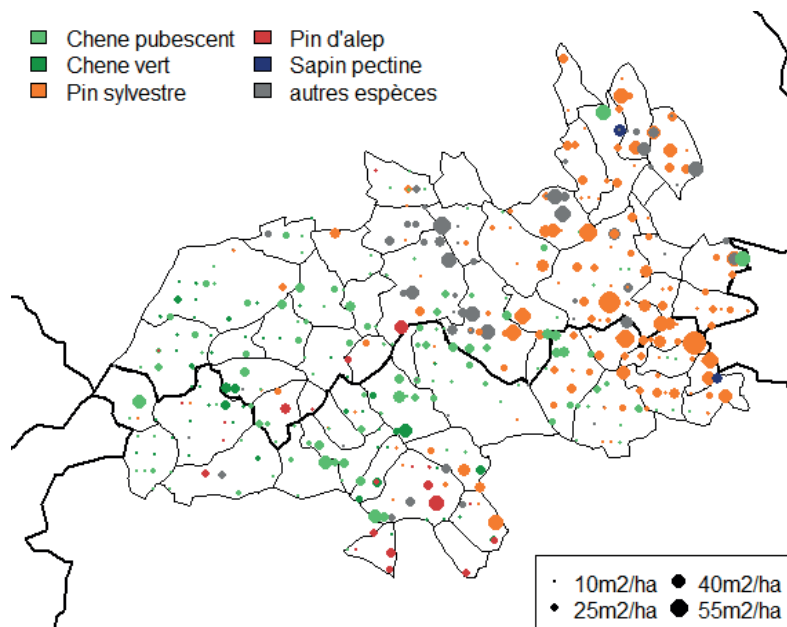


Figure 11. Carte des placettes (environ 500) inventoriées par l'IFN/IGN sur le territoire du PNR du Verdon.

La répétition de sécheresses et de canicules pendant plusieurs années, un phénomène qui devient de plus en plus fréquent et qui risque de s'aggraver dans le futur, est l'une des causes principales du dépérissement forestier en interaction avec la présence de nombreux parasites et pathogènes tels que le gui, les insectes défoliateurs, les scolytes et les champignons.

En Provence calcaire, le pin sylvestre avait un taux moyen de déficit foliaire de près de 50 % en 2016, et le chêne blanc un indice de santé équivalent à 60 % de déficit foliaire en 2018. Selon les critères nationaux du Département de la santé des forêts, aucun peuplement

de ces deux espèces n'était considéré en bonne santé, et les peuplements qui dépérissent représentaient 60 % pour les deux espèces, dont 15 à 20 % gravement menacés à court terme. La proportion d'arbres morts récemment (arbres encore sur pied) y était de 5 à 8 %, soit 3 fois plus que la normale. La situation s'est encore aggravée au cours des dernières années très sèches (2017 et 2019). Pour le PNR du Verdon, l'Inventaire forestier national donne des chiffres un peu inférieurs, à prendre avec précaution car calculés sur un nombre limité de placettes qui peuvent omettre les zones les plus touchées.

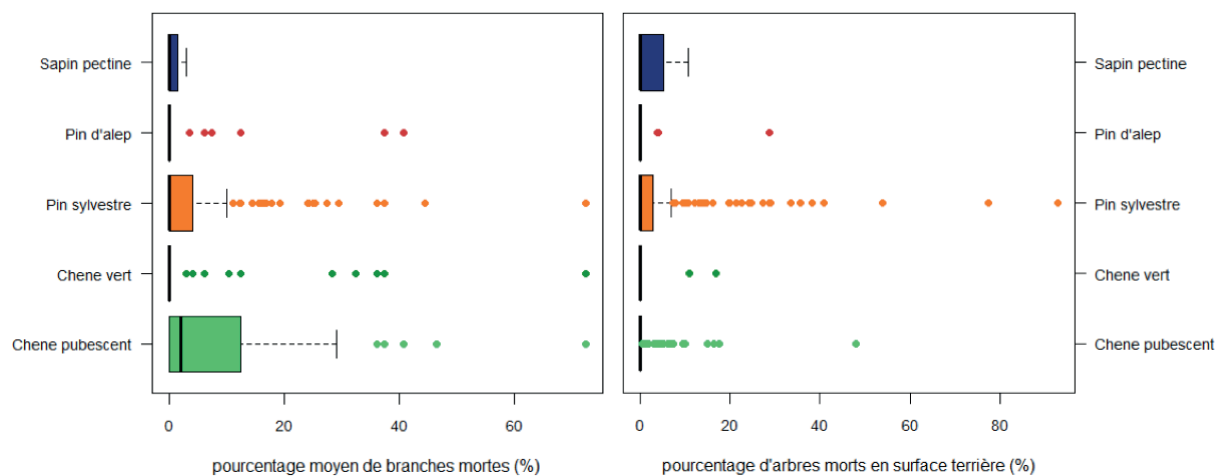


Figure 12. Pourcentage moyen de branches mortes et d'arbres morts par placette inventoriée dans le PNR du Verdon (environ 500 placettes). Réalisation : Maxime Cailleret à partir des données d'inventaires IGN/IFN.

Évolution sanitaire de quelques essences forestières dominantes des forêts

Le pin sylvestre



Photo 8. Station de pins sylvestres qui dépérissent, Saint-André-les-Alpes © Michel Venetier.

Les dépérissements se sont amorcés pour le pin sylvestre dès la fin des années 90, et ont connu un pic au cours de la longue période de sécheresse entre 2003 et 2007, avec une gradation liée à la répétition des stress. La mortalité des arbres a débuté dès 2003 aux stations de plus basse altitude, puis s'est étendue aux sites les plus favorables (haute altitude, versant nord, sol profond, vallons), où les arbres moins acclimatés à la sécheresse sont morts en 2004-2005. Elle a fini par toucher les sols superficiels et les versants chauds à partir

de 2006. Les arbres plus habitués à la chaleur et à la sécheresse y avaient d'abord résisté grâce à une surface foliaire plus faible et un enracinement plus profond, mais sont morts probablement par épuisement de leurs réserves carbonées, par défaut de photosynthèse, et par attaques de parasites opportunistes. L'excès de gui, ainsi que les attaques de chenilles processionnaires et de champignons pathogènes, ont largement contribué à accentuer la défoliation et la mortalité des pins. Les taux de croissance ont ensuite augmenté après 2007, sans retrouver cependant les niveaux antérieurs, notamment pour les arbres âgés, colonisés par le gui, et attaqués par les chenilles processionnaires. Les conditions climatiques des dernières années, et plus particulièrement de 2017 et 2019, ont renforcé les phénomènes de dépérissement observés chez le pin sylvestre. Ces observations sont plus marquées au sein des peuplements pionniers en reconquête d'anciennes terres pastorales ou agricoles et au niveau des stations aux conditions les plus difficiles.

Le sapin pectiné

Le même processus de dépérissement s'est produit pour le sapin pectiné sur l'ensemble des montagnes méditerranéennes françaises après 2003, jusqu'à atteindre des taux de mortalité de 21 % dans certaines sapinières du mont Ventoux. De la même manière que pour le pin sylvestre, les versants chauds de basse altitude ont été les plus touchés, tout comme les sapins situés dans des stations très favorables. Ces derniers, ayant eu des croissances rapides dans le jeune âge sans développer d'enracinement profond, sont autant exposés que ceux ayant eu une croissance lente en raison des conditions locales difficiles. Le sapin exigeant une forte humidité relative de l'air, des coupes trop fortes dans le passé, suite aux premiers dépérissements, ont parfois accentué le phénomène sur le moyen terme. Dans le Haut-Verdon, et notamment dans la vallée de l'Issole, les taux de mortalité étaient très faibles en 2010, en particulier grâce à l'absence de scolytes et de gui, mais ont augmenté par la suite en lien avec la sécheresse de 2017.

Le chêne pubescent

À plus basse altitude, le chêne blanc (également appelé chêne pubescent) a aussi montré de nombreux symptômes de dépérissement avec des pertes de branches, notamment des descentes de cime, et des défoliations très élevées. En 2010, les houppiers comptaient 30 % de branches mortes (les valeurs sont à nouveau plus faibles avec les données IFN, Figure 12), et les observations des houppiers réalisées en 2018 montrent que beaucoup d'arbres ont perdu de la hauteur au cours des 10 à 20 dernières années. Là encore, aucune des conditions stationnelles n'est épargnée avec des dépérissements observés à la fois dans les conditions les plus sèches et en haute altitude.

Chêne vert et pin d'Alep ne sont pas épargnés

Enfin, le chêne vert et le pin d'Alep, espèces médi-

terranéennes réputées pour leur meilleure résistance à la sécheresse, montrent également des déficits foliaires (respectivement 50 % et 40 %) et des taux de mortalité très élevés (7,5 et 7 %) en Provence calcaire, ainsi que pour toute la région méditerranéenne. Même si les taux de mortalité et de branches mortes sont plus faibles en conditions supra-méditerranéennes telles que dans le PNR du Verdon, le déficit foliaire peut malgré tout être important (par exemple, ~40% pour le chêne vert).

Le regard s'habitue

Ces chiffres très élevés de défoliation, de mortalité de branches et d'individus peuvent surprendre, car il n'y a encore que peu de zones de mortalité massive (excepté pour le sapin pectiné peut-être). En réalité, le regard des hommes s'est habitué aux houppiers clairs avec une branchaison peu dense et des petites feuilles. Au point que les observateurs non avertis considèrent maintenant comme normaux et en bonne santé des arbres ayant, en réalité, un fort déficit foliaire par rapport à un arbre sain de référence mesuré avec des critères objectifs. Ce fort déficit foliaire limite durablement leur croissance, leur résilience aux événements extrêmes, et la productivité forestière dans son ensemble. L'expérience acquise sur de nombreuses espèces à travers le monde, dans tous les climats, montre que les arbres dont la croissance est durablement ralentie seront les plus exposés à la mortalité au cours des prochaines crises climatiques. Après 2017 et 2019, les taux récents de mortalité des principales espèces des forêts du Verdon confirment ces craintes.



Photo 9. Chêne pubescent à l'automne, commune de La Palud-sur-Verdon © Dominique Chavy.



PAROLE D'ACTEUR

Jean Ladier, ONF, pôle recherche-développement-innovation d'Avignon : « *Tous les arbres souffrent des effets du changement climatique. Des dépérissements plus ou moins diffus sont constatés depuis une quinzaine d'années, du pin sylvestre au chêne vert, et la tendance va sûrement s'amplifier. L'adaptation des forêts à cet avenir incertain est une gageure mais tout le monde y travaille. En réduisant la densité des futaies résineuses, le partage des ressources en eau est amélioré tout en favorisant les feuillus en mélange. Quand la mortalité est trop importante, il faut planter. On en profite pour essayer de nouvelles espèces plus résistantes, sur de petites surfaces. Il n'y a pas de solution miracle, mais cela passe par une diversification des peuplements* ».

3.2. Une augmentation du risque incendie sur l'ensemble du territoire

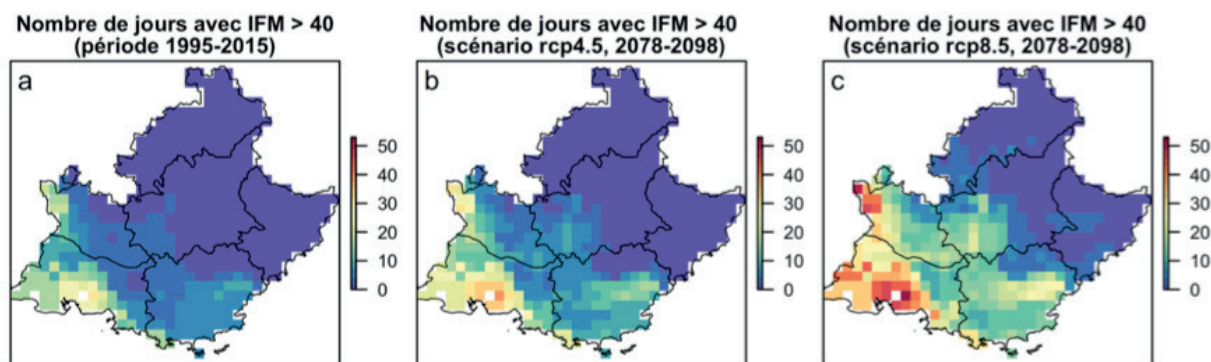
Suite à une année de sécheresse exceptionnelle, le 23 octobre 2017, 240 ha ont brûlé à Moustiers-Sainte-Marie (04). Ce feu qui a progressé dans des zones montagneuses très difficiles d'accès, a nécessité un travail à pied difficile et mobilisé 300 pompiers et 85 véhicules. Dans les Alpes-de-Haute-Provence, la surface moyenne brûlée par an entre 2015 et 2019 est en moyenne de 236 ha pour un nombre moyen de feux par an de 74²¹. Ce seul incendie a donc parcouru une surface plus importante que celle de la moyenne annuelle. Cet événement est-il anecdotique ou symptomatique d'une tendance vers des feux plus grands et plus fréquents en lien avec le changement climatique ?

La réponse est complexe car plusieurs facteurs entrent en jeu. L'éclosion et la propagation des incendies dépendent d'interactions multiples entre l'évolution des conditions météorologiques, la quantité de combustible, l'aménagement du territoire, les moyens de lutte et le comportement des populations. Malgré l'efficacité générale de la politique de suppression renforcée dans le sud de la France au début des années 1990, les incendies dévastateurs qui ont eu lieu lors des années exceptionnelles 2003 (canicule) et 2016-2017 (sécheresse) témoignent des tendances en cours et montrent bien le rôle que pourrait jouer le changement climatique sur le risque incendie dans les prochaines années. Il n'est donc pas certain que la stratégie de lutte mise en place reste efficace dans ce contexte de changement global : elle devrait être adaptée pour faire face à ces nouveaux enjeux.

De par la géographie contrastée du PNR du Verdon, l'augmentation du risque incendie ne sera bien sûr pas homogène sur l'ensemble du territoire. L'accroissement de la fréquence et de l'intensité des incendies affectera de façon importante les écosystèmes et possiblement les humains et les infrastructures, sur une très grande partie du territoire si rien n'est fait en termes de gestion forestière et d'aménagement du territoire.

Vers une augmentation des grands incendies « convectifs » liés à la chaleur pour le secteur « Durance » du PNR

Les feux induits par la chaleur sont caractérisés par des conditions chaudes et sèches combinées et se produisent en été pendant les vagues de chaleur, lors d'une sécheresse modérée (de type canicule soudaine) ou intense (de type sécheresse associée à des températures élevées). Une étude récente a montré que la fréquence de ces feux dévastateurs provoqués par la chaleur augmenterait, pour le secteur « Durance », de 42 % d'ici la fin du siècle (2071-2100) selon le scénario RCP 4.5 et de 90 % selon le RCP 8.5. Cette évolution est illustrée par l'évolution de l'indice IFM²² : le nombre de jours par an présentant des indices de danger élevés (IFM > 40 ; Figure 13), égal aujourd'hui à moins d'une dizaine, devrait doubler (dans le cas du scénario RCP 4.5), voire tripler (dans le cas du scénario RCP 8.5) d'ici la fin du XXI^e siècle (2078-2098) sur le secteur sud-ouest du Parc.



²¹ <https://www.promethee.com/default/bilan-tableaux>

²² Indice Forêt-Météo (IFM) : indice représentatif du danger météorologique associé aux feux de forêts prenant en compte la probabilité d'éclosion et le potentiel de propagation.

Les territoires plus montagneux du Parc ne seront pas épargnés par l'augmentation du risque incendie

Le régime d'incendie dans les zones montagneuses est caractérisé par des feux généralement de petite surface (< 10 ha), d'intensité faible à moyenne, avec deux pics d'activité annuelle : en été et en hiver (principalement en mars en lien avec les feux pastoraux). Sur les territoires montagneux du Parc, comme pour l'ensemble des Alpes du Sud, la saison propice aux incendies s'est allongée de 3 semaines durant les 60 dernières années et la zone géographique à risque s'est étendue en altitude et vers le nord. Si la fenêtre météo d'opportunité

pour les incendies, exprimée par le nombre de jours consécutifs avec un IFM > 10, a augmenté partout, l'ensemble de ces évolutions est fortement marqué à basse altitude (< 800 mètres). Les scénarios futurs penchent vers une augmentation de l'aléa et du risque lié à l'évolution des enjeux humains, écologiques et économiques dans la zone alpine. La Figure 13 montre qu'à la fin du XXI^e siècle, le risque de danger élevé (IFM > 40) couvrira quasiment tout le territoire du Parc, excepté les parties les plus alpines. La taille des incendies devrait aussi augmenter en raison de la continuité des zones combustibles induites par l'enfrichement des terres agricoles.

3.3. Des solutions d'adaptation existent mais leur mise en œuvre reste complexe

Les projections du climat et de la dynamique de la végétation suggèrent que la forêt, telle que nous la connaissons actuellement dans la région du Verdon, devrait subir de plus en plus d'épisodes de mortalité et que le risque incendie devrait être de plus en plus grand. Cependant, 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. Par exemple, dans le Haut-Verdon, des peuplements éclaircis juste avant 2003 n'ont montré aucun signe de dépérissement après la canicule, tandis que des peuplements voisins, poussant dans des conditions similaires mais non éclaircis, ont subi des mortalités de 25 à 50 %. 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 complé-

mentarité 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, réduire le risque incendie ;

- remplacer les espèces locales par des essences plus résistantes à la sécheresse (migration assistée) est également un levier possible pour l'adaptation des forêts. Cette mesure n'est cependant pas une solution miracle puisque ces espèces peuvent être plus sensibles à d'autres stress comme le gel ;
- 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 améliorent également le potentiel d'adaptation par la conservation de sources génétiques, favorisant la connectivité écologique et les processus de dispersion.



