Le Parc naturel régional du Luberon à l'épreuve du changement climatique



Juillet 2020

air | GREC SUD

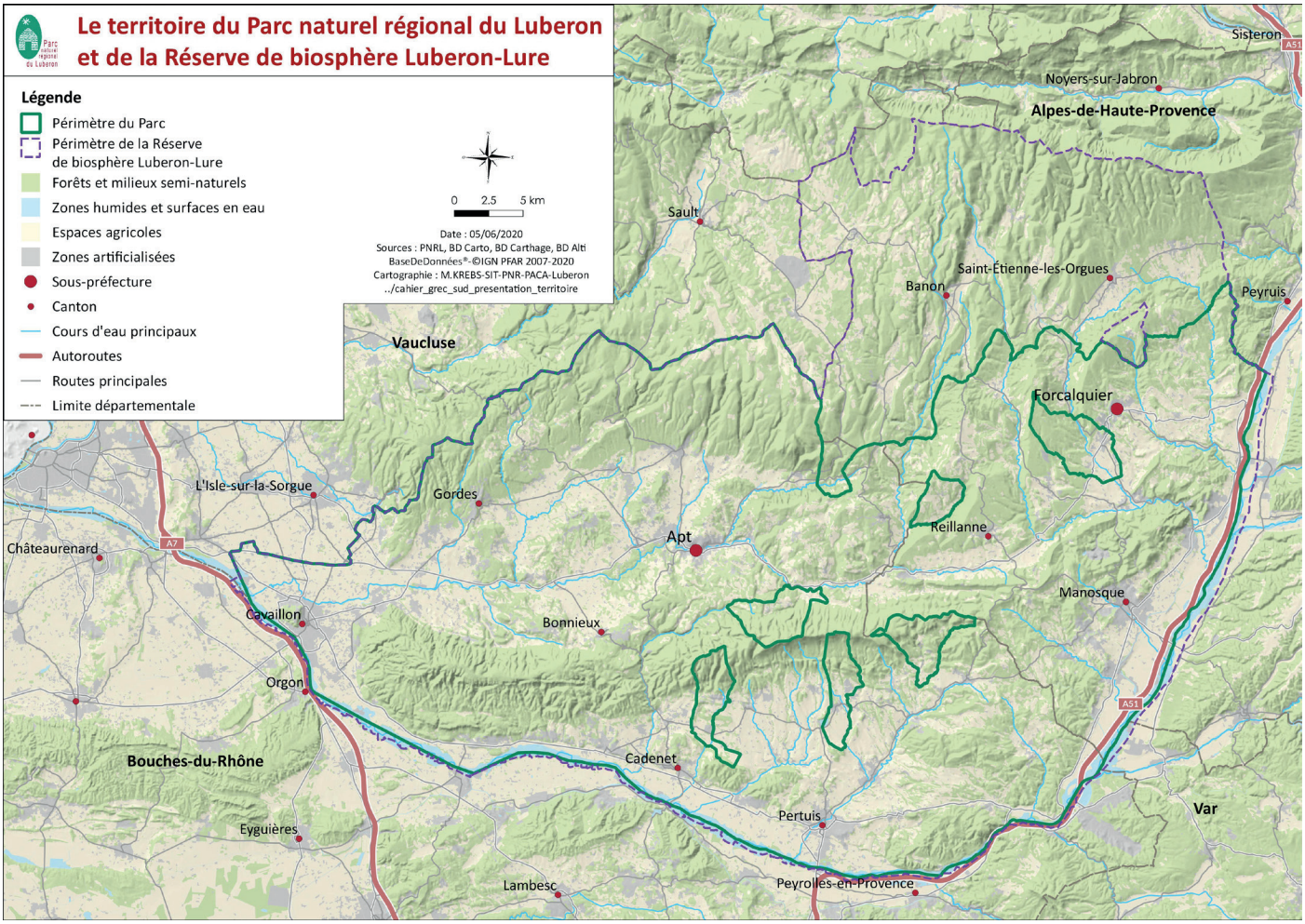
Parc naturel régional du Luberon

Réserve de BIOSPHERE LUBERON-LURE

UNESCO Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture

Luberon Géoparc mondial UNESCO

Cette publication, commandée par le Parc naturel régional du Luberon, a été élaborée par le Groupe régional d'experts sur le climat en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-SUD). Elle a été coordonnée par l'association AIR Climat (Antoine Nicault, Philippe Rossello) qui a pour mission d'animer le GREC-SUD. Dans le cadre de la révision de sa Charte pour 2024-2039, le Parc du Luberon propose aux 100 communes du Luberon et de Lure (périmètre d'étude, carte ci-dessous) d'adhérer au nouveau projet de territoire. Le cahier a été réalisé à cette échelle.



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 climatiques sur les territoires. Il bénéficie d'un financement au titre de la Convention État - Région Provence-Alpes-Côte d'Azur - ADEME.

Conception : GeographR / Maquette : Tumult.
Date de publication : juillet 2020.

Crédit photos : pages 4, 6, 13, 17, 32 (ruelle), ©GeographR / pages 1, 10, 11, 19, 20, 25, 36, 38, ©PNR Luberon / pages 8 (amandiers, Bonnieux), 29, ©Tumult / pages 32 (Montjustin), 33, ©Fabien Dumas / page 21, ©David Genoud / page 23, ©Thierry Gauquelin / page 25 (tour ICOS), ©Osu Pythéas / page 30, ©Freepik / page 31, ©CIRAME / page 32 (volet), ©Marianne Poisson / page 34, ©Maxppp-Christian Wattier / page 39, ©Olivier Bernard / page 40, ©Pascale Desclos / page 47 ©Bernard Beaudlot / page 49 ©Benjamin Béchet.

Couverture : Goult, ©Philippe Clin.
4ème de couverture : crêtes enneigées de la montagne de Lure, ©titi84 (Altituderando).

Imprimé sur papier 100 % recyclé avec des encres végétales par L'Imprim.

Édito



Distingué par le label Parc naturel régional délivré par l'État, le Luberon est également doublement reconnu au niveau international par l'UNESCO : « Géoparc mondial » pour son patrimoine géologique exceptionnel et l'initiation du public à l'histoire de la Terre, et « Réserve de biosphère Luberon-Lure », en incluant le versant sud de la montagne de Lure, qui vise l'amélioration des relations entre l'Homme et la Nature.

Ses riches terres agricoles permettent des productions de qualité et contribuent au développement économique. Les paysages du Luberon, belle mosaïque d'espaces naturels remarquables et de terroirs agricoles, contribuent à l'attractivité du territoire auprès des habitants et des visiteurs. Le cadre de vie et la proximité de grands centres urbains attirent des habitants en demande de logements, d'emplois et de solutions de déplacements. La qualité de vie sur le territoire et son attrait dépendent aussi largement de son climat, au carrefour des influences méditerranéennes et montagnardes.

Le changement climatique global affecte pourtant déjà le territoire Luberon-Lure. Les risques encourus sont préoccupants : perte de biodiversité, diminution de la ressource en eau, perte de productivité agricole, crues, canicules… Les évolutions possibles dépendront de nos modes de vie, de production et de consommation. Il est nécessaire d'agir fortement dès à présent et le Parc naturel régional du Luberon a un rôle à jouer.

Le Parc du Luberon, qui s'étend actuellement sur 77 communes, expérimente depuis plus de 40 ans d'autres façons de vivre en conciliant développement social, culturel, économique et environnemental. En lien avec les orientations décidées par la Région Sud et à travers sa Charte (2009-2024), qui intègre pleinement ces enjeux, il assure un rôle d'animation, de coordination, de sensibilisation et d'innovation. Il mobilise élus, techniciens, partenaires et publics pour une prise en compte du climat dans les projets. Par exemple, le Parc a mis en place des actions d'économies d'énergie et d'eau avec les communes. Son plan de paysage vise à anticiper les effets du réchauffement climatique sur nos paysages. La plateforme de rénovation énergétique de l'habitat conseille les particuliers sur l'isolation de leur logement. Le programme Alpages sentinelles permet d'analyser, comprendre et anticiper les effets du changement climatique sur les crêtes du Grand Luberon. Le Parc a mis en place dans ses grandes villes des capteurs de température pour mieux comprendre le phénomène des îlots de chaleur urbains… Le changement climatique sera au cœur des préoccupations de la future Charte du Parc 2024-2039.

Le Parc du Luberon veut contribuer à la prise de conscience et inciter à l'action. Cette publication, réalisée par le GREC-SUD, a donc vocation à partager les connaissances scientifiques sur le changement climatique et ses effets à l'échelle du territoire Luberon-Lure. Je tiens à remercier tous les contributeurs qui ont participé à ce cahier territorial et qui ont proposé des solutions concrètes en termes d'atténuation et d'adaptation au changement climatique : production d'énergies renouvelables, mobilité douce, économies d'eau et d'énergie, nature en ville, agroécologie…

Face au changement climatique, le Parc a l'ambition d'accompagner et d'amplifier la résilience du territoire, afin de garantir une qualité de vie durable à ses habitants.

Dominique SANTONI
Présidente du Parc naturel régional du Luberon



Moulin de Joucas

Table des matières

Édito....3
Introduction....6

1. Le Luberon, territoire profondément façonné par le climat et l'homme....7
1.1. Le Luberon, un trait d'union entre la Provence et les Alpes....7
1.2. Un climat méditerranéen entre douceur et rudesse....7
1.3. Des paysages marqués par l'empreinte humaine....10

2. Le Parc du Luberon confronté à de nouvelles contraintes climatiques....11
2.1. Synthèse des derniers rapports scientifiques sur le climat....11
2.2. Principaux indicateurs climatiques à l'échelle territoriale....12
2.3. Des événements climatiques extrêmes en question....14
2.4. Quelle évolution quantitative et qualitative de la ressource en eau ?....16

3. La biodiversité au cœur des grands enjeux environnementaux et humains....19
3.1. Luberon-Lure, un territoire riche en biodiversité sous la menace du changement climatique..19
3.2. Les milieux ouverts : un équilibre entre pâturages et espaces naturels....20

4. Des écosystèmes forestiers au cœur des enjeux locaux....22
4.1. Les écosystèmes forestiers sources de multiples services....22
4.2. Le cycle du carbone des forêts....23
4.3. Une gestion forestière face à de nouveaux enjeux....26
4.4. Effets de la pollution à l'ozone et du changement climatique sur la forêt....26
4.5. Le risque incendie en augmentation....27

5. Une agriculture locale sous tension....29
5.1. Une agriculture fragilisée, mais prometteuse....29
5.2. La viticulture du Parc du Luberon a encore un avenir....30
5.3. Quelle irrigation des cerisiers et des vignes dans le Luberon ?....31
5.4. La progression des invasions d'insectes....34

6. Améliorer la qualité de vie des habitants et changer les pratiques de loisirs....35
6.1. Limiter les îlots de chaleur urbains....35
6.2. Quels bienfaits de la nature en ville ?....36
6.3. Vers quelles pratiques touristiques ?....37
6.4. Le changement climatique remet-il en cause le tourisme à vélo ?....40

7. L'énergie au cœur du quotidien des habitants....41
7.1. Réduire les émissions de GES et les consommations d'énergie....41
7.2. Sortir de la logique des mobilités pendulaires....44
7.3. Le développement des énergies renouvelables : un défi incontournable pour le territoire....46

Conclusion....49
Contributeurs....50

Introduction

En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, le Luberon peut être perçu comme le premier contrefort de l'immense chaîne des Alpes, présentant en même temps une zone climatiquement agréable et ensoleillée, bénéficiant d'une riche nature capable de rendre de multiples services écosystémiques, mais aussi fortement influencée par un mistral parfois violent, des sécheresses estivales plus rudes que sur le littoral méditerranéen malgré la courte distance à vol d'oiseau. Depuis plusieurs millénaires, le Luberon est un lieu de coévolution entre les hommes qui développent leurs systèmes d'utilisation des terres, la faune et la flore, sous un climat parfois capricieux. S'adapter à ce dernier, pour l'homme et plus généralement toutes les espèces vivantes, signifie savoir vivre dans des conditions tantôt chaudes, tantôt froides, souvent sèches, parfois humides avec des épisodes de pluies violentes et de neige.