Photo 10. Les hêtraies-sapinières du Parc peu exploitées sont riches en biodiversité et cartographiées comme réservoirs de biodiversité dans la trame verte du Parc © Dominique Chavy.

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.

3.4. La séquestration du carbone par les forêts, un potentiel soumis à vigilance

Concernant la nécessité de limiter le réchauffement de la planète à 2 °C, le GIEC insiste sur le fait que cet objectif ne sera pas atteint si nous ne préservons pas les puits de carbone, et propose dans son rapport spécial sur « les liens entre le changement climatique et les surfaces continentales²³ », d'accentuer cet effet bénéfique en intensifiant quand c'est possible les puits de carbone terrestre. L'amélioration de la gestion des systèmes agricoles, pastoraux et des espaces forestiers, le déploiement de l'agroforesterie, une meilleure gestion des feux, sont des options permettant non seulement de réduire les émissions de CO₂ mais également de favoriser la séquestration et stockage du carbone dans la biomasse aérienne et dans les sols. Le ministère a décidé de s'appuyer sur ce potentiel et prévoit, grâce aux politiques de compensation carbone (label bas carbone²⁴), d'augmenter de 50 % l'absorption du carbone par des forêts pour parvenir à la neutralité carbone en 2050.

La forêt, grâce à son fort potentiel de séquestration du carbone à longue durée et aux grandes possibilités d'optimisation qu'elle représente, est tout naturellement au cœur de ces enjeux. Si la tentation pourrait être grande pour les gestionnaires et propriétaires forestiers de profiter des politiques de compensation carbone pour valoriser leur patrimoine forestier, il est important d'intégrer ces démarches dans un dispositif de concertation territorial et d'analyse de l'ensemble des enjeux. Il faut être très vigilant car le développement d'une sylviculture plus intensive ne doit pas être fait au détriment des autres nombreux services rendus par les forêts, notamment à la biodiversité. Il est, par exemple, important de préserver les forêts anciennes qui absorbent encore des quantités importantes de carbone, mais qui

surtout représentent un stock de carbone très important à conserver, particulièrement dans les sols (en plus bien sûr des services indéniables qu'elles rendent à la biodiversité).

Dans le cadre de plantations ou d'opérations sylvicoles, qui peuvent contribuer à augmenter la quantité de carbone séquestré au sein de peuplements se dégradant ou dépérissant, il est essentiel de réfléchir aux types de forêts qui devraient être replantées, à leur composition et à leur mode de gestion : elles doivent être les plus résilientes possibles aux effets du changement climatique (dépérissement, incendies) et ainsi jouer leur rôle de puits de carbone sur le long terme. Lors d'opérations sylvicoles associées à une exploitation de la forêt, l'efficacité de la séquestration dépendra également du respect des sols et de la hiérarchie des usages lors de l'utilisation des arbres coupés. Dans le cas d'une utilisation en bois d'œuvre, le carbone sera séquestré sur une période beaucoup plus longue et l'effet de substitution sera supérieur que dans le cas d'une utilisation bois-énergie qui aura pour conséquence un retour rapide du carbone dans l'atmosphère sous forme de CO₂.

Grâce à la photosynthèse, les écosystèmes terrestres absorbent chaque année environ 22 % des émissions anthropiques de CO₂, soit environ 11.2 ± 2.6 GtCO₂ à l'échelle mondiale. Ce sont des puits de carbone.



²³ Le GIEC a publié le 8 août 2019 le deuxième rapport spécial de son 6^{ème} exercice : « SR Climate Change and Land » : <https://www.ipcc.ch/report/srcccl/> et résumé en français : <https://www.ipsl.fr/Actualites/Actualites-scientifiques/Rapport-special-du-GIEC-sur-les-liens-entre-le-changement-climatique-et-les-surfaces-contininentales>

²⁴ <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/label-bas-carbone/>



Photo 11 - Trembles et bouleaux en automne © David Allemand.



Zoom 3. Des arbres accrochés aux falaises depuis plus de 1300 ans

Le Genévrier de Phénicie, essence thermophile du bassin méditerranéen, fait partie de la flore emblématique et remarquable du sud de la France. Dans les gorges du Verdon, il est aisément reconnaissable à la manière dont il a su, au fil du temps, s'implanter sur les parties les plus escarpées des falaises. L'espèce s'est rendue particulièrement célèbre ces dernières années grâce à 2 études²⁵ qui ont révélé l'âge de certains individus, dépassant régulièrement le millénaire d'existence, faisant de cette espèce un témoin unique et privilégié des évolutions environnementales de la région. La population de Genévriers de Phénicie des grandes gorges du Verdon, dont la plupart des individus vivants ont plus de 400 ans, abrite ainsi des spécimens de plus de 1300 ans, avec des accroissements annuels extrêmement faibles, de l'ordre de 0,1 mm/an. La préservation de ces



peuplements arborés remarquables est capitale tant pour les connaissances scientifiques qu'ils apportent que pour leur participation à la richesse paysagère et patrimoniale des gorges du Verdon. Cependant, l'augmentation de la fréquentation touristique ainsi que le changement climatique susceptible d'augmenter les stress thermiques et hydriques – déjà très intenses – qui affectent ces arbres constituent des sérieuses menaces nécessitant (i) d'approfondir les connaissances sur ces Genévriers, leur fonctionnement, leur dynamique, (ii) de déployer des moyens propices à leur conservation, (iii) de communiquer auprès du grand public sur cette richesse méconnue et fragile.

Photo 12. Prospection du Genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*) dans les grandes gorges du Verdon © Thierry Gauquelin.

²⁵ En 2012, dans le cadre d'un doctorat et sur la base de premiers travaux réalisés par des chercheurs canadiens, l'Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie (IMBE) de l'Université d'Aix-Marseille a relancé de nouvelles prospections sur les Genévriers de Phénicie dans les grandes gorges du Verdon.

4. L'agriculture face à la nécessité de s'adapter

À l'échelle mondiale, l'agriculture a une grande part de responsabilité dans la hausse globale des températures, avec en première ligne l'agriculture intensive industrielle. Au regard de l'ensemble de la filière, le secteur est responsable de près de 25 % des émissions de GES mondiales à travers, entre autres, les émissions de méthane (CH₄) liées à l'élevage, de protoxyde d'azote (N₂O) liées à l'utilisation d'engrais azotés et de dioxyde de carbone (CO₂) liées à la déforestation au profit de surfaces agricoles. Mais, au-delà de cette responsabilité inégalement partagée (les émissions du secteur agricole ne représentent que 2 % des émissions de GES au niveau régional), le secteur agricole est également l'une des premières victimes du changement climatique. En France, l'agriculture est aujourd'hui identifiée comme le secteur le plus directement touché par le changement climatique²⁶. Les sécheresses agricoles, plus fréquentes et plus sévères, la hausse des températures et l'augmentation des aléas météorologiques extrêmes ont pour conséquences une stagnation des rendements, une baisse de la qualité nutritive, une altération de la qualité des semences, une modification de la phénologie de cultures pérennes comme les arbres fruitiers et la vigne, et des effets sur la santé végétale et animale liés à une sensibilité accrue aux ravageurs et pathogènes. Ces impacts devraient se renforcer dans les années à venir avec l'évolution attendue du climat. Les effets du changement climatique sont déjà visibles sur le territoire du PNR du Verdon et ils n'épargnent ni les éleveurs, ni les agriculteurs. Les enjeux sont importants. L'agriculture et l'élevage sont d'une part pourvoyeurs d'emplois et des éléments clés de la vitalité économique du territoire, et contribuent d'autre part à la préservation des paysages et au maintien de la biodiversité. Face à ces changements, les éleveurs et agriculteurs doivent d'ores et déjà s'adapter et faire évoluer leurs pratiques afin d'assurer la pérennité de leurs exploitations et plus largement maintenir une agriculture dynamique et respectueuse de l'environnement sur le territoire. S'engager fortement dans le développement des pratiques agro-écologiques, qui combinent adaptation au changement climatique, gestion de la ressource en eau, séquestration du carbone et préservation de la biodiversité, présente un potentiel important et semble indispensable pour le territoire. L'agroforesterie, par exemple, permet de réduire les stress thermiques subis par les cultures et le bétail, et 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. Par ailleurs, ces systèmes créent des habitats utiles à la biodiversité et les feuilles des arbres peuvent être utilisées comme ressources alimentaires pour le bétail. Pour être menés à bien, sans peser trop fortement sur le monde agricole, ces changements de pratiques ne pourront se faire sans la mise en place d'un accompagnement technique et financier. Ils bénéficieraient du développement d'approches coopératives propices au partage d'expériences, du développement de la filière agricole et du renforcement des liens avec d'autres secteurs économiques comme le tourisme par exemple.

4.1. Le pastoralisme au cœur des enjeux de climat et de biodiversité

Le terme générique de « pastoralisme » définit l'ensemble des activités liées à l'élevage de troupeaux d'herbivores domestiques dont l'alimentation est assurée, pour tout ou partie, par le pâturage de ressources naturelles spontanées herbacées, arbustives et/ou arborées. Les espaces pastoraux, pâturages d'estives ou parcours pastoraux, occupent 83 000 hectares soit plus de 40 % de la surface du territoire du Parc du Verdon et représentent 20 % des exploitations du Parc (soit le double de la moyenne régionale)²⁷. Le pastoralisme joue plusieurs rôles sur le territoire : il assure une production locale (de qualité) nécessaire au regard des en-

jeux futurs de souveraineté alimentaire ; il participe à la valorisation du patrimoine et des savoir-faire locaux ; et assure également, par le pâturage, la fauche et le débroussaillage, le maintien des paysages ouverts, favorables à la biodiversité, tout en participant à la défense de la forêt contre les incendies.

La mobilité, spécificité des pratiques pastorales, représente actuellement une modalité d'adaptation aux aléas climatiques. L'augmentation des températures et celle de la fréquence et de l'intensité des épisodes de sécheresse auront très vraisemblablement dans le futur un impact important sur la santé et le bien-être des trou-

²⁶ Rapport de Ronan Dantec et Jean-Yves Roux, *Adapter la France aux dérèglements climatiques à l'horizon 2050 : urgence déclarée*, mai 2019.

²⁷ Sources : INSEE Recensement Agricole 2010, Enquête Pastorale 2012-2014 de l'IRSTEA.

peaux, sensibles aux stress thermiques, et sur la quantité et la qualité des ressources fourragères et hydriques nécessaires au maintien de l'activité pastorale. Les parties prenantes engagées (gestionnaires d'espaces naturels protégés, éleveurs et bergers, élus locaux et nationaux) doivent ensemble anticiper ces contraintes et développer les outils nécessaires à une meilleure résilience des activités pastorales et des écosystèmes.

Le double effet du changement climatique sur le pastoralisme : stress thermique sur le bétail et diminution de la qualité des ressources fourragères

L'augmentation de la température et de l'ensoleillement induit un stress thermique sur les animaux à l'image des humains ; ils halètent pour évacuer la chaleur, boivent plus, cherchent de l'ombre pour se rafraîchir et mangent moins. Ces stress peuvent avoir pour conséquences :

- une diminution en quantité et en qualité de la production laitière ;
- une diminution de la croissance des animaux ;
- une augmentation de la sensibilité aux maladies chez des bêtes déjà fragilisées par la chaleur et la baisse de qualité fourragère.

Au-delà de ces impacts directement liés au stress thermique, le changement climatique va vraisemblablement impacter les milieux utilisés par les troupeaux. Le dispositif Alpages Sentinelles²⁸, qui suit et analyse depuis plusieurs années l'évolution des alpages utilisés par les exploitations d'élevages extensifs de Provence pour les transhumances, a d'ores et déjà permis de mieux comprendre les effets du changement climatique sur les ressources fourragères et sur l'activité pastorale. Les principales conséquences déjà identifiées sont :

- un allongement de la période de végétation (démarage plus précoce au printemps, allongement de la production à l'automne), en lien avec la hausse des températures et la réduction de la période d'enneigement ;
- la qualité et la quantité des ressources fourragères diminuent, avec l'augmentation des épisodes de gel tardif au printemps ;
- des creux de production fourragère dus à l'intensification des sécheresses estivales ;
- une ressource fourragère plus sèche, coïncidant

avec une baisse du bilan hydrique annuel due principalement à la diminution de l'enneigement et à l'augmentation de l'évapotranspiration, qui contribue à la hausse des besoins en eau du bétail.



Photo 13. Troupeau au col d'Ayen © Dominique Chavy.

Analyser la vulnérabilité des systèmes pastoraux pour mieux s'adapter

Bien que les troupeaux élevés sur le territoire du Parc soient concernés par ces impacts majoritairement lors des transhumances printanières, il est nécessaire d'étendre ces analyses à tous les types de pâturages utilisés (plaines, collines, vallées). La vulnérabilité du système doit être caractérisée en tenant compte de l'ensemble des facteurs locaux, physiques, topographiques et écologiques (étagement altitudinal, formes de relief et expositions, typologie des végétations, dynamiques écologiques, types de production, objectifs de production, disponibilité des ressources en eau, etc.), et de la capacité d'adaptation du système pastoral concerné. Une méthodologie permettant de caractériser la vulnérabilité de ces systèmes complexes a récemment été développée dans le cadre du programme Alpages Sentinelles. Le diagnostic de vulnérabilité obtenu (Figure 14) permet de mieux caractériser l'impact des risques climatiques sur la végétation, la ressource en eau et la gestion pastorale et ainsi faciliter l'accompagnement des éleveurs et des bergers dans les mesures d'adaptation à mettre en place.

²⁸ Le programme Alpage Sentinelles a pour objectif de mieux comprendre quelles vont être les dynamiques des espaces agro-pastoraux d'altitude dans un contexte de changements climatiques et de mutations des usages des territoires de montagne. Le dispositif s'étend sur 31 alpages répartis sur l'ensemble du massif alpin. Il est coordonné par l'INRAE et associe des partenaires académiques, des gestionnaires d'espaces protégés, des agro-pastoralistes et des représentants de la profession agricole.

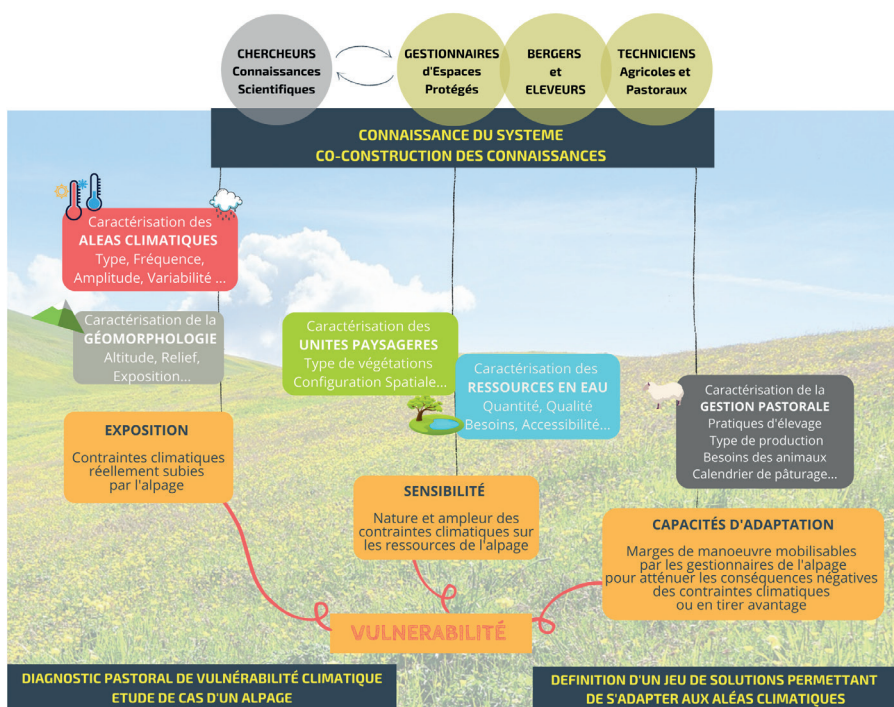


Figure 14. Méthodologie pour l'analyse de la vulnérabilité d'un alpage au changement climatique. Cet outil est conforme au nouveau cadre d'évaluation des risques proposé dans le cinquième rapport d'évaluation du GIEC : l'évaluation de la probabilité d'occurrence des dangers (à travers la typologie de l'exposition des pâturages aux aléas climatiques) est multipliée par la gravité des conséquences si ces aléas se produisent (à travers l'analyse de la sensibilité et des capacités d'adaptation). Schéma adapté de Deleglise *et al.* (2019), *A Method For Diagnosing Summer Mountain Pastures' Vulnerability to Climate Change, Developed in the French Alps* et de la plaquette *Le diagnostic pastoral Vulnérabilité Climatique*, du CERPAM, Centre d'Études et de Réalisation Pastorales Alpes-Méditerranée (2018).

Estimer et améliorer le bilan carbone des systèmes pastoraux

En 2016, une étude exploratoire a été menée pour simuler les émissions de gaz à effet de serre (GES) et les flux de stockage de carbone de trois exploitations d'élevages ovins préalpins typiques méditerranéens différant par leur niveau de mobilité : (i) sédentaire, (ii) simple transhumance estivale et (iii) double transhumance estivale et hivernale. L'analyse de leurs performances environnementales a été réalisée en fonction de leurs mobilisations des parcours (pelouses naturelles, landes et forêts) et des modalités d'alimentation (fourrages cultivés, aliments concentrés et/ou pâturages naturels).

Ces premières estimations montrent que l'élevage double transhumance se distingue par :

- un faible niveau de consommation en énergie non renouvelable (très faible contribution des fourrages cultivés et des concentrés à l'alimentation du troupeau) ;
- un niveau d'émissions équivalent CO_2 (eqCO_2) globalement plus faibles que les systèmes sédentaire et simple transhumance ;
- une émission limitée de N_2O (faible quantité d'engrais, pas de bergerie et de fumier produit) et une source majoritaire des émissions due au méthane entérique (80 % des eqCO_2 émis).

Type de système	Sed.	S. Tr	D. Tr
Taille du troupeau	223	243	1904
Production carcasse (kg/brebis)	17.1	14.2	12.8
Surfaces totales utilisées (ha)	236	251	4539
Prairie (ha)	30	30	115
Parcours (ha)	179	221	4 394
Concentrés (kg/brebis/an)	45	41	0
Autosuffisance (%)	99	91	100
Consommation énergie (MJ consommé/kg carcasse)	82	76	31
Émissions GES (kg eqCO_2 /kg carcasse)	33.9	39.5	33.8

Tableau 1. Principales caractéristiques des systèmes étudiés sédentaire (Sed.), simple transhumance (S. Tr) et double transhumance (D. Tr), d'après Vigan *et al.*, 2017.

Le système double transhumant reposant sur le recours à des ressources issues de milieux naturels pâturés présente des performances en termes de consommation d'énergie et d'émissions équivalent CO₂ très faibles. Le rééquilibrage pour ces niveaux d'émissions, exprimés par kg de viande produite, observés pour

l'élevage sédentaire, illustre une marge de manœuvre possible issue de l'intensification des productions. Toutefois, celle-ci est étroite et cette recherche d'augmentation de la productivité pourrait avoir des effets négatifs par le recours à des niveaux d'aliments concentrés à forte empreinte énergétique.

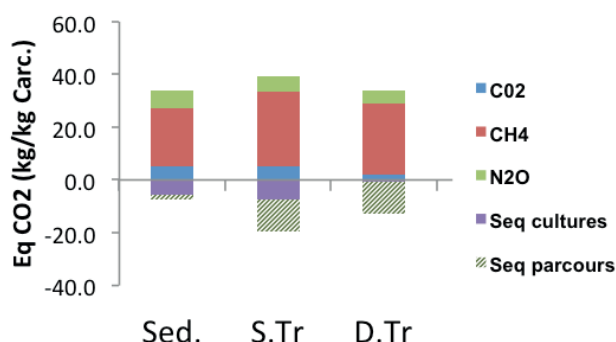


Figure 15. Performances environnementales de trois types d'élevage provençal étudié : estimation des émissions nettes et séquestration (Seq) de GES en fonction de la mobilité saisonnière sédentaire (Sed.), simple transhumance (S.Tr) et double transhumance (D.Tr), et du type d'alimentation mobilisé (pâturage naturel – parcours – ou fourrages cultivés/aliments), d'après Vigan et al., 2017.

L'étude a permis également de modéliser la contribution du pâturage à la séquestration du carbone, et d'estimer le bilan émission-séquestration des trois systèmes²⁹. Pour les deux systèmes de transhumance, du fait des étendues impliquées, les niveaux de carbone séquestrés dans les sols pâturés compenseraient jusqu'à un tiers des émissions liées à l'élevage, entre 30 et 40 % des émissions brutes pour les systèmes de transhumances (Figure 15). Il s'agit de valeurs tout à fait significatives, soulignant l'intérêt à considérer conjointement les émissions de GES, mais aussi la séquestration de carbone. Toutefois, ces valeurs sont à mettre en regard des usages alternatifs possibles de ces espaces et en particulier des perspectives de boisement. En effet, les simulations mettent en évidence un différentiel de séquestration important entre pelouses maintenues en l'état et développement d'une strate ligneuse par conversion forestière. Afin d'obtenir une caractérisation plus précise des interactions entre pâturage et séquestration du carbone, l'évaluation des différentes formes d'élevage devra passer par un couplage plus étroit entre l'analyse des fonctionnements des systèmes d'élevage et des systèmes écologiques des milieux pâturés.

Ces premiers résultats soulignent l'intérêt des systèmes pastoraux pour leurs performances en termes de consommation énergétique et de niveaux d'émissions

carbonées. L'adoption de systèmes extensifs peut constituer une piste de limitation des émissions de carbone en élevage, alternative à l'option consistant à diluer les émissions par une recherche de productivité accrue. En tirant parti de contrastes géo-climatiques, la mobilité est aussi une modalité d'adaptation aux aléas climatiques. En limitant les achats d'aliments et la consommation d'énergie non renouvelable pour la production de fourrages, ces stratégies d'élevage sont aussi de nature à minimiser les émissions de GES et contribueraient donc à l'atténuation du changement climatique.

Cette dimension est ainsi à intégrer aux autres dimensions de multifonctionnalité qui leur sont usuellement attribuées (contribution à la gestion de la biodiversité, au maintien d'activités économiques en milieux difficiles et plus généralement, fourniture de services autres que ceux de production). Ces systèmes présentent de fortes spécificités conditionnant leur maintien tant sur le plan technico-économique (utilisation de races animales adaptées, transmission de savoir-faire spécifiques, valorisation des produits...) que social (intégration en lien à la mobilité des actifs agricoles, conflits d'usage sur les espaces pâturés) qui nécessitent de ne pas dissocier ces approches spécifiques dans une évaluation environnementale de l'analyse plus globale des conditions du maintien ou développement de ces formes d'activité.

²⁹ La modélisation des interactions entre pâturage et cycle du carbone dans les milieux non cultivés doit intégrer les dynamiques végétales et l'éventuel développement d'une composante ligneuse ou forestière fortement impliquée dans le stockage du carbone. Des scénarios de dynamiques des couverts végétaux et de stockage du carbone en lien à des pressions de pâturage différenciées ont donc été simulés sur 100 ans à partir d'un état initial de pelouses à l'équilibre.



Zoom 4. L'initiative « 4 pour 1000 »

Si la quantité de carbone stockée dans les premiers 30 à 40 cm des sols augmentait de quatre millièmes par an à l'échelle de la planète, elle réduirait de manière significative les concentrations de CO₂ dans l'atmosphère liée aux activités humaines. Même si ce chiffre de quatre pour mille n'est pas atteint, tout stockage de carbone dans les sols retarderait le réchauffement global. Le potentiel de séquestration de carbone dans les sols agricoles est important et doit être favorisé. Il a aussi des effets majeurs sur la biodiversité et la fertilité des sols. L'initiative « 4 pour 1000 » montre que l'agriculture peut apporter des solutions concrètes au défi posé par le changement climatique tout en relevant celui de la sécurité alimentaire à travers la mise en œuvre de pratiques agricoles adaptées aux conditions locales : agro-écologie, agroforesterie, agriculture de conservation, gestion des paysages...

COMMENT STOCKER PLUS DE CARBONE DANS LES SOLS ?

Plus on couvre les sols, plus les sols sont riches en matière organique, et donc en carbone. Jusqu'à présent, la lutte contre le réchauffement climatique s'est beaucoup focalisée sur protection et la restauration des forêts. En dehors des forêts, il faut favoriser le couvert végétal sous toutes ses formes.



Ne pas laisser un sol nu et moins travailler le sol ;
ex. : les techniques sans labour



Introduire davantage de cultures intermédiaires, intercalaires et de bandes enherbées



Développer les haies en bordure des parcelles agricoles et l'agroforesterie



Optimiser la gestion des prairies, par exemple allonger la durée de pâturage



Restaurer les terres dégradées, par ex. les zones arides et semi arides du globe

Infographie extraite de la plaquette réalisée par le ministère de l'Agriculture : <https://www.4p1000.org/fr>

4.2. La culture de lavande face aux contraintes environnementales et climatiques

Les grandes étendues de lavande et lavandin, environ 5 500 ha, qui règnent sur les parties hautes du plateau de Valensole forment un paysage agricole emblématique du tourisme de la région provençale. Ces champs de lavandin fournissent 90 % de la production mondiale d'huile essentielle de lavandin et les surfaces occupées par cette culture continuent d'augmenter.

Des changements de pratiques nécessaires face aux contraintes environnementales : le projet REGAIN

Malgré ce succès, depuis plusieurs années, les lavandiculteurs font face à plusieurs difficultés : la pollution des nappes phréatiques contaminées par le résidu d'un ancien herbicide, la dégradation des sols et une recrudescence de dépérissements du lavandin entre autres sous l'effet des cicadelles qui, en piquant les plants, transmettent une bactérie (maladie du Stolbur). À cela s'ajoutent les effets du changement climatique, particulièrement contraignant ces dernières années avec la succession de vagues de chaleur et de séche-

resses, qui fragilisent les cultures et intensifient les effets du dépérissement. Face à ces enjeux, les agriculteurs ont cherché des solutions et ont été épaulés dans leur démarche par le projet REGAIN³⁰ qui a permis de mettre à disposition des moyens humains et financiers. L'ambition de ce projet est de faire évoluer les pratiques pour aller vers des agrosystèmes plus durables et résilients afin de maintenir la vocation agricole du plateau de Valensole.

Sur 3 ans, une trentaine de parcelles a fait l'objet d'un suivi pédologique (sol), agronomique (pratiques agricoles) et économique. Cet état des lieux a fourni aux agriculteurs les connaissances adéquates pour changer leurs pratiques et optimiser leurs performances agronomiques et environnementales. Ainsi, suite à plusieurs années de collaboration entre les différents acteurs techniques de la filière lavandicole, les mesures établies pour limiter l'effet du dépérissement, telles que les couverts végétaux de l'inter-rang (Photo 14), révèlent leurs effets bénéfiques multiples. Elles favorisent la

³⁰ Différents acteurs interagissent au sein de Regain : les membre fondateurs, Chaire d'entreprise AgroSYS, Chambre d'agriculture 04, Parc naturel régional du Verdon, Société du Canal de Provence, qui interagissent avec d'autres partenaires, tels que les agriculteurs, les instituts techniques, les organismes de développement, les organismes stockeurs, les coopératives, les laboratoires, etc.

biodiversité, aussi bien végétale qu'animale, qui participe notamment à la régulation des ravageurs de culture. Par ailleurs, la plantation de haies, permettrait d'augmenter la résilience des cultures vis-à-vis du changement climatique en réduisant les stress thermiques et en favorisant l'infiltration d'eau dans le sol. Néanmoins, cette pratique, déjà utilisée dans d'autres filières agricoles, n'a pour l'instant pas encore été évaluée dans le contexte des lavanderaies déjà très tolérantes au stress hydrique et pour lesquelles l'ombrage pourrait être un facteur limitant de rendement. Bénéfice de plus, ces mesures contribuent également à réduire les émissions de gaz à effet de serre, grâce à l'amélioration de la qualité des sols et de leur capacité à stocker du carbone, et à la présence d'arbres grands stockeurs à moyen et long terme.

Des dispositifs expérimentaux pour améliorer les connaissances sur la réaction des lavanderaies aux sécheresses

Les évolutions climatiques fragilisent les cultures de lavande et lavandin et intensifient les effets du dépérissement liés à la maladie du Stolbur. L'absence d'étude sur les effets de sécheresses sur les lavanderaies est un frein à l'adaptation de la filière à cet enjeu climatique. Dans ce contexte, le projet RECITAL³¹ (Réponses aux Évolutions Climatiques par l'Innovation et les Techniques Alternatives en Lavanderaies) a pour objectif, entre autres, d'identifier des indicateurs physiologiques de l'état de stress des lavandes et lavandins utilisables en plein champ.

Des dendromètres de type PépiPIAF permettant de suivre en continu (et à distance !) les variations de diamètres de la tige ont été adaptées sur les lavandes (Figure 16). Après une année d'expérimentations sous serre suivie de deux années d'expérimentations *in situ* sur des lavanderaies à Montboucher-sur-Jabron et à Manosque, cet outil a permis d'identifier une phase estivale de déshydratation du plant et de mettre en évidence un seuil léthal de déshydratation, c'est-à-dire un niveau de déshydratation dû à la sécheresse au-delà duquel la plante mourrait.

Le PépiPIAF permet aussi de suivre les différentes phases de développement des lavandes au cours de l'année, depuis la reprise de la croissance au printemps jusqu'à la reprise automnale succédant à la sécheresse estivale (Figure 16). Ces travaux en cours de finalisation



Photo 14. Culture de lavandin avec couvert inter-rang, sur le plateau de Valensole © PNR du Verdon.

cherchent à évaluer l'intérêt de la culture inter-rang en lavanderaie, avec cet outil couplé à d'autres analyses. Il s'agit d'un itinéraire technique agro-écologique prometteur car il permet de lutter contre le dépérissement, limiter l'érosion, gérer les adventices tout en améliorant la qualité des sols et de la biodiversité. L'objectif des travaux est de tester la pertinence de cette technique alternative pour les lavanderaies, et en particulier son effet sur la production d'huiles essentielles et son rôle sur l'adaptation aux effets du changement climatique. Outre l'importance de ces travaux dans la recherche fondamentale, en particulier sur les mécanismes de mortalité des plantes, ces résultats ouvrent des perspectives intéressantes sur l'anticipation des mortalités en lavanderaies, voire sur le pilotage de l'irrigation de ces cultures, notamment pour un contrôle raisonné de la contrainte hydrique nécessaire à la production d'huiles essentielles, mais dommageables pour les plants selon son intensité et la période.



Photo 15. Plantation de haies sur le plateau de Valensole à l'initiative du Parc, décembre 2016 © PNR Verdon.

³¹ Projet financé par le CASDAR de 2017 à 2020 et regroupant l'unité de recherche PIAF (INRAE-Université Clermont Auvergne), l'Iteipmai, le CRIEPPAM, Le lycée « Terre d'Horizon » et les chambres d'agriculture du Vaucluse et de la Drôme. <https://www.iteipmai.fr/71-nos-projets/269-Recital>

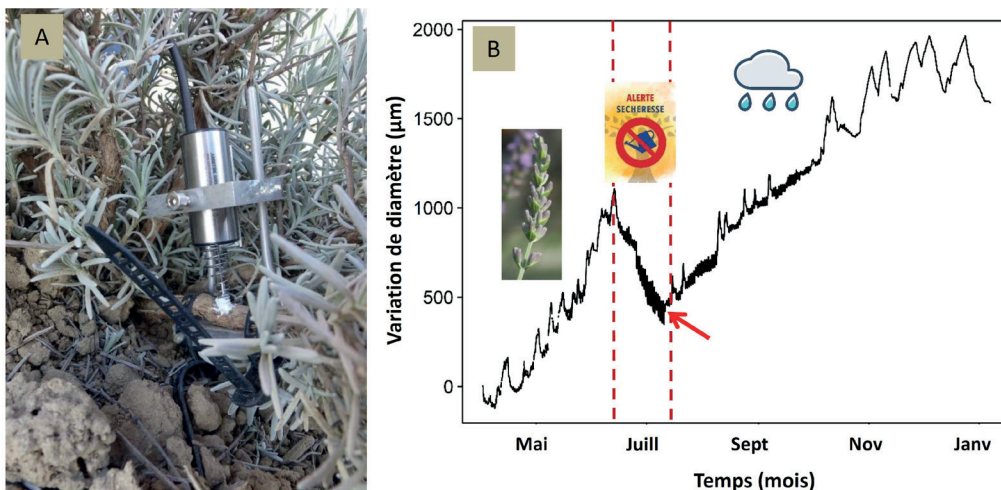


Figure 16. Suivi en continu des variations de diamètre d'une tige de lavandin au champ : A) un dendromètre PépiPIAF installé sur une tige ; B) Variations de diamètre enregistrées sur un individu d'avril 2018 à janvier 2019, sur le site du CRIEPPAM à Manosque.

Trois phases sont distinguées : (1) une période de croissance avec la mise en place des hampes florales qui se traduit par une augmentation du diamètre, (2) une déshydratation estivale induisant une diminution du diamètre, en période de sécheresse et (3) une période de réhydratation et de croissance automnale (augmentation de diamètre) permise par les conditions climatiques moins contraignantes et les pluies automnales plus fréquentes. La flèche rouge indique la date de récolte, une action qui réduit la surface de transpiration du plant et freine ainsi la déshydratation.



PAROLE D'ACTEUR

Jackie Piatti, agriculteur du plateau de Valensole : « Avec ces longues périodes de sécheresse qui s'enchaînent chaque année, ça va devenir compliqué. Il pleut encore moins régulièrement qu'avant et les orages sont beaucoup moins fréquents aujourd'hui. Nous n'avons pas d'autres choix que de nous adapter à une agriculture plus durable et de qualité ».

4.3. Les impacts du changement climatique sur la trufficulture

Actuellement en France, 80 à 85 % des truffes noires du Périgord sont produites dans le sud-est de la France sous climat méditerranéen. On compte sur le territoire du PNR du Verdon plus de 1400 ha de truffières, réparties principalement entre les plateaux de Valensole et du Haut-Var, qui produisent en moyenne 7 tonnes de truffes par an, soit 13 % de la production nationale. Si la trufficulture sur ce territoire, comme pour toute la France, est menacée par la concurrence étrangère et commence à rencontrer des difficultés à se renouveler, le changement climatique ne devrait pas lui faciliter les choses.