Les changements climatiques et environnementaux, déjà observés dans le bassin méditerranéen, se manifestent à travers une combinaison de plusieurs composantes. Le réchauffement de +1,5°C par rapport à la température moyenne de la période préindustrielle, plus fort qu'à l'échelle planétaire, se traduit notamment par une intensification des canicules et des sécheresses. La région méditerranéenne est un cas quasi unique dans le monde car tous les modèles climatiques indiquent une baisse importante des précipitations au cours de ce siècle. En plus de ces graves évolutions atmosphériques, la pollution de l'air provoquée par les émissions des industries et des transports altère la santé des populations et des végétaux. L'exploitation des terres favorise l'artificialisation des sols, une agriculture toujours plus intensive, ou conduit à des friches, après l'abandon partiel de l'agropastoralisme traditionnel, qui augmentent le risque d'incendies déjà significatif en région méditerranéenne. Toutes ces tendances sont constatées, principalement en périphérie des aires urbaines.

L'une des particularités du bassin méditerranéen est également la très grande disparité des conditions de vie des populations entre les deux rives. Les tendances climatiques, les pollutions et le changement d'usage des sols ne sont pas les mêmes au nord et au sud. Au sud, les effets des bouleversements se manifestent plus durement et la population dispose de moyens plus limités pour s'adapter à une augmentation des canicules ou des pénuries d'eau déjà existantes. Un regard sur la Méditerranée dans ce monde changeant ne peut pas ignorer ces souffrances humaines subies par une majorité de la population.

Face au défi climatique, la question relative aux « solutions » se pose pour toutes les régions de la planète. En Méditerranée, il est possible d'encourager une exploitation plus « douce » des ressources naturelles, l'agroécologie, les transports ferroviaires, l'écotourisme, une urbanisation plus écologique, une gestion durable du littoral, une réduction de toutes les pollutions… Ces politiques peuvent toutes contribuer à lutter contre le changement climatique, préserver la santé publique et la biodiversité. Dans un esprit de collaboration nord-sud, elles peuvent également réduire les inégalités et donc les tensions sociopolitiques. Pour plus d'efficacité, il est essentiel de raisonner au niveau territorial et d'expérimenter de nouvelles voies.

Le Parc du Luberon a le potentiel pour devenir un laboratoire vivant du renouveau du développement durable en Méditerranée. En ce sens, les acteurs locaux s'interrogent aujourd'hui sur le devenir de leur territoire et sa vulnérabilité, la préservation des paysages et de la biodiversité, le maintien des activités économiques, le renforcement du tissu social… Quelles orientations prendre ? Quelles sont les principales pistes d'adaptation au changement climatique et d'atténuation des émissions des gaz à effet de serre ? Quelles sont les pratiques à privilégier ? Ce cahier territorial, commandé par le Parc naturel régional du Luberon, propose de faire un état des connaissances scientifiques et met en avant des premières solutions. Il a pour vocation d'ouvrir les horizons, susciter et enrichir les débats, et appelle les acteurs territoriaux à se mobiliser et à s'engager résolument dans les transitions.



Fontaine, Joucas

1. Le Luberon, territoire profondément façonné par le climat et l'homme

Pour une majorité des visiteurs, les paysages du Luberon se composent principalement de forêts, de grands espaces naturels, de champs agricoles… Derrière la poésie et la contemplation se cache une réalité plus complexe où l'homme a, depuis la Préhistoire, à la fois habité, exploité, abîmé, sculpté, réhabilité et protégé ce territoire. Toute la richesse du Parc du Luberon provient de son socle géologique, de ses histoires locales, des déséquilibres et équilibres entre la nature et l'homme, de son climat méditerranéen aux multiples visages… Pour mieux comprendre les enjeux climatiques, une courte remise en contexte est proposée dans ce premier chapitre.

1.1. Le Luberon, un trait d'union entre la Provence et les Alpes

Le Parc naturel régional du Luberon, l'un des territoires les plus attractifs de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, s'étire entre la Provence et les Alpes. Du Petit Luberon au Luberon oriental, en passant par le Grand Luberon et les monts de Vaucluse et, demain, la montagne de Lure, les territoires des basses et des hautes terres accueillent près de 186 000 habitants.
S'étendant sur les départements du Vaucluse et des Alpes-de-Haute-Provence, cet espace habité à dominante agricole et forestière est desservi par un réseau dense d'axes routiers, qui relient des villages encore pittoresques aux cinq principaux pôles urbains (Manosque, Pertuis, Apt, Cavaillon, Forcalquier), mais aussi à l'aire urbaine d'Avignon et à la métropole Aix-Marseille-Provence.
Le territoire est délimité au sud et à l'est par la Durance qui est l'une des principales ressources en eau indispensable à l'activité et à l'économie locales. Le massif du Luberon, axe central du territoire, constitue un trait d'union entre nord et sud, et également une barrière naturelle qui a limité l'urbanisation vers le nord. Au nord-est, la montagne de Lure constitue une sentinelle culminant à 1826 m d'altitude, avec son relief, ses forêts et ses alpages.

L'influence du climat méditerranéen, caractérisé par une grande variabilité interannuelle en plaine comme en montagne, a favorisé le développement d'écosystèmes agricoles et semi-naturels façonnés par l'homme au cours des siècles. Les milieux purement naturels, comme dans tout le bassin méditerranéen, sont rares. Véritable trait d'union entre la Méditerranée et les Alpes, le Luberon peut s'enorgueillir d'un riche patrimoine architectural et paysager, d'une faune et d'une flore remarquables. Près de 30 % de la flore française est représentée par les espèces végétales locales par exemple. Les écosystèmes parfois fragiles, voire en limite de répartition géographique, subissent d'ores et déjà les effets du réchauffement climatique et plus largement des changements climatiques qui se renforceront à l'avenir. L'agriculture et la biodiversité, tout comme la population locale, seront contraintes de s'adapter à l'augmentation de la température de l'air, la raréfaction des ressources en eau durant la période estivale, la répétition des événements climatiques extrêmes (sécheresses, canicules, pluies intenses)… Mais l'influence du climat n'est pas le seul risque qui pèse à l'échelle territoriale car les activités anthropiques locales, régionales et globales perturbent les écosystèmes, dont certains sont déjà dégradés : changement d'usages et pollutions des sols, contaminations des eaux de surface et souterraines, qualité de l'air médiocre… La proximité de l'aire urbaine d'Avignon et de la métropole Aix-Marseille-Provence qui regroupent près de 2,5 millions de personnes est à la fois une chance pour le dynamisme économique local (principaux pôles d'emploi, tourisme, agriculture…) et une menace puisque les pollutions engendrées par la population locale (déplacements par exemple) et les visiteurs ont des effets directs et indirects sur l'environnement du Parc du Luberon.

1.2. Un climat méditerranéen entre douceur et rudesse

Le Parc du Luberon est sous l'influence directe du climat méditerranéen qui se caractérise par sa douceur, des étés et des hivers bien différenciés, une période de sécheresse estivale, un automne généralement humide, une grande variabilité interannuelle, un puissant rayonnement solaire, une longue durée d'insolation, une forte évapotranspiration potentielle[1], un vent régulier (même si le nombre de jours de vent fort est bien plus faible que dans la basse vallée du Rhône), mais aussi des excès climatiques (pluies intenses, canicules, vagues de chaleur…). À Cabrières d'Avignon par exemple, à 142 m d'altitude, la température mensuelle moyenne varie entre 5°C en janvier et 23°C en juillet. De mai à octobre, soit six mois consécutifs, la température maximale mensuelle moyenne dépasse 20°C. Sur la période 1981-2010, en juillet et en août, la température maximale a été supérieure ou égale à 30°C au moins 17 jours par mois. *A contrario*, les périodes de froid et le gel, principalement en hiver, ne sont pas rares : en moyenne annuelle, on dénombre 58 jours où la température est égale ou inférieure à 0°C. Le gel tardif printanier peut même provoquer des dégâts sur les arbres fruitiers ou la vigne par exemple. Mais ces valeurs masquent de grandes disparités spatiales au sein du Parc avec la présence de nombreux microclimats en fonction des altitudes, de la topographie, de l'occupation des sols… La température moyenne annuelle à Cabrières d'Avignon est de 13,7°C, par exemple, tandis que le froid est plus marqué au sommet de la montagne de Lure avec une température proche de 6°C.

Ces différences ne se limitent pas à la température : le cumul moyen de précipitations à Cabrières d'Avignon est de l'ordre de 690 mm, alors qu'il est voisin de 1000 mm à 1000 m d'altitude dans le Luberon et 1300 mm sur les hauts versants de la montagne de Lure.

[1] ETP : eau consommée (évaporation du sol + transpiration de la plante) par une culture, non limitée en eau (définition : CIRAME).



Plus l'altitude augmente, plus les précipitations sont abondantes. Ainsi, en altitude, le climat méditerranéen du Parc se dégrade et tend vers un caractère préalpin, sachant que, dans la troposphère, c'est-à-dire la basse couche de l'atmosphère, la température baisse d'environ 0,6°C par tranche altitudinale de 100 m (ce chiffre peut varier selon le type de temps, la pente, l'orientation…).
Les excès climatiques se traduisent souvent par des épisodes exceptionnels susceptibles de causer des dommages (agriculture, forêt, équipements, infrastructures, santé…) : à Cabrières d'Avignon, le 28 juin 2019, la température a atteint 43,2°C et le 7 janvier 1985, -15,2°C. En avril et en octobre, des températures de l'ordre de 30°C ont aussi été déjà relevées. Les records de températures maximales sont tous enregistrés après 1999, sauf aux mois de mars et octobre. Ce constat illustre simplement que les températures ont tendance à augmenter ces dernières décennies.

À Apt, par exemple, à 242 m d'altitude, la température moyenne annuelle est systématiquement supérieure à la normale depuis 1988 (Figure 1). Et les écarts à la normale supérieurs à +2°C sont réguliers depuis 2014. Si on se réfère à l'évolution de la moyenne glissante sur 11 ans qui permet d'observer la tendance générale sur une décennie (Figure 1), l'augmentation de la température moyenne à Apt est de l'ordre de +1,8°C[2] depuis 1960, ce qui signifie que le réchauffement est bien plus rapide dans le Luberon qu'à l'échelle du globe (+1°C en moyenne depuis la fin du XIX^{e} siècle). La hausse est plus forte sur les températures maximales, mais les températures minimales augmentent aussi de manière significative. Le nombre de jours de gel à Apt est toutefois stable depuis la fin des années 1960, même si on observe un « tassement » depuis 2013. Plus en altitude, le nombre de jours de gel a tendance à diminuer, comme dans l'ensemble des Alpes du Sud. À Château-Arnoux-Saint-Auban, par exemple, au nord-est de la Réserve de biosphère Luberon-Lure, à 458 m d'altitude, le nombre de jours de gel a diminué de 10 jours depuis 1968.

À Apt, les nuits tropicales (température minimale > 20°C) ont tendance à se répéter depuis 2000, mais leur nombre annuel reste limité (entre 0 et 4). Par contre, le nombre de jours où la température maximale est supérieure à 30°C augmente, avec une hausse de 44 jours entre 1968 et aujourd'hui. L'année 2003, caniculaire, reste une année exceptionnelle avec près de 100 jours atteints (Figure 2).

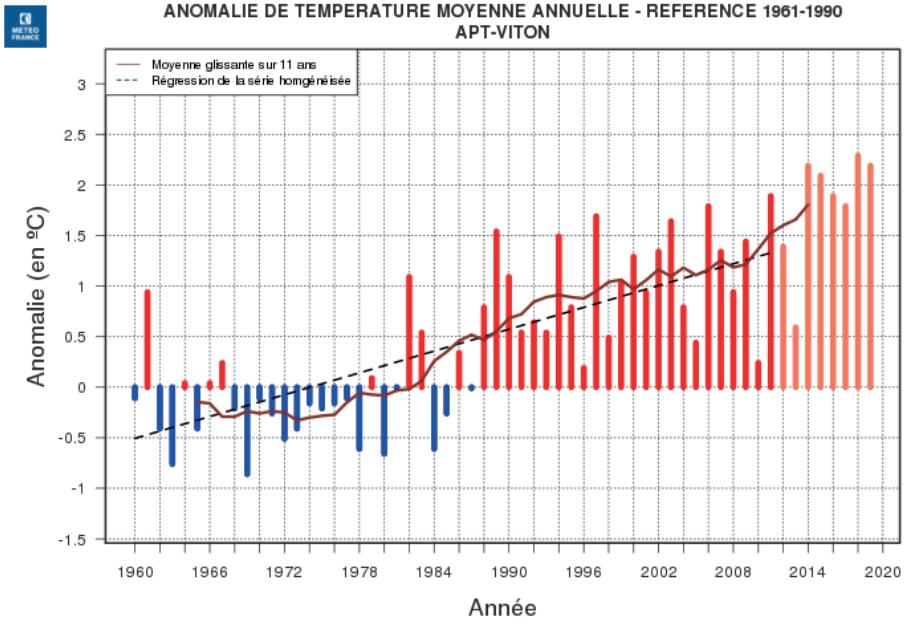


Figure 1. Anomalie de la température moyenne annuelle par rapport à la normale (1961-1990) à Apt (source : Météo-France)

[2] D'après la droite de tendance de la série homogénéisée.

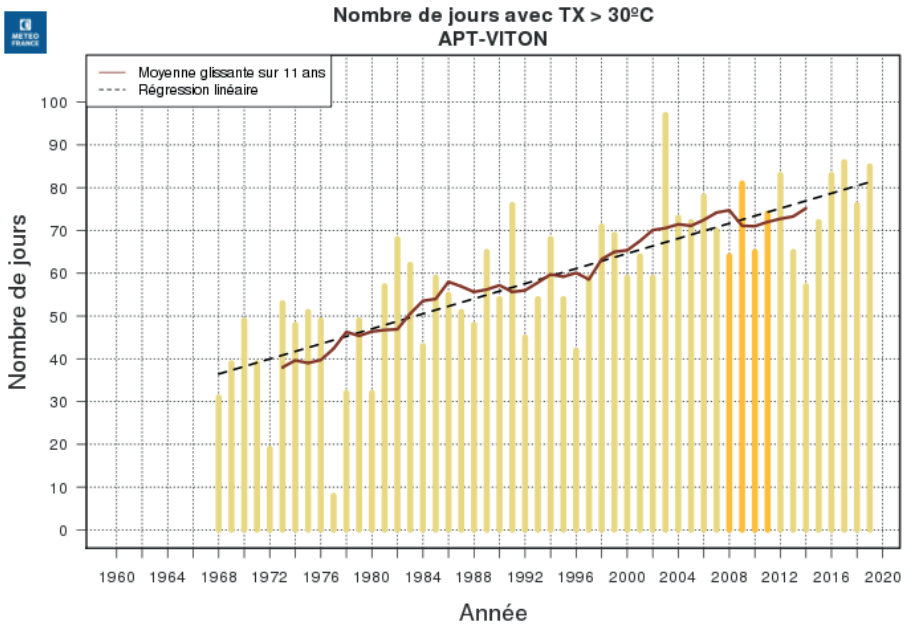


Figure 2. Nombre de jours où la température maximale dépasse 30°C à Apt (source : Météo-France)

Le nombre de jours chauds[3] a également bondi de 8 à 72 jours en moyenne par an à Apt entre la fin des années 1960 et aujourd'hui. Les années 2003 et 2019 (records) sont au même niveau. Les vagues de chaleur[4], quasi absentes avant les années 1980, se multiplient ces dernières années avec 22 vagues de chaleur en moyenne par an.

Les cumuls annuels de précipitations dans le Luberon (Apt, Cabrières d'Avignon, Mérindol, Forcalquier, Viens) accusent une légère tendance à la baisse. Selon les saisons, les tendances sont toutefois contrastées :

- hiver : -30 % (sauf Forcalquier enregistrant une baisse proche de -10 %) ;
- printemps : +10 à +20 % (sauf Forcalquier, légère baisse) ;
- été : -45 à -20 % (Figure 3) ;
- automne : +10 à +20 %.

Ces tendances climatiques générales (réchauffement, diminution des précipitations) sont accompagnées d'une forte variabilité interannuelle, l'une des caractéristiques du climat méditerranéen.

Le climat du Luberon est donc variable selon les secteurs géographiques, les saisons, les années... Les conditions météorologiques peuvent aussi radicalement changer en quelques heures lors des épisodes méditerranéens (pluies intenses) susceptibles de provoquer des crues soudaines comme en novembre et décembre 2019 (Calavon). Avec le changement climatique, certaines tendances vont se renforcer ces prochaines décennies. Les trajectoires climatiques futures dépendront de nos modes de vie, de nos modes de production et de consommation à l'avenir, et donc des quantités de gaz à effet de serre émises dans l'atmosphère.

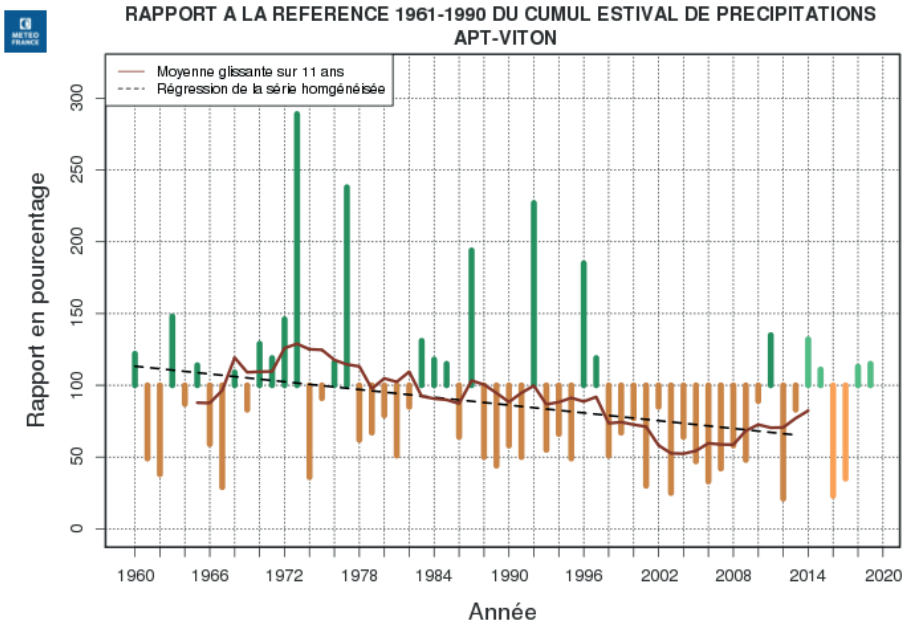


Figure 3. Rapport (en %) à la normale (1961-1990) du cumul estival de précipitations à Apt (source : Météo-France)

[3] Jours où la température maximale est supérieure de +5°C à la normale.
[4] 5 jours consécutifs avec une température maximale supérieure de 5°C à la normale.

1.3. Des paysages marqués par l'empreinte humaine

Le Luberon est habité depuis la Préhistoire. Avec la sophistication de ses moyens techniques, l'homme a façonné les paysages naturels pour les adapter à ses besoins. La présence des éleveurs et les productions locales ont progressivement modelé les coteaux, les plaines, les vallons et les sommets du massif. Ils ont également peu à peu fait évoluer les espèces endémiques et ont apporté de nouvelles variétés qui, avec le temps, sont devenues aussi emblématiques que les villages provençaux. Le platane, si caractéristique de nos espaces publics et de nos routes, en est un exemple frappant.