Une étude réalisée sur les 30 dernières années, dans le département du Vaucluse, a montré que le déficit hydrique estival est le premier facteur expliquant les variations annuelles des quantités de truffes mises en vente sur les marchés de gros³². De plus, sur le même secteur, une analyse réalisée sur la période 1903-1904 à 1988-1989 a permis d'identifier les principaux facteurs expliquant la variation interannuelle de la production de truffe noire du Périgord ; elle confirme le rôle important du déficit hydrique estival (Figure 17) et met également en avant le rôle des précipitations de l'année en cours.

³² Le Tacon *et al.*, 2014.

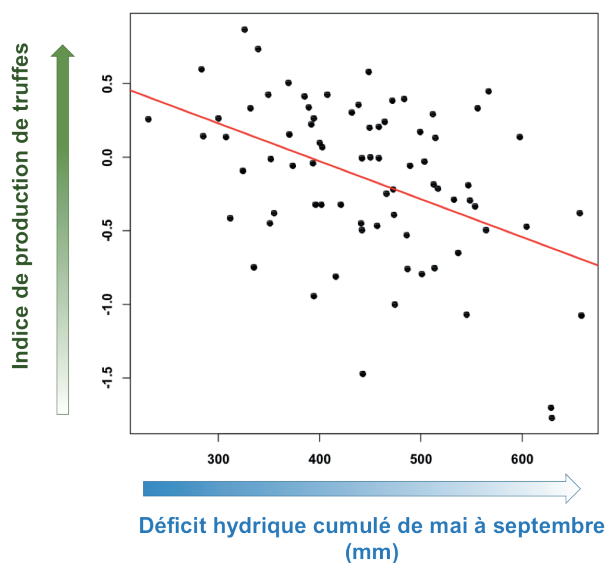


Figure 17. Corrélation entre l'indice de production de truffe noire du Périgord et déficit hydrique climatique cumulé de mai à septembre sur la période 1903 à 1989, dans le département du Vaucluse. Extrait de Baragatti *et al.*, 2019.

L'importance du déficit hydrique estival sur la production de truffes s'explique par la longue période de maturation des ascocarpes³³. Rappelons que les jeunes truffes naissent en mai ou juin pour être récoltées de novembre à mars de l'année suivante. En été, les jeunes truffes de quelques microns, puis de quelques millimètres de diamètre, sont très fragiles et meurent en période de déficit hydrique prononcé.

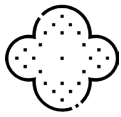
La hausse importante de la température moyenne annuelle et la température moyenne estivale observée depuis le début du siècle est préjudiciable à la production de truffes. En effet, ces changements entraînent une augmentation de l'évapotranspiration des arbres et donc une diminution de la disponibilité en eau des sols. Néanmoins, au cours de la période étudiée, les précipitations cumulées en été (mai à août) et le déficit en eau accumulé au cours des mêmes mois sont restés stables jusqu'en 1989. De plus, l'augmentation de la température minimale hivernale, qui réduit le risque de gel de l'ascocarpe, pourrait être considérée comme une évolution favorable compensant en partie l'augmentation de la température moyenne estivale. En conséquence, il apparaît que, malgré la hausse des températures, le changement climatique global n'a eu que relativement peu d'effet sur la production de truffes dans le Vaucluse depuis le début du XX^e siècle et ce jusqu'au début des années 1990. Mais depuis cette date, l'accélération de la hausse des températures ainsi que la récurrence d'épisodes de canicule et d'années de fortes sécheresses ont accru la pression sur la production de truffe. Pour le XXI^e siècle, tous les scénarios confirment cette

tendance avec un réchauffement global allant de 2 à 4 °C et une diminution des précipitations estivales dans la région méditerranéenne avec, pour conséquence, une évapotranspiration potentielle estivale intensifiée dans la région. Le résultat sera une augmentation du stress hydrique en été, plus intense et sur une plus longue période, qui pourrait affecter considérablement la production de truffes noires. Dans le cadre d'une étude internationale, des simulations de la productivité de la truffe pour la dernière partie du XXI^e siècle, en Espagne, France et Italie, ont été réalisées selon différents scénarios d'évolution du climat. Avec les précautions statistiques qu'elle nécessite, cette étude prédit, pour la première fois, une tendance à un effondrement probable d'une partie de la production de truffes du sud de l'Europe. Elle pourrait décliner de 78 % à 100 % entre 2071 et 2100, si nous ne parvenons pas à limiter le réchauffement global à 2 °C d'ici 2050.

Dans les plantations, il sera donc nécessaire de mettre en œuvre toutes les techniques permettant d'améliorer le bilan hydrique d'été : arrosage, paillage ou ombrage, travail du sol, élagage des hôtes. Depuis 2016, le projet d'expérimentation national CulturTruf³⁴ s'est fixé comme objectif d'optimiser la gestion de l'eau dans les plantations truffières en couplant des approches de recherche fondamentale et finalisée. Aucun site exploratoire n'est situé sur le territoire du Parc, mais les résultats issus de ce projet répondront certainement aux besoins de la filière locale pour tenter d'adapter la culture des truffes aux changements climatiques.

³³ L'ascocarpe est « la truffe » ou l'équivalent anatomique du « chapeau » des champignons se développant en surface.

³⁴ Projet coordonné par l'INRAE et co-construit avec la filière trufficole : <http://www.fft-truffes.fr/fr/experimentation-en-trufficulture/culturtruf>



Zoom 5. La truffe noire

Elle est le fruit souterrain de l'association des filaments souterrains du champignon *Tuber melanosporum*, et des radicelles d'arbres « truffiers », comme les chênes blancs ou les chênes verts. De cette relation symbiotique naissent des mycorhizes qui permettent aux arbres de puiser les éléments nutritifs dans le sol. En échange, les arbres fournissent aux champignons les sucres qu'ils ne peuvent synthétiser eux-mêmes. L'initiation des fructifications de truffes, appelées aussi « ascocarpes », se fait de la rencontre de deux mycéliums compatibles dont l'un des deux est associé à l'arbre grâce aux mycorhizes, l'autre provenant pour l'essentiel de la germination de spores dans le sol.

Photo 16. Truffe noire de Provence (*Tuber melanosporum*) © Pierre Marilly.



Actuellement, la grande majorité des truffes noires sont récoltées dans des plantations faites à partir d'arbres qui ont été au préalable associés à de la truffe (mycorhization). La récolte hors plantation est aussi possible dans les forêts jeunes ou les espaces ouverts. Toutefois, il est important de rappeler que la récolte des truffes dans les forêts est très réglementée : elle est bien entendue interdite sans l'accord du propriétaire dans les forêts privées et, contrairement aux autres champignons, elle est strictement interdite, sans tolérance, dans les forêts domaniales sans l'achat d'une concession.

4.4. Aider les producteurs à s'adapter au changement climatique et à produire avec moins d'intrants : le cas de la culture du blé dur

Avec environ 90 000 hectares plantés, dont 40 000 ha de blé dur, le blé est la première filière agricole provençale. Sur le plateau de Valensole, souvent considéré comme le grenier de la région, le blé dur, avec 4700 ha cultivés, occupe une surface presque aussi importante que celle de la lavande. Aujourd'hui, sous la pression de plus en plus marquée du changement climatique, la filière commence à montrer des signes de faiblesse avec une stagnation, voire une baisse des rendements. Ainsi, par manque de rentabilité de la production pour l'agriculteur, on observe aujourd'hui une diminution des surfaces en céréales dans la région.

Installé sur le territoire du PNR du Verdon, l'Institut du végétal Arvalis réalise depuis 2009 des tests en plein champ afin de trouver des solutions pour adapter la filière à l'évolution du climat. Ainsi, sur sept hectares loués à des agriculteurs, des centaines de variétés de blés tendres et durs ont été plantés sur plusieurs types de sol, irrigués ou non. Sur chacune des parcelles, des données sont recueillies (croissance, couleur des feuilles, nombre d'épis et de grains...) et analysées afin de connaître plus précisément le comportement des

différentes variétés vis-à-vis du changement climatique (hausse des températures, sécheresses). Grâce à ce dispositif, il est possible de conseiller les agriculteurs sur les variétés de blé à planter et les pratiques agricoles à favoriser.

Le changement climatique impacte la productivité de blé dur

Depuis 1990, le rendement du blé dur dans le Sud-Est (Figure 18, courbe jaune) stagne en raison du changement climatique et plus précisément de trois facteurs :

- le déficit hydrique de printemps ;
- l'inondation hivernale des sols (épisodes méditerranéens) ;
- les températures élevées en mai-juin pendant la formation du grain.

Les relations rendements/climat ont été modélisées et montrent que les conditions climatiques expliquent environ 88% de la variabilité du rendement de la région. Ces rendements modélisés sur la base du climat des

années 1980 ont été projetés sur la période actuelle afin d'évaluer l'évolution des rendements « hors changement récent du climat » (Figure 18, courbe bleue) et de les comparer aux rendements observés (courbe jaune). Les résultats montrent qu'en l'absence des conditions météorologiques défavorables récentes

liées au changement climatique, le rendement du blé continuerait à progresser sur une tendance linéaire, et donc permettent d'attribuer la diminution de ces rendements au moins en partie aux changements récents du climat.

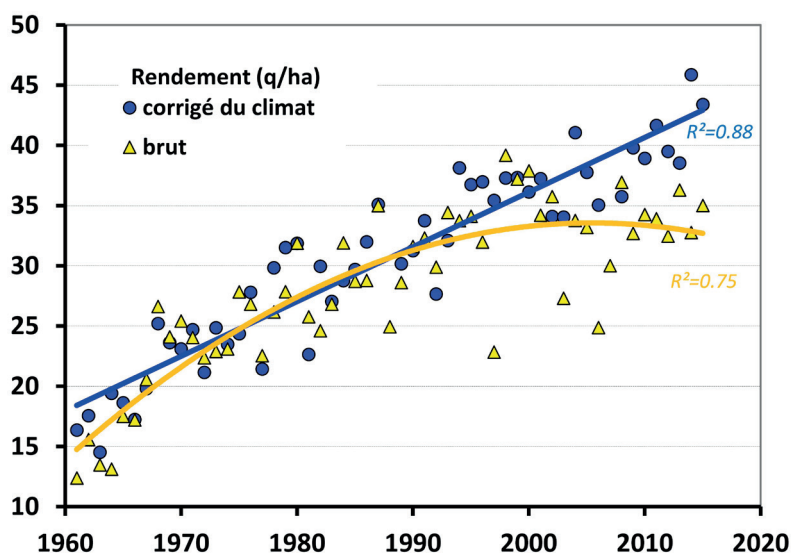


Figure 18. Évolution des rendements de blé dur de 1960 à 2018 (observés en jaune et modélisés sur la base du climat des années 1980 en bleu) pour le sud-est de la France. Le handicap climatique augmente en même temps que la variabilité interannuelle : 2017 est la meilleure année jamais connue et 2018 la pire année connue à ce jour © P. Braun - Arvalis.

Trois axes de travail pour s'adapter

Comme décrit dans le premier chapitre, le climat devrait continuer d'évoluer avec une forte probabilité d'augmentation de la température, du nombre de jours très chauds et une augmentation de la période de sécheresse estivale. Aider les producteurs à s'adapter et à minimiser les effets négatifs du changement climatique apparaît donc comme un axe principal des travaux techniques à conduire. Le travail technique de restauration de la compétitivité des productions (et singulièrement de minimisation des risques d'impacts environnementaux des intrants, engrais et produits phytosanitaires) passe par trois axes à mener de front, car le producteur lui, aura à en faire la synthèse dans ses pratiques de culture au champ :

- diminuer la sensibilité des cultures aux variables météorologiques qui se dégradent : contribuer à rechercher des variétés de blé plus tolérantes au stress hydrique (et thermique en fin de cycle, dans une moindre mesure) et, le plus efficace là où c'est possible, développer l'accès à l'eau en favorisant et en accompagnant une irrigation raisonnée ;
- aider les producteurs à caler un itinéraire technique vertueux (moins de produits phytosanitaires, biodiversité, qualité) adapté à la physionomie de l'année climatique : développement d'outils de pilotage et d'aide à la décision en temps réel pour leurs inter-

ventions au champ ;

- mettre au point des systèmes de culture plus résilients face aux aléas climatiques et plus efficaces vis-à-vis des intrants : filières locales plus rémunératrices qui recréent le lien avec le consommateur, piste du semis direct sous couvert végétal (agriculture de conservation des sols), de l'agriculture biologique, et plus largement d'itinéraires techniques plus diversifiés, valorisant les régulations naturelles et mettant en œuvre moins de produits de synthèse (désherbage mécanique...).



Photo 17. Champ de blé dur sur le plateau de Valensole © Julie Gattacceca.

4.5. Lien entre les représentations du changement climatique des agriculteurs et l'évolution de leurs pratiques

Les agriculteurs sont les premiers touchés par les effets du changement climatique. Cependant, un récent document de travail de la commission européenne a évalué à seulement 1 % les agriculteurs qui s'étaient engagés à changer leurs pratiques en vue de s'adapter au changement climatique. Cette évaluation ne prenait en compte que l'adoption de pratiques prévues par les Mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC). Mais qu'en est-il vraiment ? La modification des pratiques n'est-elle que le résultat de mesures incitatives des politiques publiques ?

Afin de mieux comprendre comment les agriculteurs de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur perçoivent et appréhendent le changement climatique et éventuellement changent leurs pratiques en conséquence, le projet AGROCLIM³⁵ a réalisé des entretiens auprès de 50 agriculteurs de la région. L'échantillonnage intègre la diversité des types de production de l'agriculture régionale : viticulture, horticulture, arboriculture et maraîchage dans les zones de plaines et dans l'arrière-pays littoral, élevage et céréaliculture sèche dans les espaces de moyenne montagne. La méthodologie choisie est qualitative et s'appuie sur une analyse lexicologique et argumentaire du contenu des entretiens. Elle s'attache à mettre en relation les représentations et valeurs des agriculteurs, avec leurs stratégies d'adaptation au changement climatique permettant ainsi de mieux comprendre les motivations qui poussent les individus à agir et le sens qu'ils donnent à l'adoption ou non de nouvelles pratiques.

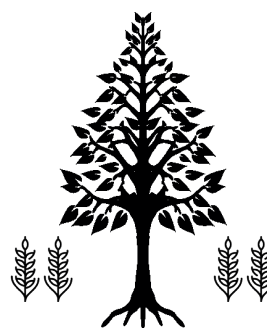
Des pratiques agricoles en transformation

L'analyse des entretiens a révélé que la plupart des agriculteurs s'accorde sur le fait que les changements climatiques observés représentent une tendance durable dont ils doivent tenir compte dans leurs pratiques. Sur les 50 agriculteurs rencontrés, 39 ont déjà adopté au moins un changement de pratiques pour s'adapter au changement climatique. Les pratiques adoptées ne sont pas homogènes et s'échelonnent sur un gradient qui va d'un ajustement ponctuel à la marge à une transformation complète du mode de production de l'exploitation. Parmi ces 39 agriculteurs, la majorité d'entre eux opère des ajustements en réduisant la quantité d'eau

utilisée pour l'irrigation par exemple. Pour une partie, la réduction de la consommation d'eau peut s'accompagner de nouvelles techniques culturales allant de l'introduction de nouvelles espèces, sous forme expérimentale ou non, à la mise en place d'un nouveau travail du sol.

Si certains ajustements sont plus facilement réalisables pour les productions annuelles comme le maraîchage ou l'horticulture, ce n'est pourtant pas la variable du type de culture qui est la plus déterminante dans les changements de pratiques. En effet, au sein de notre échantillon, l'adoption de pratiques d'adaptation (Tableau 2) est davantage liée à l'âge et au niveau d'études. Ainsi, sur les 11 agriculteurs qui n'ont pas adopté de nouvelles pratiques, 9 ont plus de 60 ans, un niveau d'études secondaires et expriment également un certain scepticisme et relativisme quant à l'origine et la pérennité des changements qu'ils ont pu observer ces dernières années. Ils évoquent notamment des épisodes passés de sécheresse ou d'intempéries qu'ils ont déjà vécus, ou que leurs aïeux ont vécus, qui peuvent être rapprochés de ce qu'ils observent aujourd'hui. *A contrario*, sur les 14 qui ont un niveau d'études supérieures, tous ont changé leurs pratiques. Les agriculteurs plus jeunes et plus diplômés adhèrent davantage au discours scientifique sur le changement climatique et expliquent plus directement les modifications météorologiques qu'ils observent comme en étant le résultat.

Mettre au point des systèmes de culture plus résilients face aux aléas climatiques et plus efficaces vis-à-vis des intrants.



³⁵ « Analyse du lien entre les représentations du changement climatique des agriculteurs en région PACA et leurs changements de pratiques », contrat de recherche APOG Région PACA / LPED / ECODEV (2018-2020), responsabilité scientifique : Chantal Aspe.

Type de pratique	Viti-culture	Arbori-culture	Elevage	Céréales	Poly-culture	Horti-culture	Maraî-chage	Total
Économies d'eau	8	7	4	4	2	3	3	30
Introduction de nouvelles espèces	4	2		1		1	2	10
Nouvelles techniques de travail du sol	5	3		1		1	3	13
Conversion partielle ou totale de l'exploitation	2	1	1				2	6
Aucun changement	2	2	3	1	2	1		11

Tableau 2. Pratiques agricoles déclarées d'adaptation au changement climatique sur la base de l'échantillon de 50 entretiens (plusieurs réponses étaient possibles), source : AGROCLIM.