L'empreinte visuelle, olfactive et gustative de l'agriculture est très présente sur le territoire du Luberon riche d'une grande variété de terroirs qui sont nombreux à bénéficier d'une appellation : AOP (appellation d'origine protégée) ou IGP (indication géographique protégée), comme, par exemple, les vins AOP Luberon, Ventoux et Pierrevert, l'AOP Banon, IGP Petit épeautre…

L'activité anthropique a permis à nos sociétés de bâtir des routes, des lignes de chemin de fer, des canaux et des villes entières qui composent aujourd'hui les paysages les plus emblématiques du Luberon, même si les conséquences sont parfois néfastes (extension des zones commerciales par exemple). La silhouette des villages perchés, le drainage, l'irrigation et les plantations dans les plaines paludéennes[5] font depuis le Moyen Âge la valeur remarquable des paysages culturels. Les besoins en eau ont nécessité le développement de solutions de stockage et de transferts, modifiant les paysages et faisant émerger un patrimoine hydraulique (canaux, moulins, noria[6]…).

Les paysages du Luberon sont d'ailleurs très représentatifs du bocage provençal dans toute sa diversité. Le découpage des parcelles découle autant de la cadastration antique, de la construction des réseaux d'irrigation que des protections sous forme de haies ou de murs de pierres sèches issues de l'épierrage des champs. Les pierres sèches des terrasses de culture ou des murs de soutènement routiers des combes abruptes alimentent l'imaginaire des locaux et des visiteurs.

L'exploitation des ressources naturelles a dessiné des paysages patrimoniaux, comme les carrières de pierre de taille et d'ocre par exemple. Les carrières d'Oppède, de Lacoste ou des Taillades sont aujourd'hui de véritables amphithéâtres qui témoignent de l'activité de l'homme et constituent un puissant facteur d'identification au territoire.

Ces différentes dimensions paysagères, l'évolution géologique et climatique ont construit, au-delà des images de cartes postales, un cadre de vie et une culture locale profondément ancrée dans l'espace rural.

[5] Secteurs marécageux.
[6] Appareil destiné à élever l'eau des puits, constitué de godets attachés sur une chaîne sans fin qu'entraîne une roue placée au-dessus du puits (Larousse).



Village de Bonnieux

2. Le Parc du Luberon confronté à de nouvelles contraintes climatiques

Si le climat méditerranéen du Parc du Luberon est l'un de ses atouts, il n'en est pas moins fragile et d'une grande variabilité interannuelle. Au cours de l'Histoire de la Terre, le climat a toujours fluctué, mais les émissions de gaz à effet de serre massives depuis le début de l'ère industrielle ont bouleversé le système climatique. Le changement climatique en cours se traduit notamment par un réchauffement (trop) rapide et une aggravation des caractères extrêmes du climat méditerranéen. Ce deuxième chapitre se penche sur le climat de demain du Parc du Luberon et sur ses effets sur les ressources en eau.

2.1. Synthèse des derniers rapports scientifiques sur le climat

Le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) a publié trois rapports spéciaux, entre octobre 2018 et septembre 2019, qui permettent de brosser un tableau complet de la problématique du changement climatique. Parmi ces rapports, deux sont particulièrement intéressants pour le Parc du Luberon.

Le premier a établi un panorama général sur l'impact d'un réchauffement planétaire de 1,5°C par rapport à 2°C ou plus. Ses principaux messages sont les suivants : le changement climatique affecte déjà les populations, les écosystèmes et les ressources ; il est encore possible de limiter le réchauffement à 1,5°C au-dessus de la température de la période préindustrielle (fin du XIX^{e} siècle), mais cela requiert des changements sociétaux radicaux. Plus le temps passe, plus ce sera difficile. Par exemple, en agissant vigoureusement dès 2010, il aurait été possible d'éviter de dépasser ce seuil avec une réduction annuelle des émissions de gaz à effet de serre (GES) de 3 % par an. On sait que ces derniers ont continué à augmenter malgré l'accord de Paris de 2015. Actuellement, cet accord ne pourra être réalisé qu'en réduisant les émissions de GES de 7 % par an. Le réchauffement planétaire a atteint en 2017 le seuil symbolique de +1°C et atteindra le seuil de 1,5°C en 2040 si rien ne change. Parmi les nombreux risques encourus par le territoire du Luberon figurent la perte de biodiversité, la diminution des réserves en eau, la perte de productivité agricole, l'accroissement de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes (canicules, tempêtes, sécheresses...).

Le deuxième rapport spécial, qui établit les liens entre le changement climatique et les surfaces continentales, rappelle que les écosystèmes terrestres absorbent déjà 22 % des GES émis. Il propose d'accentuer cet effet bénéfique en intensifiant ce puits de carbone. À l'opposé, l'ensemble des activités liées à l'usage des terres, notamment la déforestation, contribue à environ 23 % de ces émissions. Les pertes agricoles et déchets alimentaires contribuent à 8-10 % des émissions du secteur. L'amélioration de la gestion des systèmes agricoles, pastoraux et des parcs forestiers, le déploiement de l'agroforesterie, une meilleure gestion des feux, la forte réduction du gaspillage alimentaire sont des options permettant non seulement de réduire les émissions de dioxyde de carbone (CO_2) mais également de stocker du carbone durablement dans les sols. Par ailleurs, le rapport ne cache pas le risque pour la biodiversité si des solutions de stockage de carbone via l'utilisation de la biomasse à grande échelle, impactant des régions étendues, sont déployées au détriment des solutions locales.

Au niveau méditerranéen, le rapport "Mediterranean Assessment Report on Environmental and Climatic Change" du groupe MedECC (Mediterranean Experts on Climate and environmental Change : www.medecc.org) montre que cette moyenne planétaire de +1°C cache des écarts locaux importants. Les températures moyennes annuelles méditerranéennes sont aujourd'hui de 1,5°C au-dessus des valeurs préindustrielles, les valeurs estivales dépassent déjà les +2°C au-dessus du niveau préindustriel, avec des fréquences accrues de vagues de chaleur de plus en plus intenses. Dans une région aussi peuplée que la Méditerranée, le changement climatique résulte également des effets combinés des modifications de l'utilisation des sols, de l'augmentation de la pollution et de la dégradation de la biodiversité.

Le rapport sur la biodiversité et les services écosystémiques a été publié par l'IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, équivalent du GIEC pour la biodiversité) en mai 2019. Il constate que la biodiversité se détériore partout alors que la nature est essentielle pour l'existence humaine et la qualité de la vie. Les espaces naturels gérés subissent une pression accrue, même si la dégradation y est généralement moins rapide que sur les autres territoires, tout comme les savoirs qui permettent d'en assurer la gestion. Les trajectoires actuelles ne permettent pas de parvenir à la durabilité, et les objectifs d'Aïchi pour la biodiversité d'ici 2030 et au-delà ne peuvent être réalisés que par des changements en profondeur sur les plans économique, social, politique et technologique. Les mesures de conservation, notamment l'établissement de zones protégées, les efforts déployés pour gérer l'utilisation non durable des ressources et lutter contre les espèces envahissantes, ont réussi à prévenir l'extinction de certaines espèces.

Ces rapports ont une résonnance particulière pour les parcs naturels régionaux qui peuvent s'en inspirer pour s'engager dans le combat pour la biodiversité et contre le changement climatique, en privilégiant les solutions basées sur la nature.



Zygène cendrée, papillon protégé

2.2. Principaux indicateurs climatiques à l'échelle territoriale

Sous l'effet des activités anthropiques, la composition de l'atmosphère se charge d'une grande quantité de gaz à effet de serre additionnelle qui rompt les équilibres du système climatique global. Les conséquences multi-scalaires affectent les territoires à l'échelle locale. Le climat méditerranéen du Parc du Luberon, déjà perturbé (Cf. §1.2), ne fait évidemment pas exception. Ces prochaines décennies, son évolution sera (trop) rapide en plaine comme en montagne, ce qui aura de graves incidences sur les écosystèmes naturels, agricoles… L'intensité des changements climatiques dépendra des choix de développement des sociétés et donc des modes de vie des êtres humains dans les pays, les territoires infranationaux et infrarégionaux. Le GIEC s'appuie ainsi sur différents scénarios socio-économiques pour modéliser l'évolution du climat. Ces scénarios permettent de déterminer le champ des possibles et d'évaluer les impacts du changement climatique à l'échelle territoriale. Les simulations des modèles climatiques régionaux fournissent des indicateurs robustes, malgré les fourchettes d'incertitudes, qui tracent les trajectoires climatiques de demain (tendances). Du scénario optimiste (nécessitant une drastique réduction des émissions de GES) au scénario pessimiste, les résultats montrent l'ampleur des changements climatiques susceptibles de bouleverser nos sociétés.

Sur l'ensemble du Parc du Luberon, la hausse de la température sera significative : elle variera en fonction des tranches altitudinales et des scénarios socio-économiques (Figure 4). Globalement toutes tranches altitudinales confondues, la température moyenne annuelle augmentera de 1,3 à 4,3°C par rapport à la période de référence en fonction des scénarios socio-économiques (RCP 4.5 : intermédiaire ; RCP 8.5 : pessimiste). Ces écarts seront variables selon les saisons : ils seront plus marqués en été avec des anomalies atteignant 5,6°C à l'horizon 2085 (RCP 8.5). Les anomalies les plus modestes seront en hiver, mais les températures froides seront plus tardives au sortir de l'automne et de plus faible intensité à l'arrivée du printemps, ce qui n'empêchera pas des gels tardifs, même en plaine. Jusqu'en 2040-2045, les simulations s'appuyant sur les différents scénarios RCP convergent (trajectoires climatiques similaires), mais les tendances divergent ensuite très nettement. Ce phénomène est dû à la durée de résidence des gaz à effet de serre dans l'atmosphère et à l'inertie du système climatique (chaleur stockée dans les océans par exemple).