Des changements de pratiques qui prennent sens dans un système de valeurs propre au monde agricole

Les valeurs centrales qui organisent l'idéologie paysanne sont celles appropriées au modèle de l'exploitation familiale traditionnelle : l'autonomie de décision, la propriété de la terre et des moyens de production, la préservation du patrimoine foncier, l'indépendance vis-à-vis des intermédiaires. Ce modèle de production caractéristique des petites et moyennes exploitations, dominant jusqu'à la fin de la Seconde Guerre mondiale, s'est progressivement intégré au sein d'une agriculture modernisée et productiviste mais les valeurs qui lui sont associées perdurent et continuent de fonder un ciment commun au monde agricole. Au sein de ce socle de valeurs communes les questions climatiques et environnementales prennent des formes différenciées.

La première est celle qui vise à améliorer, par les progrès techniques, l'efficacité environnementale de la production agricole. La seconde, minoritaire, conduit à redéfinir le modèle agricole de production en s'inspirant pour ce faire du modèle d'analyse de l'écologie scientifique et propose des systèmes alternatifs de production. La majorité des agriculteurs justifie les changements de pratiques au regard des opportunités en termes d'activités économiques ou de développement de l'exploitation qu'ils peuvent offrir. Mais pour d'autres, l'adoption de nouvelles pratiques renvoie davantage aux contraintes réglementaires ou aux incitations économiques liées aux mesures agroenvironnementales. Enfin, une part, bien que minoritaire mais non négligeable des agriculteurs rencontrés (6 individus sur 50), justifie l'adoption

de pratiques alternatives de production du fait d'un engagement militant ou de convictions personnelles.

Ainsi les cadres réglementaires liés à la prise en charge du changement climatique sont perçus comme des contraintes plus ou moins bien acceptées. Certains agriculteurs ont ainsi souligné que si, au départ, ce changement a été perçu et vécu comme une contrainte, cette incitation avait finalement été bénéfique économiquement pour eux et les avait amenés à reconsidérer leur jugement sur certains aspects environnementaux du travail du sol. Cependant, les agriculteurs qui intègrent ces pratiques économes à leur activité professionnelle ne souhaitent pas pour autant sortir du modèle de production agricole productiviste et la question du rendement économique des cultures reste, dans ce cas, un élément déterminant dans leurs choix.

En contre-point de ce modèle, mais sur un même socle de valeurs issues du monde agricole, se développe un autre type de réponse aux enjeux climatiques. Celui-ci vise à repenser entièrement la pratique agricole non plus sous l'angle d'une maîtrise technique et technologique des processus naturels mais en « travaillant avec la nature » à travers des pratiques de type agro-écologique comme par exemple l'agroforesterie. Jeunes, très diplômés, ils sont pour 4 d'entre eux non issus du monde agricole et pour 2 d'entre eux en reconversion professionnelle. Installés sur des exploitations de petite taille, ce qui les rassemble n'est pas le type de cultures mais la démarche qui les a amenés à devenir agriculteurs. Ces agriculteurs sont aussi en relation, souvent par l'intermédiaire de réseaux militants, avec des chercheurs dont l'enjeu est d'évaluer le fondement écologique de ces pratiques agricoles systémiques.

Avec cette étude, il a été montré que la compréhension des formes d'adaptation au changement climatique au sein du monde agricole nécessite de les situer au regard des systèmes de valeurs portés par les agriculteurs. Les résultats permettent de questionner un mode d'évaluation des changements de pratiques des agriculteurs qui conçoit le changement comme le résultat d'une incitation quasi exclusive des politiques publiques alors que les changements de pratiques, déjà en cours, prennent différentes formes et ont pour origine des déterminismes variés. La prégnance de la référence à l'idéologie paysanne constitue un indicateur de la persistance de l'unité de ce groupe socioprofessionnel dont dépend aussi sa capacité à évoluer et transformer ses pratiques. La force de celle-ci est de pouvoir concilier et justifier des idéologies dont les fondements pourraient être pensés comme contradictoires : d'une

part, la modernisation écologique de l'agriculture qui, en s'appuyant sur le paradigme modernisateur de l'agriculture hérité de l'après-Seconde Guerre mondiale et de la PAC, fait de l'environnement une source nouvelle de croissance et d'autre part, l'approche écologique globale qui cherche à inverser ce modèle et présente l'activité agricole comme ferment possible d'un autre modèle de société.

Les changements de pratiques, déjà en cours, prennent différentes formes et ont pour origine des déterminismes variés.



Photo 18. Pratiques agropastorales dans le Parc naturel régional du Verdon
© PNR du Verdon (source : verdon-info.net).

5. Dégradation de la biodiversité et changement climatique intrinsèquement liés

5.1. Les services rendus par la nature

La biodiversité englobe toutes les formes d'expression de la vie à la surface de la Terre, depuis le niveau génétique jusqu'à celui des habitats ou des écosystèmes, en passant bien sûr par l'ensemble des espèces (bactéries, archées, animaux, végétaux). Mais la biodiversité, c'est avant tout les interactions entre ces différents niveaux d'organisation et les facteurs environnementaux (géologie, climat, etc.) qui constituent le véritable moteur de la structuration et de l'évolution du vivant. Ce vivant est un pilier fondamental du fonctionnement de nos sociétés. En effet, la nature, dans toute sa diversité, lui rend d'innombrables services : elle capte et stocke le carbone de l'atmosphère, et à ce titre elle est également le premier maillon de la chaîne alimentaire ; elle joue un rôle important dans le cycle de l'eau et notamment elle permet la filtration des eaux ; elle stabilise les versants et atténue les risques d'inondation ; elle est essentielle au fonctionnement du système agro-alimentaire, en étant garante de la fertilité des sols, des processus de pollinisation, de la bonne santé des cultures, etc.

« La santé des écosystèmes dont nous dépendons, ainsi que toutes les autres espèces, se dégrade plus vite que jamais. Nous sommes en train d'éroder les fondements mêmes de nos économies, nos moyens de subsistance, la sécurité alimentaire, la santé et la qualité de vie dans le monde entier »,
Sir Robert Watson, président de l'IPBES³⁶.

Depuis quelques dizaines d'années, une érosion sans précédent de la biodiversité est observée au niveau mondial, d'une vitesse et d'une intensité telles que certains experts parlent de 6^{ème} crise d'extinction de masse. En cause ? La forte dégradation des habitats naturels liée aux activités humaines, le mode d'agriculture (usage de produits phytosanitaires, déforestation et uniformisation des milieux), l'urbanisation et tous ses grands aménagements inhérents (infrastructures de transport, carrières, producteurs et fournisseurs d'énergie) qui sont responsables d'une perte considérable de l'intégrité écologique de nos écosystèmes. De plus, le changement climatique, qui jusqu'à présent jouait un

rôle mineur dans l'érosion de la biodiversité, exerce aujourd'hui une pression de plus en plus importante et, selon l'IPBES, devrait causer d'ici 2050 des effets négatifs sur la biodiversité comparables aux pressions imposées par les changements d'usages des terres.

Les enjeux territoriaux autour du changement climatique et de l'érosion de la biodiversité sont intimement liés et ne doivent pas être déconnectés les uns des autres. Le territoire du Parc présente de nombreux espaces naturels remarquables et est engagé dans la lutte contre l'artificialisation, mais il n'est cependant pas exempt de pressions sur les écosystèmes, terrestres et aquatiques, et sur les continuités écologiques :

- le développement de l'urbanisation, bien que très inférieur à la moyenne régionale, s'exprime, sur le territoire du Parc, par une augmentation du tissu urbain discontinu et du bâti diffus, par la pression récente du développement des centrales photovoltaïques³⁷ ;
- la forte fréquentation touristique centrée sur la période estivale et sur certains lieux (notamment concernant les activités de plein air), ainsi que les activités agricoles restent source de pressions importantes, malgré certains efforts ;
- l'augmentation des espaces forestiers, en lien avec la diminution de l'activité pastorale, gagne sur les milieux ouverts et contribue à l'uniformisation de paysages et donc à la perte d'habitats.



Photo 19. Prairie humide à trolles d'Europe et à narcisses des poètes © Dominique Chavy.

³⁶ L'IPBES est l'acronyme anglais de « Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques », organisme mis en place en 2012 sur le modèle du GIEC : <https://ipbes.net>

³⁷ Alisé Géomatique, 2019.

Limiter les pressions, préserver et restaurer la bonne santé de nos écosystèmes mais aussi favoriser la connectivité des habitats, permettra à la biodiversité d'être beaucoup plus résiliente aux effets du changement climatique. De plus, si la biodiversité est menacée par le changement climatique, elle est aussi source de nombreuses solutions, aussi bien en termes d'atténuation des gaz à effet de serre (puits de carbone) qu'en termes de réduction des impacts du changement climatique. Ces solutions fondées sur la nature (SFN) qui s'appuient sur des écosystèmes sains, résilients, fonctionnels et diversifiés, sont susceptibles d'offrir de

nombreux services, aussi bien dans la gestion des risques naturels (effet tampon des versants boisés et des ripisylves), dans le domaine de l'agriculture (agroforesterie), dans l'aménagement de nos villes et villages (réduction des îlots de chaleur par la présence de nature en ville), dans la gestion de la ressource en eau, etc.

Pour être à la hauteur de ces enjeux, nous devons repenser notre rapport à la nature et le positionnement de nos activités en intégrant les interdépendances qui relient la société et le bien-être humain avec la biodiversité.

5.2. Méthodes de gestion pour préserver la biodiversité, l'exemple de la trame verte et bleue

Le PNR du Verdon bénéficie d'une grande variété de milieux (des collines méditerranéennes aux plaines froides du Haut-Var, en passant par les grandes gorges ou le plateau de Valensole) et d'une biodiversité remarquable qui résulte d'une topographie très diversifiée, de conditions écologiques et climatique variées et d'une occupation humaine de longue date (agriculture, pastoralisme, activités forestières...). 2587 espèces végétales sont recensées, soit près des deux tiers de la flore régionale (4313 espèces) dont 65 espèces floristiques endémiques du sud-ouest des Alpes comprenant par exemple la Doradille du Verdon, espèce endémique stricte des gorges du Verdon. Les espèces animales ne sont pas en reste avec, par exemple 23 espèces de chauves-souris sur les 34 dénombrées au niveau ré-

gional, 289 espèces d'oiseaux et 116 espèces d'orthoptères, représentant 64 % de la faune régionale.

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.



PAROLE D'ACTEUR

Georges Olivari, directeur de la Maison régionale de l'eau et membre du conseil scientifique du PNR du Verdon – la Fabrique du Parc du Verdon #Défi n°4 « Faire face au changement climatique » :

« Les changements en termes de biodiversité ne s'expriment pas seulement par des disparitions d'espèces, mais plus généralement par une modification de leurs aires de répartition (...) Certaines espèces ont une aire de répartition extrêmement réduite, alors il faudra agir en priorité et mettre en place des mesures de protection pour consolider les petits réservoirs biologiques, comme, par exemple, les zones de source des milieux aquatiques (...) D'autres espèces vont apparaître sur le territoire, pas seulement des plantes invasives, et apporter des éléments bénéfiques (...) L'évolution de la biodiversité est quelque chose d'éminemment complexe ».

Suite au 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 SRCE³⁸ (intégrés désormais dans les SRADDET³⁹). Concrètement, cela se traduit par des initiatives en matière d'aménagement du territoire qui visent dans une première phase à identifier et cartographier clairement des trames vertes et bleues, 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 vertes et bleues 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 suivi, afin de valider ou d'adapter les dispositifs *a priori* choisis pour faciliter

les continuités écologiques. C'est pour cela que le PNR du Verdon, premier Parc naturel de la région à se lancer dans la démarche, s'est associé à l'Institut méditerranéen d'écologie et de biodiversité (IMBE/Aix-Marseille Université) pour l'épauler dans le développement de la méthodologie d'identification des continuités écologiques. Ce travail de diagnostic et de cartographie est aujourd'hui terminé. Le croisement des regards et des différents diagnostics (agriculture, pastoralisme, forêt, paysage, biodiversité) a permis de dessiner une trame verte et bleue adaptée aux enjeux du territoire.

La mise en place des trames écologiques doit être un élément structurant majeur d'une véritable politique d'aménagement intégrée, tant à l'échelle des territoires locaux qu'à celle du territoire national, voire européen. Elle concerne ainsi, directement ou indirectement, tout citoyen. Elle doit être l'occasion de concertations et réflexions communes afin d'élaborer un socle de valeurs communes démocratiquement validées.



³⁸ Schéma régional de cohérence écologique.

³⁹ Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires.



Zoom 6. Premiers signes de l'effet du changement climatique sur l'aire de répartition des papillons Apollon sur le territoire du PRNV

L'Apollon (*Parnassius apollo*, Photo 20) et le Semi-Apollon (*Parnassius mnemosyne*) sont deux papillons emblématiques des montagnes du Verdon que l'on retrouve au sein des milieux ouverts et semi-ouverts d'altitude, des pelouses ou éboulis ensoleillés riches en Crassulacées (*Sedum* et *Sempervivum*) dont se nourrissent les chenilles. Dans le cadre de l'élaboration de la trame verte et bleue du Parc, un état des lieux des populations réalisé en 2016 et 2017 montre que les secteurs historiques sont toujours occupés par ces deux espèces et que les populations sont encore relativement bien connectées entre elles. Cependant, le cycle de développement de ces papillons est largement soumis aux conditions climatiques et les dernières observations montrent que le changement climatique semble déjà à l'œuvre. Une remontée en altitude des populations d'Apollon et Semi-Apollon, respectivement de plus de 400 et 150 m, est observée sur les relevés couvrant une période de cinquante ans ; lors des relevés de 2016-2017, aucune observation n'a été faite en dessous de 1000 m (Figure 19). De plus, un décalage d'environ 2 semaines concernant la période de vol est également observé. Avant les années 2000, les papillons en vol n'étaient jamais observés avant début juin, alors qu'à l'occasion des inventaires de 2016-17, des observations ont été faites dès la mi-mai.



Photo 20. L'Apollon © D. Chavy.

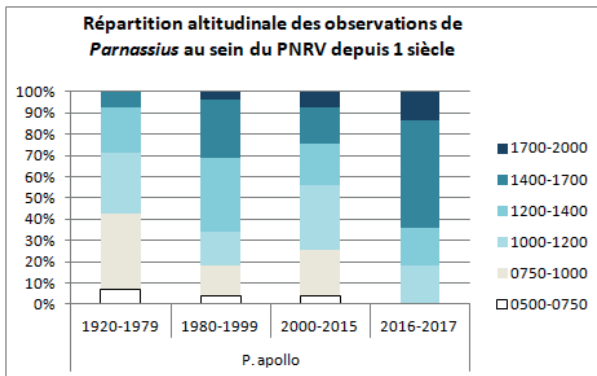


Figure 19. Évolution des observations de l'Apollon par tranche altitudinale © Raphaël Colombo.

Ces dernières observations seraient les premiers signes d'une diminution et d'une fragmentation de l'aire de répartition des Apollons en lien avec le changement climatique. Fermeture des milieux, évolutions des pratiques pastorales et impact du changement climatique sur les prairies, diminution de la ressource alimentaire des papillons, viennent également s'ajouter aux pressions exercées par le climat. Cet exemple montre bien la pertinence et l'importance d'étudier, conserver et favoriser les continuités écologiques afin de laisser aux espèces le maximum de chances de se déplacer et pouvoir s'adapter aux changements climatiques.

exercées par le climat. Cet exemple montre bien la pertinence et l'importance d'étudier, conserver et favoriser les continuités écologiques afin de laisser aux espèces le maximum de chances de se déplacer et pouvoir s'adapter aux changements climatiques.

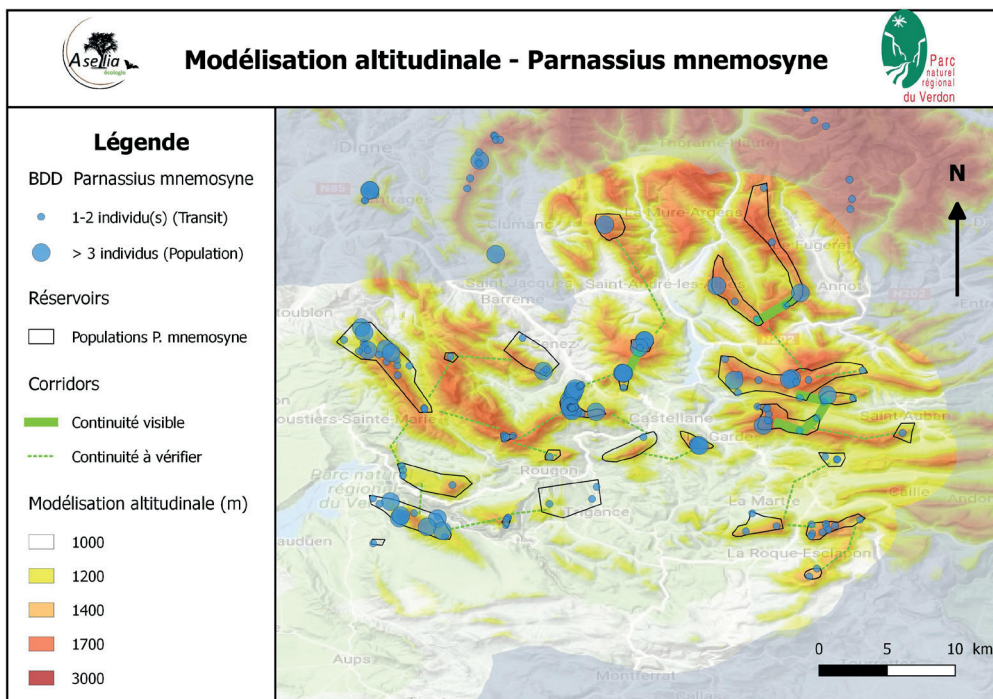


Figure 20. Essai de trame verte pour le Semi-Apollon (*Parnassius mnemosyne*), source : Raphaël Colombo, Asellia écologie.

5.3. Le double rôle des sciences participatives : recueil de données scientifiques et mobilisation du public (Observatoire des saisons Provence et Phénoclim)

Les effets du changement climatique sur la biodiversité sont encore mal connus, car ils sont parfois difficiles à percevoir et à dissocier des autres facteurs anthropiques. Ils sont aussi très variables selon les profils des territoires et les capacités d'adaptation des espèces. Améliorer nos connaissances reste une clé fondamentale pour mieux comprendre et évaluer les impacts du changement climatique sur la biodiversité, démarche nécessaire pour une meilleure anticipation et la mise en place de politiques efficaces sur le long terme en faveur de la biodiversité.

Pour compléter leurs dispositifs de suivi et d'expérimentations, les scientifiques ont développé des programmes de sciences participatives reposant sur l'implication des citoyens, dans l'objectif d'acquérir un plus grand nombre de données sur un territoire beaucoup plus large. Malgré des limites liées à la difficile fidélisation des participants, aux questions éthiques et méthodologiques (notamment celle de la fiabilité des données récoltées, parfois atténuées par leur grand nombre), les sciences participatives constituent un moyen privilégié d'interaction entre science et société. Les scientifiques y voient un moyen d'accroître la connaissance sur le temps long par la récolte de données régulières, l'opportunité de multiplier les analyses, mais ils ont aussi à travers cette démarche une réelle volonté de former, sensibiliser et mobiliser les citoyens aux questions environnementales : impliquer et pas seulement expliquer. Deux programmes de science participative, ayant pour objectif le suivi et l'étude de la phénologie, couvrent le territoire du Verdon : l'Observatoire des saisons (ODS), créé en 2007 pour les zones de plaines, et Phénoclim, créé en 2004 pour les zones de montagne (Figure 21). La phénologie est l'étude des événements saisonniers qui rythment la vie des organismes. Chez les végétaux, cela concerne par exemple la feuillaison, la floraison. Ces événements sont liés à certains paramètres climatiques, principalement la température. Le renseignement des dates d'apparition de ces différentes phases de développement est un outil essentiel de suivi pour caractériser les effets du changement climatique sur les plantes, ainsi que leurs processus d'adaptation et de résilience. Ces relevés phénologiques permettent aux scientifiques de réaliser des indicateurs biologiques de

suivi d'un territoire face au changement climatique. Par exemple, Phénoclim produit après chaque printemps et automne des indices saisonniers par territoire.

Dans le cadre de ces deux programmes, les citoyens sont invités à suivre ces événements au cours des saisons à partir d'une liste d'espèces préétablie. Le protocole mis en place est simple et facile d'accès, ouvert à tous, avec ou sans connaissances naturalistes. Les documents nécessaires à sa mise en place (dont le protocole et les fiches d'identification des espèces et des événements à suivre) sont disponibles en ligne gratuitement. Les observations sont saisies en ligne par les participants sur le site et peuvent être visualisées sur cartes et graphiques par tout.e.s pour un retour direct. Outre leur utilité scientifique (ces données ont déjà fait l'objet de publications scientifiques⁴⁰), ces observations phénologiques sont de fréquents témoignages des citoyens sur les changements environnementaux qu'ils peuvent percevoir. L'ODS et Phénoclim permettent donc aux participants de partager et valoriser les connaissances à travers leurs observations passées et/ou à venir.



Figure 21. Couvertures géographiques respectives des initiatives ODS et Phénoclim sur les Alpes-de-Haute-Provence, source : OpenStreetMap, ODS et Phénoclim © Crea-MontBlanc.

⁴⁰ Par exemple : Bison M., Delestrade A., Carlson BZ., Yoccoz NG. (2018). Comparison of budburst phenology trends and precision among participants in a citizen science program. *International Journal of Biometeorology*.



Zoom 7. Les inventaires citoyens de la biodiversité sur le territoire du PNR du Verdon

Dès 2012, le Parc naturel régional du Verdon fut précurseur dans la région en anticipant les initiatives autour des atlas de la biodiversité communale (ABC) et en animant sur son territoire les inventaires citoyens de la biodiversité. Le dispositif est aujourd'hui animé par l'Office français de la biodiversité.

De 2012 à 2018, 6 communes du Parc ont participé à la démarche. Les élus du Parc ne l'ont pas voulu seulement comme une démarche d'amélioration des connaissances, mais également comme une démarche de mobilisation citoyenne autour des enjeux de biodiversité et de partage des connaissances, en faisant participer les habitants aux inventaires. Le défi était de faire changer les regards sur la biodiversité dont les enjeux de conservation sont encore trop souvent perçus comme contraignants pour l'aménagement du territoire, mais aussi de forger un regard nouveau sur la nature dite « ordinaire » ou « commune », aujourd'hui moins bien connue et malmenée. Les autres avantages de cette démarche étaient de générer du lien social et intergénérationnel autour des questions de préservation de la biodiversité et d'être un facteur de dynamisme communal.

Ces inventaires citoyens de la biodiversité ont été unanimement plébiscités, mais ils représentent un coût non négligeable lié à l'animation territoriale afin de travailler en étroite relation avec les habitants tout au long d'une année. Les contraintes financières rendent la vie dure à ces démarches qui se développent sur le long terme. Néanmoins, pleinement conscient du fort potentiel des sciences participatives et de la nécessité de permettre aux habitants d'être davantage acteurs de leur territoire, le Parc cherche, à l'aube de sa prochaine charte, à redéfinir un projet dont la participation citoyenne serait un pivot dans sa stratégie de préservation de la biodiversité.



Photo 21. Le Mourre de Chanier (1930 m), point culminant du Parc naturel régional du Verdon © Dominique Chavy.

6. La transition écologique : une opportunité pour faire évoluer nos modes de vie et nos pratiques

Comme exposé dans les chapitres précédents, le changement climatique est une réalité déjà présente avec des conséquences visibles sur les ressources en eau, les activités agricoles et les écosystèmes en général. Des conséquences sur nos modes de vie sont également à attendre, au niveau individuel et collectif, dans notre vie de tous les jours et au sein de nos activités professionnelles. Des effets directs sur la santé et notre bien-être sont aussi perceptibles et devraient se renforcer. Le changement climatique fera aussi évoluer nos pratiques individuelles et collectives, en termes de transports, d'alimentation, de loisirs et de pratiques professionnelles. Lutter contre le changement climatique et s'adapter à ses conséquences constitue finalement une opportunité majeure, pour notre société en général et pour le territoire du Parc en particulier, de penser autrement nos modes de vie : maîtriser les consommations d'énergie, favoriser les énergies renouvelables, développer des modes de déplacement collectifs ou actifs non motorisés comme le vélo et la marche, repenser notre urbanisation en limitant l'artificialisation des espaces naturels et agricoles, renouer avec des régimes alimentaires et des pratiques agricoles moins consommatrices d'eau et d'énergie... Toutes ces actions ont l'avantage d'être sources de nombreux « co-bénéfices » notamment en matière de santé et d'attractivité des territoires. Ce chapitre présente de façon transversale, mais non exhaustive à l'instar des autres chapitres, des réflexions et des retours d'expériences sur les différents leviers nécessaires à ces changements, concernant la transition, voire la transformation, écologique et énergétique sur le territoire du Parc.

6.1. Santé, bien-être et alimentation face au changement climatique

Les effets du changement climatique sur la santé sont de plus en plus préoccupants. Il est aujourd'hui scientifiquement admis qu'avec la hausse des températures, la fréquence et l'intensité des événements climatiques extrêmes, *i.e.* canicules, incendies, sécheresses, inondations, augmentent et continueront à augmenter ces prochaines décennies, avec des coûts humains et économiques croissants. Les conséquences psychosociales (stress post-traumatique, anxiété, dépression, etc.) de tels épisodes climatiques, à ne pas négliger, s'aggraveront elles aussi. Si les grandes métropoles sont particulièrement vulnérables au changement climatique et notamment à la hausse des températures, à travers les îlots de chaleur urbains (ICU) qui limitent le refroidissement de l'air la nuit en ville, et les inondations liées à l'imperméabilisation des sols, les zones rurales ne sont pas épargnées par ces effets. Les risques d'inconfort thermique concernent également les petites villes et villages. Les canicules, qui sont les événements qui ont le plus d'impact sur la santé, touchent plus particulièrement les personnes âgées et celles présentant déjà des troubles cardio-vasculaires mais également les travailleurs en extérieur (agriculteurs, ouvriers des bâtiments et travaux publics...) et les touristes.

En 2100, deux Européens sur trois pourraient ainsi être directement affectés par les événements climatiques extrêmes. Sur l'ensemble des événements recensés, les vagues de chaleur s'avéreront les plus meurtrières, causant près de 99 % des décès attendus. Pour rappel, la vague de chaleur en 2003 a été responsable de plus

de 70 000 morts en Europe (15 000 en France).

Au-delà de ces effets directs liés à la chaleur et aux événements extrêmes s'ajoutent des effets liés à 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...) et de la pollution de l'air (ozone) 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.

L'alimentation, elle aussi, s'inscrit au cœur de ces problématiques liées au changement climatique et à ses impacts sur la santé. Elle est à la fois contributrice au changement climatique, victime de celui-ci et représente un levier d'actions central pour les territoires en quête d'atténuation et d'adaptation.

« Les émissions de gaz à effet de serre issues de l'alimentation des ménages en France s'élèvent à 163 Mt eqCO₂, soit près d'un quart (24 %) de l'empreinte carbone des ménages », Club Ingénierie Prospective Énergie et Environnement, janvier 2019.

Elle contribue au changement climatique, via l'ensemble de la chaîne de production alimentaire (production, transformation, transport) qui génère quasiment un tiers des émissions mondiales de CO₂. De plus, certaines pratiques agricoles participent également activement à l'érosion de la biodiversité, à la dégradation de la fertilité des sols et à la pollution des nappes et cours d'eau.

Le secteur de l'alimentation est également une victime du changement climatique et de l'érosion de la biodiversité. Il pâtit des sécheresses et de la hausse des températures qui affectent les rendements agricoles avec des conséquences sur la qualité nutritionnelle et les quantités produites. Or, si la qualité des aliments diminue, c'est la santé et le bien-être des citoyens qui en subiront les conséquences. De par cette double position, de source de gaz à effet de serre et de victime du changement climatique, mais aussi de par son rôle central sur nos territoires en termes d'économie, de santé, de paysages, etc., l'alimentation s'avère être un puissant levier d'actions pour améliorer la résilience et la qualité de vie au niveau territorial.

Santé et alimentation, des leviers importants de transition écologique

Faire évoluer les modes de production, les circuits d'approvisionnement et les modèles économiques autour de l'alimentation est source de multiples bénéfices. Par exemple, favoriser des pratiques agro-écologiques sur un territoire permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre, de séquestrer plus de carbone dans les sols, d'améliorer l'infiltration de l'eau, d'obtenir des cultures plus résilientes vis-à-vis des effets du changement climatique, de préserver la biodiversité, de limiter les pollutions et de fournir une alimentation plus saine et de proximité. Le développement des circuits courts peut jouer plusieurs rôles et favoriser l'écologisation⁴¹ des pratiques agricoles. Il s'agit, d'une part, de sécuriser les débouchés (exemple : approvisionnement de points de restauration collective), ce qui permet aux agriculteurs de prendre des risques et de moins traiter et, d'autre part, de recréer du dialogue entre producteurs (élément essentiel pour enclencher et maîtriser un changement de pratiques), mais aussi entre producteurs et consommateurs pour encourager les producteurs dans leurs changements de pratique et sensibiliser les consommateurs sur les nouveaux enjeux alimentaires.

De la même manière, la santé peut jouer un rôle de levier important dans la mise en œuvre des politiques de transition écologique. Intégrer ces mesures dans un cadre positif de promotion du bien-être, de la santé et du lien social, par exemple, facilitera l'acceptation et l'implication de la population dans la mise en place des démarches d'atténuation et d'adaptation des territoires. Ceci passe, entre autres, par des démarches originales au plus près des populations (« écoles oasis », transports gratuits, école du vélo, etc.) et aussi par une communication accrue sur les co-bénéfices en terme de santé, de bien-être et d'attractivité des territoires.



Photo 22. Marché des producteurs © Luc Courtill.

En 2100, deux Européens sur trois pourraient être directement affectés par les événements climatiques extrêmes. Parmi les événements recensés les vagues de chaleur s'avéreront les plus meurtrières, causant près de 99 % des décès attendus.



⁴¹ Désigne les processus par lesquels l'environnement est pris en compte dans les politiques publiques, dans les organisations, voire dans les pratiques professionnelles.



PAROLE D'ACTEUR

Draguignan – Santé & changement climatique, Bernard Bonnabel, adjoint délégué à la Santé et Danielle Adoux-Copin, adjointe déléguée à l'Urbanisme et à la Transition écologique et solidaire :

« Les effets du changement climatique influent sur les enjeux de santé publique. L'augmentation des températures induit un accroissement des périodes de sécheresse et favorise les pics de pollution qui sont tous deux des facteurs aggravants des allergies aux pollens. C'est pourquoi la ville a remplacé les arbres plantés, notamment dans les écoles, par des espèces non allergènes et adaptées à notre climat.

Dans l'objectif d'une meilleure prise en charge des patients, le centre hospitalier de la Dracénie réalise des relevés polliniques locaux, dont les résultats sont consultables sur le site ch-dracenie.fr

Les périodes de canicule sont également plus fréquentes. Ainsi, la commune a engagé un plan de lutte contre les îlots de chaleur urbains. Il se traduit par la plantation de 200 arbres par an incluant des arbres fruitiers, en partenariat avec le Parc naturel régional du Verdon, la création de jardins partagés en ville et l'incitation des promoteurs immobiliers à inclure des toits végétalisés dans leurs projets. Dans la même dynamique, la commune investit dans la rénovation énergétique des bâtiments communaux, dont ses écoles.

En outre, Draguignan est ville pilote dans le projet « Zéro artificialisation nette ». Proposé aux villes labellisées « Action cœur de ville » et inscrit au Plan national pour la biodiversité, ce projet vise à trouver de nouvelles méthodes de travail afin de réconcilier urbanisme et espaces naturels ».

6.2. Le secteur touristique ne doit plus attendre pour se réinventer et s'adapter au changement climatique

Le territoire du Parc naturel régional du Verdon, grâce à son patrimoine et ses paysages naturels remarquables, à l'image des gorges du Verdon, ou façonnés par l'homme comme le plateau de Valensole, grâce aussi aux attraits balnéaires offerts par ses cinq grands lacs artificiels, est un pôle d'attractivité touristique incontournable de la région. Le secteur touristique génère ainsi de nombreux emplois et des retombées économiques directes et indirectes importantes⁴² pour le territoire. Malgré une notoriété touristique très orientée « nature » et une quête d'authenticité de plus en plus marquée, la gestion des flux de visiteurs pose certaines difficultés. En effet, le tourisme est caractérisé, sur le territoire, par une fréquentation centrée principalement sur la période estivale et concentrée sur certains sites emblématiques (lacs, villages, gorges...).

Malgré une offre touristique qui se diversifie et tente de développer les « ailes de saison », la surfréquentation pose des problèmes croissants de gestion des flux sur certains sites et villages avec des conséquences sur le

maintien de la qualité des milieux naturels mais aussi sur la qualité de vie des habitants.



Photo 23. Lac de Sainte-Croix © Julie Gattacceca.

⁴² 1780 emplois par mois en moyenne sur l'année, soit environ 1/5 de l'emploi total (hors agriculture et fonction publique d'État) et les retombées économiques sont évaluées à 328 millions d'euros par an (estimation de 2011).