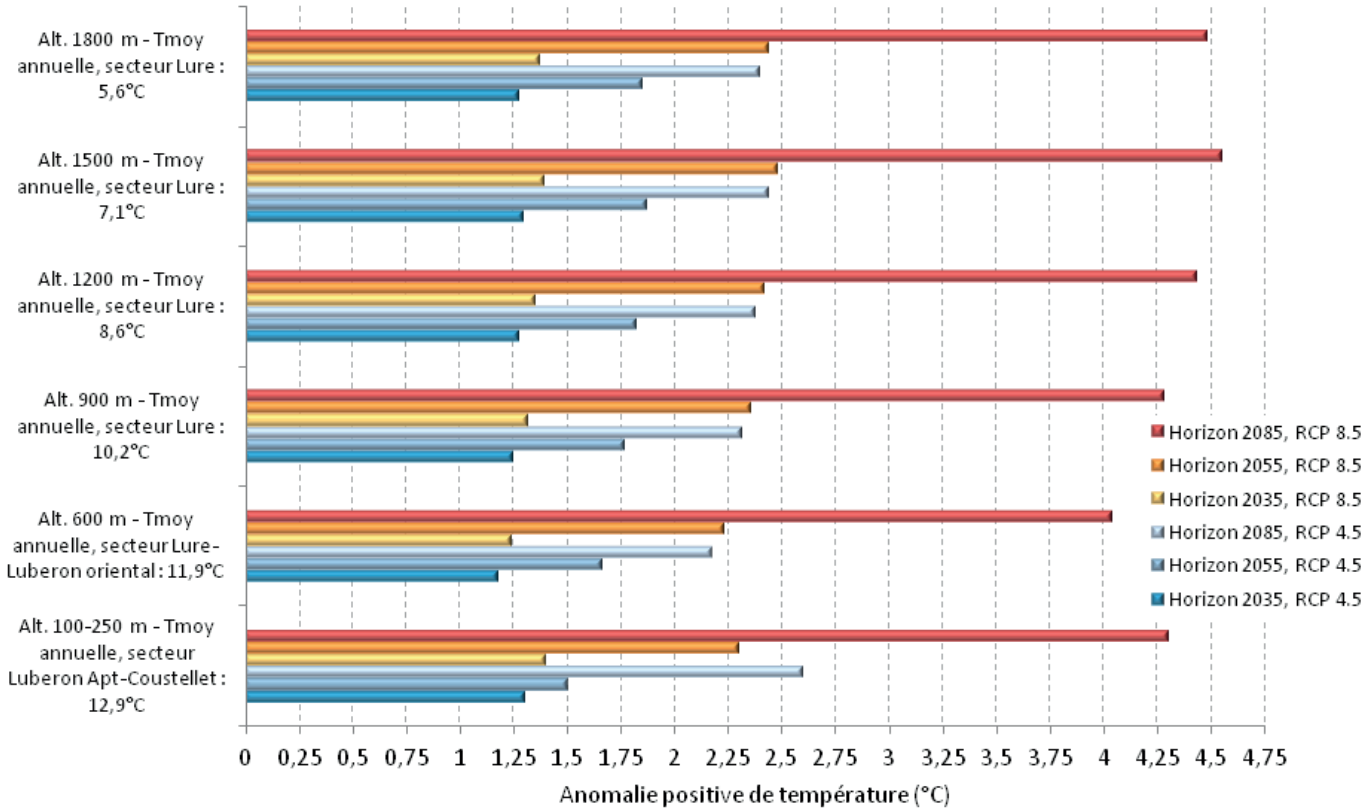


Figure 4. Anomalies positives de température par tranche altitudinale, secteur géographique et horizon futur, par rapport à la période de référence 1950-2005 dans le Parc du Luberon en fonction des scénarios socio-économiques (sources : DRIAS, modèle climatique régional ALADIN, CNRM-Météo-France, www.drias-climat.fr)

Avertissement : la température moyenne annuelle par tranche altitudinale est donnée à titre indicatif, car elle peut varier localement en fonction de la topographie (orientation, pente…) et de l'occupation du sol. Elle est modélisée sur la période de référence 1950-2005. Les anomalies de 600 à 1800 m sont estimées par défaut à partir des données Adamont (ALADIN, CNRM-Météo-France) couvrant le massif du Verdon limitrophe du territoire Luberon-Lure

En altitude, à l'horizon 2085, selon le scénario RCP 8.5, la température à 1200 m serait proche de celle d'aujourd'hui en plaine, soit une remontée altitudinale voisine de 1000 m. Les effets sur la biodiversité forestière par exemple seraient considérables. Et en cas de scénario intermédiaire, la remontée serait tout de même proche de 400 m.

Dans la plaine, entre le Petit Luberon et les monts du Vaucluse, en s'appuyant sur une approche multi-modèle, prenant en compte la médiane des résultats issus des différentes simulations climatiques régionales couvrant l'Europe (Euro-Cordex), des indicateurs climatiques montrent des tendances significatives ces prochaines décennies :

- nette augmentation du nombre de jours anormalement chauds[7] et de nuits anormalement chaudes[8] : multiplié par 2 à 6 selon scénarios et horizons ;

- forte augmentation du nombre de vagues de chaleur[9] : multiplié par 4 à 20 selon scénarios et horizons (les canicules estivales seront plus fréquentes et intenses) ;

- forte augmentation de l'extrême chaud de la température maximale[10] : en moyenne, +1,5 à 6,2°C selon scénarios et horizons. Dans le cas du scénario pessimiste, cela traduirait par des températures maximales extrêmes dépassant 45°C et localement 48°C, voire plus ;

- forte hausse des degré-jours de climatisation[11] (°C) : en été, +28 à 126 % selon scénarios et horizons ;

- allongement des périodes de sécheresse[12] : +1 à 3 jours en moyenne ;

- accroissement du nombre de jours d'été[13] : +16 à 52 % selon scénarios et horizons ;

- augmentation du nombre de nuits tropicales[14] : multiplié par 3 à 18 selon scénarios et horizons ;

- diminution du nombre de jours de gel : -18 à -50 % selon scénarios et horizons ;

- baisse des degré-jours de chauffage (°C) : en hiver, -7 à -27 % selon scénarios et horizons ;

- cumul annuel des précipitations stable, avec une hausse des précipitations hivernales, mais une tendance à la baisse en été (surtout pour le scénario pessimiste à l'horizon 2085 : -45 %) ;

- très légère hausse de la fraction des précipitations journalières intenses[15] (%) et du nombre de jours de fortes précipitations[16]…

Ces indicateurs climatiques montrent que la sévérité du climat méditerranéen s'accentuera à l'avenir. La résolution spatiale des modèles climatiques régionaux (8 x 8 km) masquent les disparités locales et lissent les événements climatiques extrêmes de type « épisodes méditerranéens » (pluies intenses) dont l'occurrence et l'intensité augmenteront (Cf. §2.3).

Pour accompagner les acteurs territoriaux et renforcer l'aide à la décision, le Parc du Luberon dispose toutefois de cartes du climat actuel et futur à fine échelle spatiale aux horizons 2035 et 2055 et pour les RCP 4.5 et RCP 8.5 (Figure 5, page suivante). Ces données permettent de connaître les microclimats et d'anticiper les changements climatiques (températures moyennes, minimales et maximales, précipitations).

Il est aujourd'hui possible d'établir un profil climatique des différents secteurs géographiques du Parc du Luberon. À partir des données disponibles, les acteurs territoriaux peuvent bénéficier de données précises pour anticiper l'avenir.



Mesures de la température automne 2019 - été 2020 dans la Réserve de biosphère Luberon-Lure

[7] Température maximale supérieure à 5°C à la normale.
[8] Température minimale supérieure à 5°C à la normale.
[9] Température maximale supérieure à 5°C à la normale pendant au moins 5 jours consécutifs.
[10] 90ème centile de la température maximale.
[11] La somme des degrés jours (DJ) permet de calculer les besoins de chauffage ou de climatisation d'un bâtiment et de réaliser des bilans thermiques. Cela dépend de la différence en degrés Celsius entre la température moyenne extérieure quotidienne et la température intérieure moyenne du bâtiment.
[12] Maximum de jours consécutifs avec précipitations inférieures à 1 mm.
[13] Température maximale supérieure à 25°C.
[14] Température minimale supérieure à 20°C.
[15] Précipitations au-dessus du 90ème centile annuel (équivalent des 10 % des pluies les plus intenses).
[16] Cumul de précipitations supérieur ou égal à 20 mm.

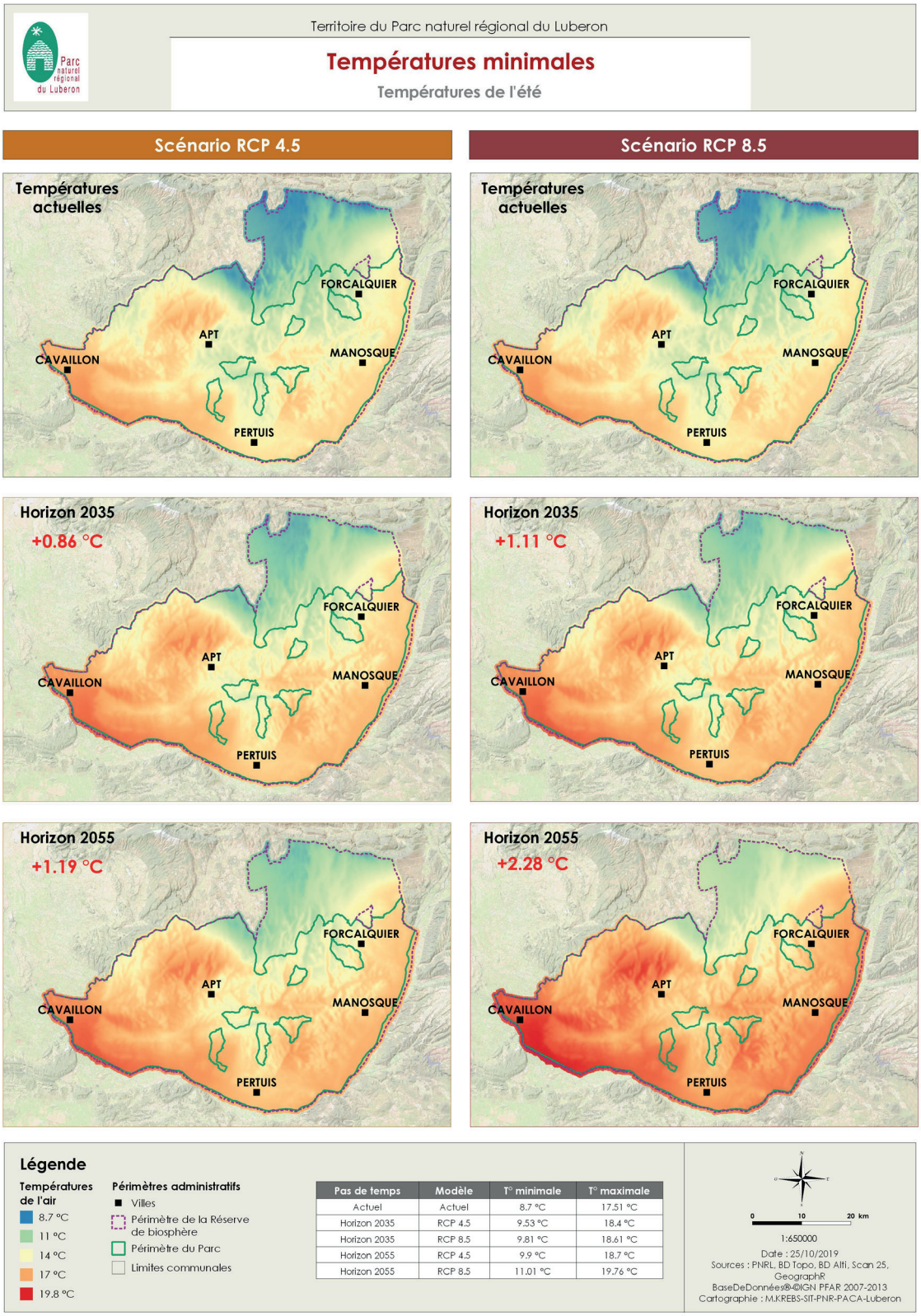


Figure 5. Évolution de la température minimale moyenne en été (juin à août) selon horizon et scénario socio-économique, par rapport à la période de référence 1996-2015, dans le Parc du Luberon

2.3. Des événements climatiques extrêmes en question

Une étude internationale[17] réalisée en 2017, relative aux effets du changement climatique sur la santé humaine, révèle que d'ici 2100, les évènements climatiques extrêmes tels que les canicules, les sécheresses, les pluies intenses, les tempêtes ou encore les méga-feux pourraient toucher deux Européens sur trois. La région Provence-Alpes-Côte d'Azur et donc le territoire Luberon-Lure sont concernés par ces phénomènes. Qu'en est-il de l'évolution des canicules ou des épisodes méditerranéens par exemple ?