Au-delà des problèmes de surfréquentation et de valorisation économique de l'activité touristique, le secteur devra dorénavant composer avec la perspective du changement climatique. En effet, si à un horizon de 20 à 30 ans les effets du changement climatique sur le secteur peuvent apparaître comme relativement modérés, à un horizon de 50 ans et plus, ils seront nettement plus importants et susceptibles d'influer sur l'attractivité touristique du territoire. Les impacts du changement climatique pourraient s'exercer sous différentes formes :

- **l'accessibilité à la ressource en eau et les conflits d'usages.** Si la part du tourisme dans la consommation d'eau est actuellement relativement modeste dans cette région par rapport à d'autres secteurs d'activités, le secteur du tourisme n'est pas à l'abri de tensions concernant l'accessibilité à la ressource, notamment en été, période durant laquelle la fréquentation touristique est la plus importante. La pression du tourisme étant la plus forte au moment où les ressources en eau sont rares, les conflits d'usages avec les autres secteurs économiques (agriculture, énergie, industrie, etc.) ne sont pas à exclure avec des conséquences sur l'approvisionnement pour la consommation courante (l'eau potable et sanitaire pour les hébergements, espaces verts, etc.), mais aussi sur les activités de loisirs. Par exemple, la régulation des débits par l'activité des barrages en période de sécheresse est susceptible de restreindre la pratique des sports d'eau vive et de créer des reports de visiteurs vers d'autres sites déjà très fréquentés. C'est déjà le cas dans d'autres régions méditerranéennes vivant du tourisme, en Tunisie ou au Maroc ;
- **l'augmentation des épisodes méditerranéens et des incendies.** Les feux de forêts et les épisodes de pluies violentes, dont les occurrences augmentent avec l'élévation des températures, peuvent avoir des conséquences multiples sur le secteur touristique : risques aux personnes, destruction d'infrastructures (transports, hébergements...), mais aussi modification et perte d'attraits des paysages. Leurs impacts dépendront des caractéristiques géographiques du territoire mais aussi de la vulnérabilité spécifique de la clientèle touristique en lien avec les types d'hébergement : par exemple, les terrains de camping implantés en situation isolée dans le milieu naturel sont plus vulnérables que les infrastructures en dur intégrées au tissu urbain. Dans le cas du risque accru d'incendie, la fermeture des massifs en période d'alerte entraînera également du report de fréquentation sur d'autres sites potentiellement saturés. Le degré de connaissance et de perception des touristes vis-à-vis de ces risques locaux et des

comportements à adopter en cas de crise est un facteur à ne pas négliger ;

- **la variation de l'aléa climatique et l'augmentation des températures et des vagues de chaleur plus fréquentes.** L'augmentation importante des températures est associée à une augmentation du nombre de jours très chauds ($T > 35^{\circ}\text{C}$) et de la fréquence de vagues de chaleur durant la période estivale avec des conséquences, déjà observées lors de la canicule de 2019, sur la santé de la clientèle la plus vulnérable et sur la pratique des activités sportives de plein air. Les activités de randonnée à pied ou à vélo sont susceptibles d'être perturbées par la fermeture plus fréquente des massifs forestiers en lien avec le risque incendie et du fait de la chaleur qui impose une difficulté physique supplémentaire ;
- **un changement de destination et de comportement touristique.** La canicule de 2019 et, de façon plus sensible, la crise sanitaire du COVID-19 ont déjà eu des répercussions sur le comportement des touristes : augmentation des réservations de dernière minute, raccourcissement des durées de séjour, changement de destination et recherche d'un tourisme « nature » et responsable de plus en plus marquée. Dans ce contexte de changement climatique, le secteur touristique du territoire, avec ses espaces lacustres, ses zones de montagne et une offre de tourisme déjà fortement orientée vers la nature, pourrait bénéficier de ces changements de comportement, mais devra néanmoins s'adapter au caractère de plus en plus imprévisible de la clientèle.



Photo 24 - Gestion des flux touristiques aux abords des sites hyper fréquentés : mise à disposition par le Parc d'une navette desservant le sentier emblématique Blanc-Martel © PNR du Verdon.

« 7 Français sur 10 souhaitent partir en voyage durable », étude Harris Interactive (2018).

Les premières manifestations de changement de comportement observées avec la crise sanitaire et l'importance des enjeux à l'échéance d'une quarantaine d'années obligent les territoires à se questionner, dès aujourd'hui, sur la viabilité et la durabilité des activités récréo-touristiques⁴³ en place. Les défis sont multiples : ils résident à la fois dans l'adaptation aux aléas climatiques, la transformation vers une offre plus vertueuse en termes d'émissions de GES, une meilleure connaissance conduisant au respect et à la protection de la biodiversité. Le secteur gagnera à s'orienter vers une diversification des activités proposées et à répondre aux nouvelles attentes des touristes de plus en plus sensibles aux engagements des entreprises en faveur des actions d'adaptation aux aléas climatiques et pour proposer des offres perçues comme « authentiques » et vertueuses vis-à-vis du climat et de la biodiversité. Il va donc falloir faire preuve de créativité pour allier confort et fraîcheur en développant des solutions bioclimatiques et des couverts végétaux adaptés à la typologie d'infrastructures (comme dans les campings), en valorisant les circuits courts, les savoir-faire locaux et le patrimoine naturel. L'offre de mobilité alternative à la voiture individuelle, en favorisant des transports multimodaux « attractifs », devra être développée pour les séjournants et excursionnistes, notamment sur les derniers

kilomètres, pour diminuer la pression sur certains sites.



Photo 25 - Brochure « 10 idées de sorties en montagne sans voiture dans le Verdon », une initiative de l'association Mountain Wilderness et du Parc du Verdon.

Les acteurs de la filière touristique pourront s'appuyer sur le Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC-2) dont l'un des objectifs est, à travers le partage des connaissances, d'accompagner les différentes filières dans le développement d'activités résilientes et respectueuses des écosystèmes, et sur le plan climat régional qui a la volonté de faire de l'écotourisme une filière innovante, expérimentale et exemplaire, ainsi qu'un levier vertueux du développement de l'économie rurale.

6.3. Transports et mobilité

Sur le territoire du PNR du Verdon, les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont parmi les plus faibles de la région. Elles fluctuent entre 200 et 250 kilotonnes équivalent CO₂ de GES par an, soit environ 0,5 % des émissions régionales. En termes de bilan, le secteur du transport routier contribue entre 40 et 45 % aux émissions de GES sur le Parc (30 % à l'échelle régionale), suivi par le secteur résidentiel (environ 10-15 %). Il existe une forte hétérogénéité au sein même du Parc, avec le transport routier qui représente entre 50 et 80 % des bilans d'émissions sur plus d'un tiers des 46 communes du territoire d'après les données de 2018⁴⁴.

En raison de la forte ruralité de leur territoire et de ses contraintes naturelles spécifiques qui compliquent l'offre de transports en commun, les résidents du Parc sont fortement dépendants de la voiture dans leurs déplacements, réalisant des distances souvent importantes

entre le domicile et les zones d'activité et de services. À cette utilisation quotidienne de la voiture s'ajoute celle saisonnière des touristes et des résidents secondaires, avec plus de 80 % d'entre eux qui utilisent majoritairement leur voiture pour se rendre au sein du Parc et s'y déplacer.

À l'ouest du Parc, près de la moitié des actifs sort du territoire pour atteindre les bassins d'emplois connexes (Figure 22).

Sur le territoire du PNR du Verdon, les émissions de GES sont parmi les plus faibles de la région. Elles fluctuent entre 200 et 250 kilotonnes équivalent CO₂ de GES par an, soit environ 0,5 % des émissions régionales.

⁴³ Néologisme québécois englobant à la fois les secteurs du tourisme (d'agrément et d'affaires) et les loisirs.

⁴⁴ Les estimations prennent en compte les trois principaux GES : dioxyde de carbone (CO₂), méthane (CH₄) et protoxyde d'azote (N₂O) pour les 8 secteurs d'activité de la nomenclature PCAET (résidentiel, tertiaire, transport routier, autres transports, agriculture, déchets, industrie hors branche énergie, branche énergie). Source : « Base de données CIGALE – Observatoire régional de l'énergie, du climat et de l'air (ORE-CA) Provence-Alpes-Côte d'Azur / inventaire AtmoSud », inventaire v6.4 publié le 2020-12-15.

De récentes études des flux pendulaires des navetteurs interurbains estiment qu'un actif interurbain émet en moyenne quatre fois plus de CO₂ qu'un intra-urbain⁴⁵. Le coût de cette pratique est conséquent pour ces actifs navetteurs de longue distance, dont la distance domicile-travail a augmenté régulièrement d'environ 10 % entre 1999 et 2013. Par exemple, sur le territoire de Provence Verdon, 25 % des actifs travaillent à plus de 40 km, générant 67 % des distances domicile-travail, soit 144 200 km (sur la base des données INSEE 2014).

Dans les zones rurales très peu denses à l'est du territoire, zone où la pauvreté est plus marquée, le manque de services et d'équipements de proximité accentue la forte dépendance à la voiture. Cette dépendance à la voiture engendre, certes, des répercussions environnementales bien établies, mais également une pression économique sur des personnes déjà en situation de précarité. La mobilité se doit d'être repensée, mais une solution alternative unique à la voiture sur un tel territoire est difficile à imaginer et les mesures envisagées se doivent d'être mesurées aussi dans leurs répercussions économiques.

Il est nécessaire d'une part de s'appuyer sur le parc automobile existant avec le développement de services de covoiturage dans les zones les moins peuplées (à l'instar du programme d'expérimentation d'une plateforme de covoiturage « Mobilité en Ruralité » engagé par la communauté de communes Lacs et Gorges du Verdon). D'autre part, les leviers pour le territoire du Parc passent par un engagement profond dans le renforcement de services de proximité permettant l'accès par d'autres moyens de transport (marche et vélo), le développement d'espaces de « coworking » (un seul espace dédié pour l'heure, à Riez, Photo 26), du télétravail par l'élaboration de programmes territoriaux associant entreprises et administrations, l'amélioration des migrations pendulaires entre les bassins de travail et le Parc, le développement d'un tourisme doux, avec, sur ce dernier point, la promotion de séjours ou excursions sans voiture.

D'un point de vue économique, le développement de tarifications simples et avantageuses sur les transports en commun, et le remplacement progressif du parc automobile par des véhicules moins polluants et moins consommateurs, devront être préférées à des solutions

dures de taxation des véhicules et des carburants. La mise en place de ces changements de pratiques exige une évolution des mesures d'éducation et d'information, encore trop souvent culpabilisantes et généralistes. Certaines études ont montré que les programmes de changement de comportements de mobilité individualisés sont plus efficaces que des campagnes de communication collective. Il s'agit d'encourager, de manière volontaire, les changements de pratiques de mobilité vers une réduction de l'usage individuel de la voiture, en accompagnant les usagers dans la connaissance et l'expérience des alternatives possibles, en fonction de leurs habitudes de pratique. De telles approches restent limitées en France, mais les retours montrent qu'elles permettent *a minima* de s'emparer de la question de la mobilité et implanter une dynamique à même de répondre plus efficacement aux besoins locaux⁴⁶.



Photo 26. Exemple de tiers-lieu : l'espace de coworking « Le lieu-dit » à Riez © PNR du Verdon.

La dépendance à la voiture engendre, certes, des répercussions environnementales bien établies, mais également une pression économique. La mobilité doit être repensée.

⁴⁵ Calculs réalisés par Conti Benoit (2019) pour les déplacements domicile-travail des résidents des aires urbaines grandes et moyennes en France (hors Paris), sur la base de données INSEE 2010 et ENT D 2008.

⁴⁶ Depuis octobre 2019, la démarche France Mobilités propose un appui à l'ingénierie des solutions de mobilité dans les territoires peu denses pouvant représenter un soutien d'accompagnement. Le plan de mobilité rurale du CEREMA a également publié un recueil de pratiques et retours d'expériences mises en œuvre en France.

Principaux flux quotidiens domicile-travail

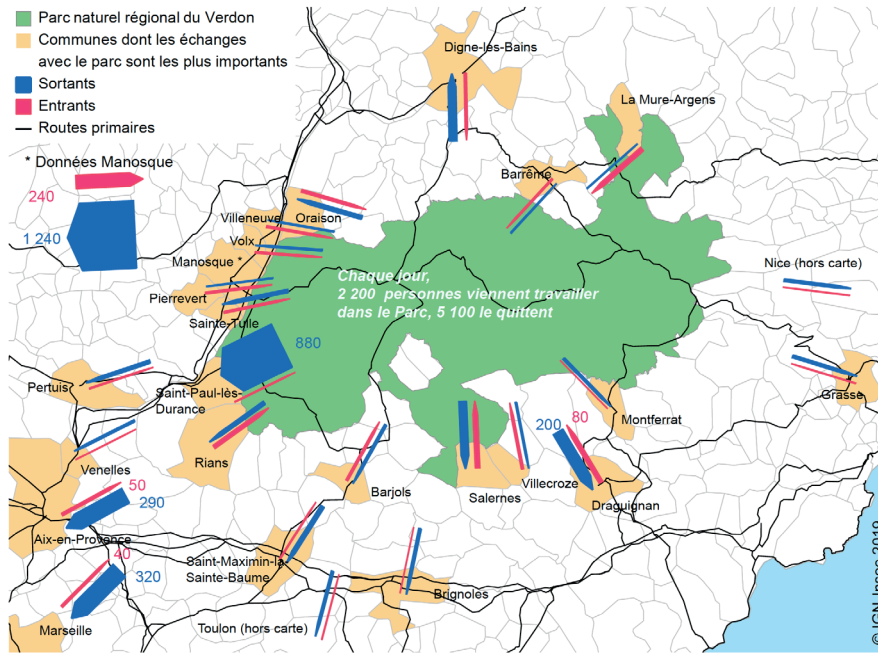
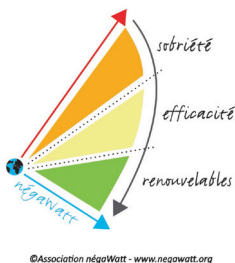


Figure 22. Principaux flux quotidiens domicile-travail dans le territoire du Parc du Verdon.

Quotidiennement, 1240 habitants du PNR du Verdon se rendent à Manosque pour y exercer leur activité professionnelle (240 habitants de cette même commune viennent dans le Parc pour y travailler). Le Parc subit en partie les influences extérieures de Manosque, Saint-Paul-lès-Durance, et dans une moindre mesure de la métropole Aix-Marseille-Provence. Source : Insee, recensement de la population 2015. Carte issue de la fiche *Insee Analyses Provence-Alpes-Côte d'Azur N°75* (Septembre 2019).

6.4. Les enjeux énergétiques dans le Parc naturel régional du Verdon



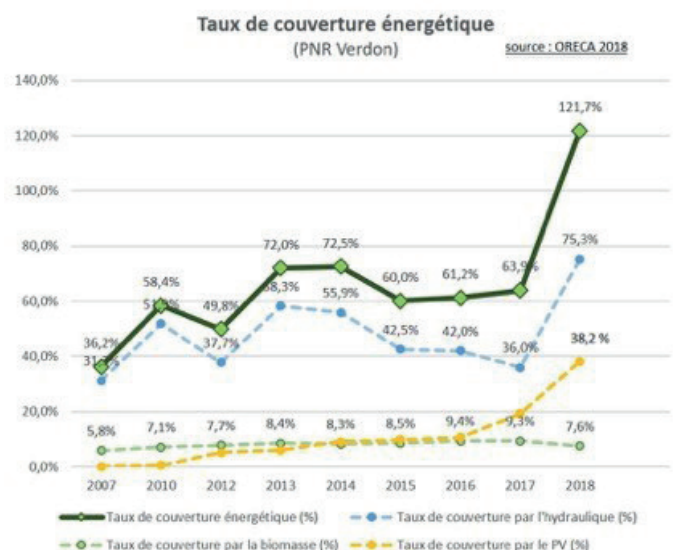
Le Parc naturel régional du Verdon s'est saisi, depuis le milieu des années 2000, de la question énergétique. Au travers de la production d'énergie renouvelable et d'actions de maîtrise de l'énergie, une solution durable est apportée pour réduire

les émissions de GES et limiter ainsi l'augmentation de la température à l'échelle mondiale à maximum 2 °C. Pour ce faire, le territoire a adopté la démarche NégaWatt, c'est-à-dire concilier réduction de la consommation d'énergie (sobriété, efficacité), stockage et production d'énergie renouvelable. Par ailleurs, le Parc s'est engagé, comme l'ensemble des PNR français, dans la démarche collective « autonomie énergétique à l'horizon 2030 ».

Le Parc du Verdon possède les ressources adéquates pour diversifier son mix énergétique : l'eau, le vent, le soleil, les résidus agricoles valorisables, la biomasse

forestière. De plus, comme de nombreux territoires ruraux, la majorité des résidences du Parc sont des maisons individuelles, propices aux installations d'énergie renouvelable de petite échelle. La diversité et complémentarité entre les énergies disponibles sur le territoire permet d'assurer une production continue et répondre substantiellement aux besoins énergétiques.

Figure 23. Taux de couverture énergétique pour la période 2007-2018 (source : ORECA).



C'est la production des barrages hydroélectriques et le photovoltaïque au sol qui assurent majoritairement la production d'énergie électrique (94 % en 2018), le photovoltaïque au sol connaissant une très forte progression alors que la production hydroélectrique reste relativement stable. À ce jour, le territoire est largement excédentaire du point de vue de ses besoins en électricité (production plus de quatre fois supérieure). Le taux de couverture énergétique, toutes énergies confondues, est positif depuis 2018 (121,7 %), mais le territoire reste toujours énergétiquement dépendant des énergies fossiles (source : ORECA 2018, Figure 23 page précédente).

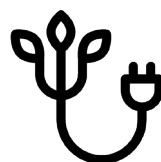
Sur ce territoire aux potentiels importants, la production d'énergie renouvelable a été le plus souvent subie, depuis l'ère des grands barrages (années 70) et plus récemment avec l'avènement du photovoltaïque de grande puissance au sol. Concernant ce dernier, l'acceptabilité sociale diminue au fur et à mesure que l'effet de cumul des projets devient prégnant. Le Parc promeut à ce titre une démarche plus globale auprès des EPCI⁴⁷ et intercommunalités qu'il accompagne pour que ces derniers subissent moins la pression des opérateurs, et amorcent une démarche de planification de l'énergie, avec un volet participatif citoyen sur les projets de production, légitimant ainsi l'action de la puissance publique locale pour préserver l'intérêt général. Territoire à forte identité patrimoniale, l'intégration des énergies renouvelables de nature industrielle y est, de fait, très sensible en raison des impacts paysagers et environnementaux potentiellement forts (perceptions paysagères altérées, modification des habitats naturels) qui risquent de freiner l'activité touristique dont les communes du Parc sont très dépendantes. Le plan du Parc et, plus récemment, la trame verte et bleue contribuent à limiter un développement anarchique des projets (grand éolien, centrales photovoltaïques industrielles au sol). Néanmoins, la pression reste forte et l'avis du Parc, consultatif, n'est pas toujours suivi par les développeurs privés, ni par certaines communes pour lesquelles ces projets apportent un budget pérenne. Il reste qu'au regard de la rentabilité économique des projets émergents et à travers les subventions, voire le financement participatif, la production d'énergie locale peut être un moyen pour les communes du Parc de dégager des revenus financiers et réinjecter ces derniers dans une politique locale éner-

gétique, comme les y incite le Parc sur les projets de centrales photovoltaïques au sol. À noter que le solaire thermique connaît un ralentissement en matière d'installations privées, alors que le potentiel sur le territoire est très important (eau chaude solaire seule ou combinée avec un système de chauffage central).