[17] Lancet Planetary Health.

Des vagues de chaleur et des canicules plus fréquentes et plus intenses

En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, 18 des 28 vagues de chaleur[18] comptabilisées depuis 1947 se sont produites entre 2000 et 2019. Les vagues de chaleur et les canicules sont de plus en plus fréquentes et ont tendance à s'allonger et s'intensifier (Figure 6). Depuis 2000, plusieurs années ont été caractérisées par l'occurrence de plusieurs vagues de chaleur (3 en 2003, 2 en 2012, 3 en 2015 et 2 en 2019). L'année 2003, considérée comme historique, avec 44 jours de vagues de chaleur, a provoqué la mort de plus de 70 000 personnes en Europe dont 15 000 en France. En juin 2019, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur a enregistré la vague de chaleur la plus intense depuis 1947 ; les départements des Bouches-du-Rhône et du Vaucluse ont été, pour la première fois depuis la création de la vigilance canicule en 2004, classés en vigilance rouge par Météo-France (niveau maximal du Plan national d'alerte canicule). Dans le sud-est de la France, plus de la moitié des stations de Météo-France ont battu des records de température avec un pic de chaleur en France de 46°C à Vérargues (Hérault) le 28 juin 2019.
Ces anomalies exposent les populations à des risques sanitaires majeurs : déshydratation, hyperthermie, coup de chaleur, aggravation ou déclenchement de maladie... L'âge et la situation (isolement ou grossesse par exemple) augmentent la vulnérabilité des personnes face à ces évènements. 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 victimes en France. Les conséquences sur les écosystèmes et les cultures ont également été importantes avec des pertes sèches en termes de cultures et des observations de dépérissement au sein des peuplements forestiers.
Selon les projections climatiques de Météo-France, d'ici 2050[19], quels que soient les scénarios, les épisodes caniculaires (température élevée de jour comme de nuit) seront plus fréquents, légèrement plus longs et d'une intensité proches de 2003 et 2019 (années exceptionnelles). Après 2050, sans politique forte de réduction des émissions de gaz à effet de serre, ces évènements deviendront plus intenses avec des températures dépassant ponctuellement 50°C sur le territoire du Parc, mais aussi plus longs avec des durées pouvant atteindre 3 mois et donc des conséquences potentiellement catastrophiques.

En 28 juin 2019,
records absolus de température sur le territoire du PNR du Luberon :
39,8°C à Oppède,
43,6°C à Apt,
42,4°C à La Bastide-des-Jourdans

Épisodes méditerranéens : théories et observations confirment une augmentation

Le risque d'inondation dû aux épisodes méditerranéens menace une partie du Parc du Luberon. En 2019, Pertuis a fait face à deux épisodes de pluies intenses (23 septembre et 1er décembre 2019) pour lesquels l'état de catastrophe naturelle a été déclaré. Celui de décembre a entraîné un débordement de la rivière de l'Èze : plus de 400 hectares et deux quartiers ont été inondés ; plus de 300 personnes ont été secourues par les pompiers et une cinquantaine d'habitants ont été évacués. Jusqu'à très récemment, l'augmentation de ces évènements en fréquence et intensité, et son attribution au changement climatique, faisaient débat. Il est en effet très difficile d'enregistrer et analyser ces épisodes de pluie intense très courts et ponctuels dans l'espace et dans le temps. Mais aujourd'hui, plusieurs études confirment, à l'échelle de la région méditerranéenne française, une tendance à la hausse de l'intensité de ces phénomènes depuis le milieu du XXe siècle (+22 % avec une fourchette d'incertitude importante comprise entre 7 % et 39 %), avec un doublement de la fréquence des évènements dépassant le seuil de 200 mm de pluie par jour et une augmentation des surfaces touchées. Même si les incertitudes associées aux tendances futures sont relativement élevées, les décideurs doivent agir pour protéger les biens et les personnes, d'autant que ces études confirment l'attribution de ces tendances au changement climatique, notamment l'élévation des températures, donc une tendance à la hausse est implicitement très probable ces prochaines décennies. En effet, les travaux scientifiques récents

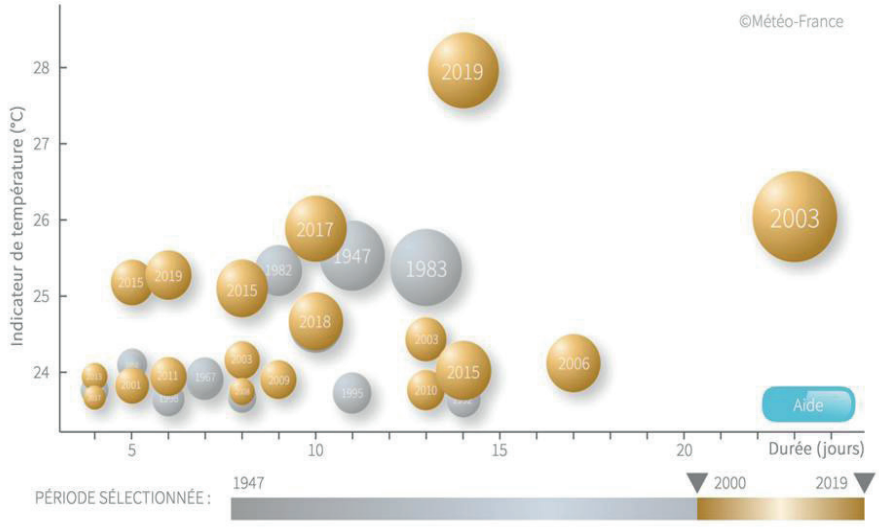


Figure 6. Vagues de chaleur observées en région Provence-Alpes-Côte d'Azur depuis 1947 (source : www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd, 2019)

La taille de chaque bulle représente la sévérité de la vague de chaleur. En gris, les vagues de chaleur sur la période 1947-2000 et en jaune, les vagues depuis 2000

[18] 5 jours consécutifs avec une température maximale supérieure de 5 degrés à la normale.
[19] Modèle régional Aladin, scénario RCP 8.5.

prédisent, au nord de la Méditerranée et tout particulièrement dans le sud de la France, une tendance à la hausse (+20 %, avec le scénario pessimiste RCP 8.5 pour 2100) des précipitations extrêmes, avec une période de retour de 20 ans.
Ces épisodes méditerranéens, souvent à l'origine de crues, peuvent être responsables de pertes de vies humaines, d'importants dégâts matériels et de répercussions sur la santé mentale des personnes. Ces dernières décennies, l'augmentation des précipitations extrêmes n'a pas abouti à une aggravation générale des inondations dans les bassins du sud de la France. Les territoires les plus urbanisés et peuplés ont souvent été les plus affectés par les événements destructeurs. L'artificialisation des surfaces et la densité de la population accentuent en effet les risques. À l'avenir, comme aujourd'hui, les effets des précipitations intenses dépendront de la vulnérabilité des territoires face aux inondations.

2.4. Quelle évolution quantitative et qualitative de la ressource en eau ?

Un territoire déjà dépendant des ressources extérieures

Bordé d'est en ouest en passant par le sud par la Durance, le territoire du Luberon est drainé par environ 2000 km de cours d'eau cumulés, composant quatre grands bassins hydrographiques. La forte présence de karsts et de calcaires très fissurés d'une part, et les irrégularités des précipitations inter et intra-annuelles d'autre part, caractérisent les rivières à régime intermittent de type méditerranéen du Parc. La majorité des écoulements de surface se perdent naturellement pour alimenter des aquifères plus ou moins profonds (aquifères de Fontaine-de-Vaucluse, bassin sédimentaire d'Apt-Forcalquier, bassin miocène du Sud Luberon), dont les ressources importantes sont parfois difficilement accessibles et exploitables.

Face à cette eau globalement rare en surface et inégalement répartie, de nombreux aménagements de transferts et de stockage d'eau ont été progressivement réalisés à partir de la Durance : des premiers canaux d'irrigation gravitaire, réalisés dès le XII^{e} siècle, aux aménagements plus récents sous pression mis en œuvre dans les années 1960. Pour satisfaire ses besoins en eau, tout usage confondu, le territoire du Parc du Luberon est aujourd'hui dépendant à 75 % du système Durance-Verdon qui sécurise d'ailleurs la ressource en eau d'une grande partie de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Pour autant, certains secteurs ne bénéficient pas ou peu de cette adduction d'eau. Ainsi, les eaux de surface des trois bassins versants du Cavalon-Coulon, Largue-Laye et Lauzon, sont classés déficitaires en eau (les besoins étant supérieurs à la disponibilité des ressources locales[20]).

Ces déséquilibres besoins *vs* ressources tendent à s'accentuer. Depuis les années 1970, on observe globalement à la fois une diminution des années très humides et une augmentation des années de forte sécheresse, avec notamment l'apparition d'années de sècheresse successives 1989-1990, 2006-2007, 2016-2017, 2017 étant une année de sécheresse record dépassant celle de 1921.

En exemple local, le suivi visuel des écoulements sur le Calavon amont à la station de Coste Raste (Figure 7), en place depuis 1964, montre l'évolution du nombre de jours d'assecs (sans eau) enregistré : en moyenne de 97 jours par an entre 1964 et 1997 contre 152 jours par an sur la période

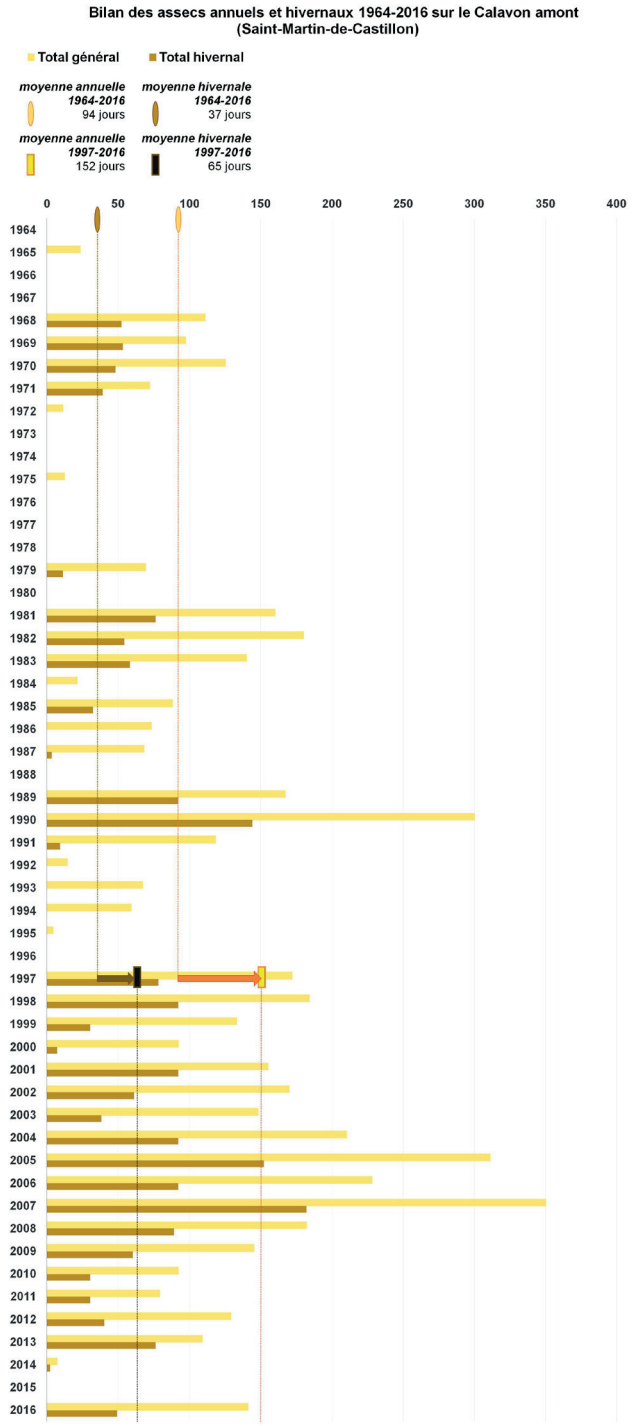


Figure 7. Nombre de jours d'assecs annuels et hivernaux, Calavon amont (source : station hydro SPC de Coste Raste à Saint-Martin-de-Castillon ; réalisation : GREC-SUD)

[20] Ces bassins sont classés prioritaires dans le Plan national de la gestion de la rareté de l'eau et en secteur déficitaire dans le Programme de mesure du SDAGE Rhône-Méditerranée 2016-2022.



1997-2017, avec une forte augmentation des assecs hivernaux. Cette récurrence des épisodes sévères de sècheresse montre que l'équilibre entre les ressources disponibles et les besoins en eau (alimentation en eau potable, énergie, irrigation, besoins minimums pour les milieux naturels) est de plus en plus en tension, avec pour conséquence une augmentation des conflits d'usages.

Les tensions autour de la ressource en eau susceptibles d'augmenter

La sécurisation en eau des territoires pourrait-elle être remise en cause à moyen ou long terme ? Vu les premiers signes de tension observés sur le système Durance-Verdon (2007 et 2017 en particulier), quel sera l'impact du changement climatique sur l'évolution quantitative et qualitative des ressources hydriques du territoire du Parc, mais aussi de la demande en eau ? Malgré les incertitudes sur l'évolution des précipitations et les pressions anthropiques futures (démographie, usages…), les résultats des travaux scientifiques convergent. Les effets d'un scénario de réchauffement global intermédiaire sur les ressources en eau, sur la période 2036-2065, donneraient les tendances suivantes sur le territoire du Parc :

- une diminution du débit moyen annuel compris entre -10 et -20 % ;
- un maintien, voire une légère hausse, des débits hivernaux ;
- une forte baisse des débits de surface printaniers et estivaux, conséquence d'une augmentation de la période de sécheresse estivale en intensité et en durée (elle commencerait dès le mois d'avril), et d'une diminution des stocks de neige et de leur fonte précoce ;
- une augmentation de la durée des étiages de 20 à 40 jours associée à une diminution des débits d'étiage de 0,5 à 1 m^3/s ;
- une diminution moyenne de la recharge des eaux souterraines de -10 à -25 %.

Ces tendances se traduisent clairement par une raréfaction de la ressource et donc une pression accrue sur la ressource, qui sera marquée pendant la période estivale avec la hausse des températures. Les conséquences sur les usages et la gestion de l'eau seront directes. Les bassins versants du Cavalon-Coulon (photo ci-contre, rivière du Calavon en aval du pont Julien) et du Largue-Laye ont déjà connus depuis 2005 des arrêtés de sécheresse au stade de crise entraînant la mise en place de restrictions d'usage sur le bassin, avec des conséquences sociales et économiques. La recherche d'un retour à l'équilibre entre besoins et ressources est prioritaire et déjà engagée sur ces bassins classés déficitaires, avec des objectifs et des mesures de réduction établis dans le cadre de Plans de gestion de la ressource en eau (PGRE). Les études prospectives menées sur plusieurs bassins de la Durance indiquent une augmentation importante des arrêtés de sécheresse d'ici 2050, soit un doublement, voire davantage selon les bassins, des cas de crises renforcées qui auront pour incidence un arrêt des prélèvements non prioritaires, y compris des prélèvements à des fins agricoles.

Cette diminution annoncée de la ressource, associée à une hausse des températures et des épisodes de pluies intenses, affecterait également la teneur en oxygène et la qualité microbiologique des cours eaux, et conduirait à une concentration des polluants dans les cours d'eau et les nappes phréatiques.

Une gestion des ressources en eau à adapter

Sur le long terme, la conjugaison de l'ensemble de ces phénomènes, sans une gestion de l'eau raisonnée et adaptée, aboutirait à des périodes de tensions : accès restreint à l'eau potable, disponibilité de la ressource limitée pour les cultures et l'élevage avec des risques potentiels sur la sécurité alimentaire, des besoins des milieux naturels partiellement satisfaits… Pour éviter les crises, la préservation des ressources doit être élargie à l'échelle du territoire, à l'image de la gestion du bassin versant Cavalon-Coulon doté d'un SAGE et d'un contrat rivière, avec des règles de partage de l'eau et des volumes maximums prélevables par secteur et période de l'année.

Dès à présent, il est urgent de s'interroger collectivement sur l'efficacité et la pérennité du système actuel, et d'anticiper la mise en œuvre de modalités d'adaptation durable à échelle du grand bassin de la Durance et de la région. Ces défis et plans d'adaptation de demain doivent impérativement prendre en compte le partage de la ressource (Durance) et nécessitent une gestion globale concertée, au même titre que le Contrat de rivière du Val de Durance (porté par le Syndicat mixte d'aménagement de la vallée de la Durance) et le projet de SAGE qui s'articulera avec les plans de gestion existants sur certains affluents de la Durance.

Pascal Dumoulin, chargé d'études « Ressource en eau », Syndicat mixte d'aménagement de la vallée de la Durance (SMAVD)

1. Quelle dépendance du territoire du Parc du Luberon à la ressource en eau de la Durance ?

Les transferts d'eau de la Durance vers le territoire du Parc du Luberon (Figure 8) totalisent annuellement environ 230 millions de m³ (Mm³). L'eau destinée à l'alimentation en eau potable (AEP, 16 Mm³) est prélevée par les syndicats Durance-Albion, Durance-Luberon et Durance-Ventoux. Elle provient essentiellement de la nappe alluviale de la Durance. Concernant l'irrigation, environ 210 Mm³ sont dérivés annuellement depuis la Durance vers les secteurs de Manosque, Pertuis et Cavaillon (canaux Cabedan-neuf, Saint-Julien et de l'Isle). À partir des années 1960, les réseaux sous-pression de la Société du Canal de Provence (SCP) ont permis la sécurisation et le développement de l'irrigation notamment sur le territoire Sud Luberon et le bassin du Calavon (5 Mm³). Tous ces prélèvements (hors nappe) s'effectuent sur le système Durance-Verdon et bénéficient ainsi d'un accès à la ressource sécurisé du fait de la présence des grandes retenues de tête de Serre-Ponçon et du Verdon.

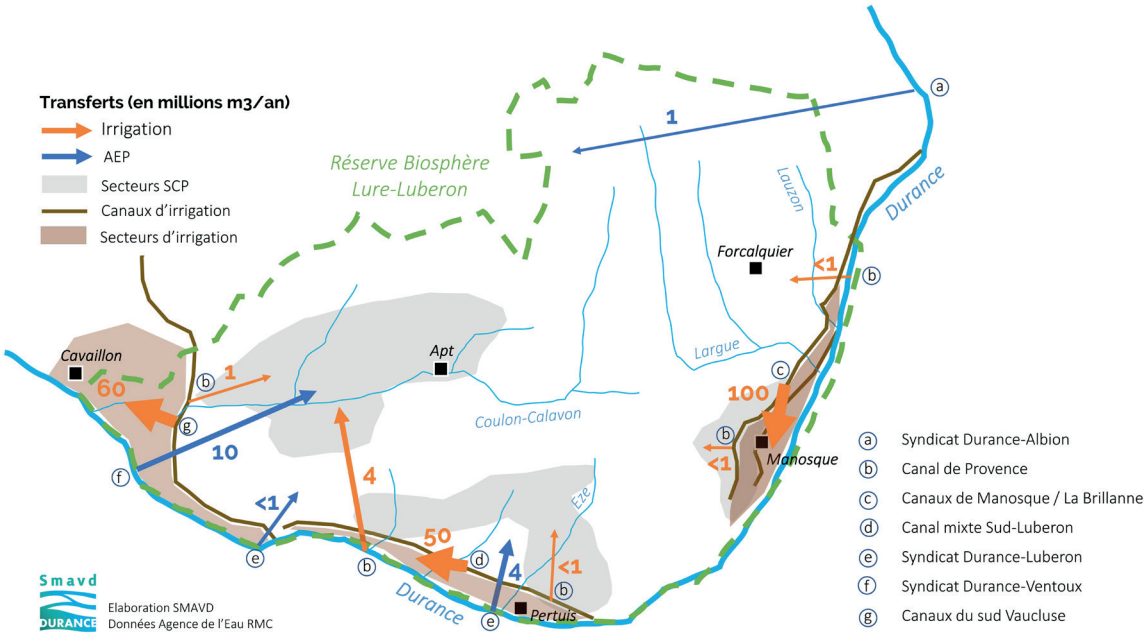


Figure 8. Schéma des transferts depuis de la Durance (millions m³/an)

2. Quelle articulation entre les enjeux du Parc du Luberon et ceux du bassin versant de la Durance ?

Les enjeux du Parc du Luberon portent à la fois sur le partage de la ressource en eau locale et les transferts d'eau depuis la nappe de la Durance et le système Durance-Verdon. Ainsi, les stratégies d'adaptation au changement climatique sur ce territoire doivent prendre en compte les fragilités et les potentialités de la ressource à l'échelle du grand bassin versant de la Durance. Le futur schéma d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE) Durance a pour ambition d'assurer une gestion équilibrée de la ressource commune du bassin de la Durance dans un contexte de changement climatique. Le périmètre du futur SAGE Durance n'englobera pas celui des SAGE existants du Verdon et du Calavon-Coulon, mais une instance inter-SAGE sera mise en place. Cela permettra de prendre compte les besoins des territoires affluents et d'articuler des stratégies cohérentes de partage de la ressource sur l'ensemble du bassin versant de la Durance.