Photo 27. Projet photovoltaïque citoyen sur la ferme caprine de Valx réalisé par le Parc en partenariat avec la SCIC Energ'Ethique 04
© José Arlandis.

Les actions de maîtrise de l'énergie sont plus récentes, dynamisées au fil des opportunités de programmes publics, comme notamment la labellisation TEPCV⁴⁸ du territoire depuis 2016. On pressent aujourd'hui que des politiques locales de l'énergie, axées autant sur la production d'énergie renouvelable que la maîtrise de la demande, s'avèreront nécessaires. Elles pourront notamment alimenter des démarches plus larges s'appuyant sur le Parc et ses EPCI partenaires (de type plan climat, territoire à énergie positive, Cit'ergie...), pour engager en parallèle une lutte transversale et concertée contre le changement climatique.



⁴⁷ Un EPCI (Établissement public de coopération intercommunal) est un organisme administratif de la fonction publique territoriale qui regroupe des communes qui souhaitent développer des compétences en commun, notamment en termes de transports et d'aménagement du territoire.

⁴⁸ TEPCV : territoires à énergie positive pour la croissance verte (labellisation du ministère de l'Environnement).



Conclusion

Le phénomène de réchauffement global est extrêmement rapide et atteint aujourd'hui une telle ampleur qu'il est perçu et ressenti par la majorité des habitants de la planète sous des formes et des degrés divers selon leur lieu et leur mode de vie, leur situation sociale et leur activité professionnelle. Sur le territoire du Parc naturel régional du Verdon, les impacts du changement climatique sont de plus en plus marqués sur les écosystèmes et l'économie locale. Ce document, grâce à la mobilisation de plus d'une vingtaine de scientifiques et de spécialistes de disciplines variées, offre un aperçu des conséquences de l'évolution du climat aussi bien sur les activités économiques et les pratiques que sur les écosystèmes.

Dans ce contexte de changement climatique, mieux comprendre l'évolution du climat au niveau territorial et les dynamiques multiples qui y sont associées est nécessaire afin d'évaluer au mieux la vulnérabilité du territoire aujourd'hui et demain. À cette nécessité de mieux comprendre et évaluer, s'ajoute aujourd'hui la dimension du « comment faire » ? Face à ces évolutions, accéder aux connaissances scientifiques et renforcer les liens entre les processus de décisions, les citoyens et la science n'ont jamais été aussi importants.

Faire évoluer nos habitudes, savoir-faire, pratiques et systèmes de gouvernance s'avère être aujourd'hui une nécessité dans ce contexte de changement global (climat, biodiversité, crises sociales et sanitaires) afin, d'une part, de réduire notre empreinte sur le climat et les écosystèmes et, d'autre part, pour nous adapter et ainsi augmenter la résilience du territoire. Cette évolution des territoires doit se concevoir en anticipant ce qui pourra se produire dans les prochaines décennies dans un contexte où le climat aura inexorablement continué à changer. Des solutions existent et d'autres restent à inventer. Elles gagneront en efficacité, acceptabilité et durabilité si elles sont co-construites et mises en œuvre en s'appuyant notamment sur les approches suivantes :

- **renforcer les connaissances et leur appropriation.** Comme le montre ce document, les connaissances scientifiques locales sont nécessaires pour appréhender la nature et l'ampleur des perturbations à venir et leurs particularités territoriales. Le recours à la recherche scientifique, toutes disciplines confondues, et à la pédagogie (sciences participatives, animations culturelles, etc.) devrait être favorisé pour accélérer l'acquisition de connaissances, et *a fortiori*, la sensibilisation des acteurs et citoyens. Il s'agit de développer une culture commune sur le changement climatique et les grands enjeux environnementaux et sociaux en repensant collectivement notre rapport à la nature et notre façon d'habiter le territoire ;
- **réduire les émissions de gaz à effet de serre reste un enjeu prioritaire.** Préserver les stocks de carbone, notamment des forêts anciennes, renforcer la capacité des écosystèmes et agrosystèmes à stocker le carbone, réduire la consommation d'énergie, le gaspillage consumériste et développer les énergies renouvelables (dans le respect des paysages et des espaces naturels et agricoles) reste une nécessité. En effet, 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. Aujourd'hui, adaptation et atténuation ne doivent plus être opposées et les initiatives combinant les deux doivent être favorisées. Le développement de l'agroécologie l'illustre bien en permettant à la fois d'augmenter la résilience des cultures et de séquestrer beaucoup plus de carbone que l'agriculture conventionnelle tout en bénéficiant à la biodiversité ;
- **privilégier les solutions fondées sur la nature quand cela est possible.** Basées sur la notion de co-bénéfices, les SFN sont définies par l'UICN⁴⁹ 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 dans le cadre de la gestion des risques naturels (inondations, sécheresses,

⁴⁹ Union internationale pour la conservation de la nature (Organisation non gouvernementale, ONG).

canicules, incendies...), et permettent de renforcer les puits de carbone. 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 lors des fortes chaleurs ;

- **favoriser la co-construction.** Les mesures d'atténuation et d'adaptation doivent se construire sur le partage d'expériences, la transversalité et la concertation. La construction et la mise en œuvre des projets territoriaux doivent être pensées en articulant expertise scientifique et technique des gestionnaires, savoirs professionnels, connaissances scientifiques, mais aussi expérience des usagers et citoyens. Les sciences humaines et sociales, en étudiant nos façons de faire, nos perceptions, mais aussi en expérimentant la mise place de nouvelles pratiques ou de nouvelles formes de gouvernance multi-acteurs et participatives, apportent des réflexions, voire des outils, susceptibles d'accompagner les acteurs de ces changements ;
- **ne laisser personne au bord de la route.** Les mesures de transition écologique et énergétique ne seront efficaces que si elles ne pèsent pas sur les personnes les plus précaires qui sont déjà, et seront, le plus souvent les premières affectées par le changement climatique. La transition devra prendre également en compte les disparités territoriales et intégrer l'ensemble des territoires et leurs particularités dans la démarche.

« La transition juste se traduit aussi par une gestion des disparités régionales et sociales pour l'application des mesures de transition. Il faut regarder où la transition aura les impacts les plus importants pour mettre en place les mesures économiques et sociales nécessaires. L'État reste le garant des politiques publiques climatiques et de leur équité ».

Redresser le cap, relancer la transition – rapport annuel du Haut conseil pour le climat, juillet 2020⁵⁰.

Dans ce contexte, par leur approche transversale et leurs connaissances des territoires, **les Parcs naturels régionaux sont de véritables leviers naturels des transitions** pour accompagner la mise en œuvre de politiques territoriales de réduction des émissions, d'adaptation aux effets du changement climatique, attachées à la biodiversité et à l'attractivité du territoire. Les Parcs sont des facilitateurs dans le transfert des connaissances scientifiques, des accompagnateurs des acteurs du territoire, mais aussi des vecteurs d'expérimentation dans la mise en place de solutions innovantes. Le Parc du Verdon joue ainsi un rôle important d'animateur territorial sur lequel collectivités et forces vives du territoire doivent s'appuyer. L'écriture de la nouvelle charte (2023-2038) va permettre d'imaginer le territoire de demain, de formuler ce qui semble indispensable et de poser des objectifs afin de préserver pour les années à venir un « terrain de vie » de qualité économiquement attractif, solidaire et respectueux de ses espaces naturels.

⁵⁰ https://www.hautconseilclimat.fr/wp-content/uploads/2020/07/hcc_rapport_annuel-2020.pdf

Contributeurs

Thierry AMÉGLIO (chapitre 4 §2), directeur de recherche à l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE), Université Clermont Auvergne, Laboratoire de Physique et Physiologie intégratives de l'Arbre en environnement Fluctuant (PIAF), UMR 547/UCA, Clermont-Ferrand. Contact : thierry.ameglio@inrae.fr

Chantal ASPE (chapitre 4 §5), maîtresse de conférences - HDR en sociologie à Aix-Marseille Université, Laboratoire Population Environnement Développement (LPED) - UMR 151 AMU-IRD, Marseille. Contact : chantal.aspe@univ-amu.fr

Aurore AUBAIL (chapitre 6 §1), chargée de mission, Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR Climat). Contact : aurore.aubail@air-climat.org

Élisabeth BLANCHET (chapitre 1 §1 et §2, chapitre 3 introduction), chargée de mission, Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR Climat). Contact : eblanchet.ateliseo@gmail.com

Éliot BUCHACA (résumé, Zoom 3 et chapitre 6 §1), chargé de mission, Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR Climat). Contact : eliot.buchaca@hotmail.com

Maxime CAILLERET (chapitre 3), chargé de recherche en écologie forestière, Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE), UMR Risques, Ecosystèmes, Vulnérabilité, Environnement, Résilience (RECOVER), UMR INRAE-AMU, Le Tholonet. Contact : maxime.cailleret@inrae.fr

Dominique CHAVY (chapitre 5, Zooms 4, 5, 6 et 7), responsable du pôle patrimoines naturels, Parc naturel régional du Verdon, Moustiers-Sainte-Marie. Contact : dchavy@parcduverdon.fr

Thomas COSTES (chapitre 4 §2), ingénieur d'étude, Centre Régionalisé Interprofessionnel d'Expérimentation en Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales (Criepam), Manosque. Contact : thomas.costes@criepam.fr

Floriane FLACHER-GESLIN (chapitre 5 §3), chargée de mission Observatoire des Saisons, Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Écologie marine et continentale (IMBE), UMR 7263 CNRS-AMU-UAPV-IRD, Marseille. Contact : floriane.flacher@imbe.fr

Sophie GACHET (chapitre 5 §3), maîtresse de conférences à Aix-Marseille Université, Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Écologie marine et continentale (IMBE), UMR 7263 CNRS-AMU-UAPV-IRD, équipe « Vulnérabilité Ecologique et Conservation », Marseille. Contact : sophie.gachet@imbe.fr

Marie GARRIC (chapitre 2 §2), chargée de mission, Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR Climat). Contact : marie.garric@outlook.fr

Christophe GARRONE (chapitre 2, §2), responsable du pôle études scientifiques, Maison régionale de l'eau (MRE), Brignoles. Contact : christophe.garrone@mrepaca.com

Julie GATTACCECA (chapitre 2 §1, Zoom 2, chapitre 3 §1, Chapitre 6 §3), chargée de mission, GREC-SUD. Contact : julie.gattacceca@grec-sud.fr

Patrick GRILLAS (chapitre 2 §2), directeur général délégué aux programmes, Tour du Valat, Institut de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes, Arles. Contact : grillas@tourduvalat.org

Stéphane HERBETTE (chapitre 4 §2), maître de conférences à l'Université Clermont Auvergne, Laboratoire de Physique et Physiologie intégratives de l'Arbre en environnement Fluctuant (PIAF), UMR 547 INRAE/UCA, Clermont-Ferrand et Aubière. Contact : stephane.herbette@uca.fr

Dominique IMBURGIA (chapitre 6 §4), chargé de projet transition énergétique, Parc naturel régional du Verdon, Moustiers-Sainte-Marie. Contact : dimburgia@parcduverdon.fr

Marie JACQUÉ (chapitre 4 §5), maîtresse de conférences en sociologie à Aix-Marseille Université, Laboratoire Population Environnement Développement LPED - UMR 151 AMU-IRD, Marseille. Contact : marie.jacque@univ-amu.fr

Stéphane JÉZÉQUEL (chapitre 4 §4), ingénieur à ARVALIS, Institut du végétal - Station expérimentale, Gréoux-les-Bains. Contact : s.jezequel@arvalis.fr

Jacques LASSEUR (chapitre 4 §1), ingénieur zootechnicien, Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE), département ACT, UMR SELMET (Systèmes d'élevages méditerranéens et tropicaux), Montpellier.
Contact : jacques.lasseur@inrae.fr

Lia LAMACQUE (chapitre 4 §2), doctorante en écophysiologie végétale, Université Clermont Auvergne, Laboratoire de Physique et Physiologie intégratives de l'Arbre en environnement Fluctuant (PIAF), UMR 547 INRAE/UCA, Clermont-Ferrand & Institut technique interprofessionnel des plantes à parfum, médicinales, aromatiques et industrielles (Iteipmai), Montboucher-sur-Jabron.

Benjamin LEMAIRE (chapitre 4 §2), responsable agronomie, Institut technique interprofessionnel des plantes à parfum, médicinales, aromatiques et industrielles (Iteipmai), Montboucher-sur-Jabron. Contact : benjamin.lemaire@iteipmai.fr

François LE TACON (chapitre 4 §3), agronome, directeur de recherche émérite, Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE), UMR INRAE/Université de Lorraine « Interactions Arbres/Micro-organismes » Lab of Excellence ARBRE, Champenoux. Contact : francois.le-tacon@inrae.fr

Claude MURAT (chapitre 4 §3), ingénieur de recherche à l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE), UMR INRAE/Université de Lorraine « Interactions Arbres/Micro-organismes » Lab of Excellence ARBRE, Champenoux.
Contact : claude.murat@inrae.fr

Antoine NICAULT (coordination générale, introduction, chapitre 1 §3, zoom 1, chapitre 3, chapitre 6 §2, conclusion), coordinateur général de l'Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR Climat), coordinateur et animateur du Groupe régional d'experts sur le climat en Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-SUD), Marseille. Contact : antoine.nicault@grec-sud.fr

Philippe ROSSELLO (chapitre 1 §1 et §2), ingénieur en analyse spatiale et prospective, GeographR, coordinateur et animateur du Groupe régional d'experts sur le climat en Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-SUD), Avignon. Contact : philippe.rossello@geographr.fr

Julien RUFFAULT (chapitre 3 §3), post-doctorant à l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE), Unité de Recherche Écologie des Forêts Méditerranéennes, Avignon. Contact : julien.ruffault@inrae.fr

Thierry TATONI (chapitre 5 §2), professeur à Aix-Marseille Université, Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Écologie marine et continentale (IMBE), UMR 7263 CNRS-AMU-UAPV-IRD, Marseille. Contact : thierry.tatoni@imbe.fr

Michel VENNETIER (chapitre 3), ingénieur forestier et chercheur, Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE), UMR « Risques, Écosystèmes, Vulnérabilité, Environnement, Résilience » (RECOVER), Le Tholonet.
Contact : michel.vennetier@irstea.fr

Colin VAN REETH (chapitre 5 §3), chargé de mission science participative, Centre de recherche sur les écosystèmes d'altitude (CREA Mont-Blanc). Observatoire du Mont Blanc, Chamonix. Contact : cvanreeth@creamontblanc.org

Laura VILLALONGA (chapitre 4 §2, chapitre 6 §1 et §4), chargée de mission, Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR Climat). Contact : villalongalaura911@gmail.com

Remerciements

Nous tenons à remercier les membres du conseil scientifique du GREC-SUD qui ont participé à la relecture de ce document : **Joël Guiot** (CNRS), **Bernard Seguin** (ex-INRAE), **Wolfgang Cramer** (IMBE/CNRS), **Yves Bidet** (ex-Météo-France), **Suzanne de Cheveigné** (CNRS), **Éric Rigolot** (INRAE) et **André Chanzy** (INRAE). Une mention spéciale aussi à **Julie Gattacceca** (GREC-SUD), **Aurore Aubail** (AIR Climat), **Éliot Buchacaca** (AIR Climat) et **Philippe Rossello** (GeographR/GREC-SUD) pour leur appui éditorial. Nous remercions également sincèrement tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce cahier (données, orientations) : **Olivier Roule** (Météo-France), **Régine Merle** (Météo-France), **Suzanne Gioanni** (directrice du PNR du Verdon) et les agents du Parc naturel régional du Verdon pour leurs conseils avisés et tout particulièrement, **Dominique Imburgia** et **Dominique Chavy** pour leur collaboration active.

Comment citer cette publication du GREC-SUD ?

Le Parc naturel régional du Verdon face aux défis du changement climatique, Les cahiers du GREC-SUD, édités par l'Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR Climat), juin 2021, 64 pages. ISBN : 978-2-491380-02-1

Retrouver la liste des références utilisées dans ce document sur notre site web.

Le territoire du Parc naturel régional du Verdon, à forte dominante rurale, observe déjà les effets du changement climatique. Les habitants et les acteurs locaux s'interrogent sur le devenir de leur territoire, la pérennité de leurs activités et l'évolution de leurs paysages.

Commandé par le PNR du Verdon et réalisé par le GREC-SUD, ce cahier territorial fait un état des lieux des connaissances scientifiques sur les tendances climatiques et l'ampleur des impacts associés aujourd'hui et demain. Il propose des pistes d'adaptation afin d'anticiper les changements à venir.



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