3. La biodiversité au cœur des grands enjeux environnementaux et humains

Introduite en 1986, la notion de biodiversité est encore relativement récente, mais largement diffusée depuis la Convention sur la diversité biologique en 1992. Ses définitions et interprétations sont multiples. La définition la plus courante, se référant directement à la diversité biologique, est la suivante : « la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes » (article 2 de la Convention sur la diversité biologique signée lors du sommet de la Terre de Rio de Janeiro, 1992).
Au-delà de cette définition, la biodiversité comprend tous les niveaux d'organisation de l'ADN aux écosystèmes, mais surtout elle intègre les interactions entre les êtres vivants (consommation des végétaux par les herbivores, prédation, compétition, pollinisation, symbiose…) qui sont le moteur du fonctionnement des écosystèmes et de nos agrosystèmes. Aujourd'hui, la santé des écosystèmes dont nous dépendons, au même titre que toutes les autres espèces, se dégrade à une vitesse inégalée au niveau mondial et de ce fait, devient un enjeu environnemental, mais aussi socio-économique majeur. Dans ce contexte, le Parc du Luberon, fort de ses espaces naturels, développe, soutient et encourage des réflexions et expérimentations contribuant à la mise en place d'une gestion durable et rationnelle de la biodiversité avec pour objectif de « préserver l'authenticité du rapport de l'homme à la nature, en conciliant les multiples usages dans une optique de développement durable ».

3.1. Luberon-Lure, un territoire riche en biodiversité sous la menace du changement climatique

Ce territoire de l'arrière-pays méditerranéen est soumis à la fois aux influences climatiques des Alpes et de la Méditerranée. Il est caractérisé par un relief contrasté avec des massifs et contreforts, comme le Grand Luberon, le Petit Luberon, la montagne de Lure et les monts de Vaucluse, auxquels est associé un réseau hydrographique diversifié. Ces caractéristiques ajoutées à la forte variabilité topographique locale (pelouses, vallons, ravines, gorges, falaises…) et aux pratiques agricoles (pastoralisme, cultures…) créent une grande diversité d'habitats, de microclimats et de zones refuges qui facilitent la persistance des espèces. Grâce à l'ensemble de ces caractéristiques, le Parc du Luberon présente une biodiversité remarquable avec environ 270 espèces animales vertébrées (mammifères, oiseaux, reptiles, amphibiens, poissons) dont 70 d'entre elles protégées, 2300 espèces de papillons (40 % des espèces françaises), plus de 1800 espèces végétales (soit près du tiers de la flore française). En plus de sa richesse, la biodiversité locale présente une originalité avec la présence d'espèces endémiques, c'est-à-dire n'occupant, à l'échelle mondiale, qu'une aire extrêmement réduite. Cette présence est liée notamment à la forte diversité de refuges et micro-refuges qui abritent ces espèces depuis la dernière glaciation, mais aussi grâce à des écosystèmes et agrosystèmes méditerranéens (naturellement riches) relativement préservés de l'urbanisation et de l'intensification agricole.
Au regard de cette richesse, le Parc, et plus largement la Réserve de Biosphère Luberon-Lure, a pour mission de protéger et gérer ce patrimoine naturel, et s'attache donc à maintenir la diversité biologique remarquable de ses milieux, à préserver et valoriser ses ressources naturelles et ses paysages. Pour mieux connaître, préserver et valoriser les espèces rares ou communes, le Parc du Luberon et ses partenaires réalisent des inventaires et suivis, et animent des sites Natura 2000[21]. Le territoire compte ainsi 10 sites Natura 2000 qui constituent un des éléments essentiels des actions de conservation et de gestion.

Malgré ce patrimoine naturel remarquable qui bénéficie de nombreuses mesures et initiatives de préservation, le Luberon reste néanmoins sous la menace de pressions potentiellement néfastes pour la biodiversité locale :
- urbanisation : développement des villes et villages, mitage des espaces naturels ;
- intensification de l'agriculture, avec l'emploi de pesticides ;
- ruptures de continuité écologique ;
- fermeture et banalisation des milieux ;
- régression des zones humides ;
- changement climatique dont la pression s'exercera d'autant plus si les milieux sont dégradés ou sous tensions.


Libellule (*Sympetrum fonscolombii*)

[21] Les sites Natura 2000 sont des outils fondamentaux de la politique européenne de préservation de la biodiversité qui vise une meilleure prise en compte des enjeux de biodiversité. Ils sont désignés pour protéger un certain nombre d'habitats et d'espèces représentatifs de la biodiversité européenne : www.natura2000.fr

La biodiversité face au changement climatique

L'Union internationale de conservation de la nature (UICN) a identifié les principales causes qui menacent la biodiversité au niveau mondial :

- surexploitation des ressources naturelles sur les continents comme dans les océans ;
- artificialisation des sols et uniformisation des paysages liées à l'urbanisation et l'agriculture intensive ;
- utilisation massive de pesticides et herbicides ;
- déforestation ;
- climat.

> ***« D'ici 2050, le changement climatique causera des effets négatifs sur la biodiversité comparables aux pressions imposées par les changements d'usages des terres »***
> **(rapport IPBES, 2019)**

En 2019, le rapport de l'IPBES[22] tire la sonnette d'alarme : il met en évidence un effondrement de la biodiversité terrestre et marine, et une dégradation sans précédent des services rendus par les écosystèmes.
Grâce aux mesures de gestion et de conservation mises en place pour préserver le patrimoine naturel face à la pression anthropique, la biodiversité exceptionnelle de la Réserve de biosphère est aujourd'hui relativement épargnée. Cependant, malgré les précautions, elle reste sous la menace d'un autre phénomène : le changement climatique.

> ***« Limiter le réchauffement de la planète à 1,5°C par rapport à 2°C permet de réduire de moitié les risques de perte de biodiversité et de dégradation des écosystèmes »***
> **(rapport spécial 1.5 du GIEC, 2018)**

Les effets du changement climatique (hausse des températures, sécheresses, évènements extrêmes…) sur la biodiversité sont encore mal connus car ils sont parfois difficiles à percevoir et à dissocier des facteurs anthropiques. Le changement climatique agit sur les organismes, leur fécondité, leur sex-ratio, leur physiologie, leur capacité à résister aux maladies, la phénologie (date de floraison par exemple), les dates de migrations, etc. Les conséquences en cascades modifient les interactions entre organismes (désynchronisation, pollinisation moins efficace, nouvelles prédations…), déséquilibrent les écosystèmes (migrations et raréfaction d'espèces, productivité en baisse…) avec *in fine* une dégradation des nombreux services rendus par la nature. Même si cela peut paraître paradoxal, le changement climatique, avec ses rétroactions négatives et positives, ne conduit pas nécessairement à la dégradation des écosystèmes.
Les impacts du changement climatique seront très variables selon les profils des territoires et les capacités d'adaptation des espèces. Aujourd'hui, le changement climatique vient globalement renforcer les fragilités existantes des écosystèmes et il est encore très difficile de différencier les effets du changement climatique des autres facteurs de régression. Sur le territoire de la Réserve de biosphère, certaines conséquences du changement climatique sont déjà constatées et seront inévitables dans les prochaines décennies : pression accrue sur la ressource en eau avec des conséquences importantes sur les zones humides et leur biodiversité ; développement accru d'espèces exotiques envahissantes favorisées par la hausse des températures ; régression, voire disparition, de certaines espèces et de milieux affectionnant la fraîcheur, comme par exemple les pelouses de crêtes, sensibles à la sécheresse et à la hausse des températures.

Ces questions soulignent l'importance d'inventorier et de suivre sur le long terme l'évolution et le comportement des espèces animales et végétales, et plus largement des écosystèmes. Les sites Natura 2000, les ZNIEFF[23], les bases de données naturalistes et les inventaires de zones humides[24] qui couvrent une grande partie de la Réserve de biosphère Luberon-Lure, les sites du réseau Alpages sentinelles sur la crête du Grand Luberon, l'observatoire de la chênaie pubescente à Saint-Michel-l'Observatoire, mais aussi les initiatives de sciences participatives (l'Observatoire des saisons[25]), font partie du dispositif qui facilite la compréhension des mécanismes et processus engendrés par le changement climatique, et permet de mieux cibler les mesures de gestion de la biodiversité.


Pâturages, Grand Luberon

3.2. Les milieux ouverts : un équilibre entre pâturages et espaces naturels

Les pâturages et garrigues, largement entretenus par l'activité pastorale, représentent un patrimoine écologique et culturel remarquable, avec notamment les pelouses sommitales du Grand Luberon classées parmi les sites Natura 2000. Cependant, malgré les mesures de soutien à l'élevage ovin, une régression constante de ces milieux est observée avec, par exemple, une colonisation du buis sur les pelouses et pâturages et, sur les crêtes, un développement

[22] Rapport IPBES (en français, Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques, voir aussi §2.1), communiqué de presse et chiffres-clés : https://ipbes.net/news/media-release-global-Assessment-fr
[23] Lancé en 1982, l'inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) a pour objectif d'identifier et de décrire, sur l'ensemble du territoire national, des secteurs de grand intérêt écologique abritant la biodiversité patrimoniale, dans la perspective de créer un socle de connaissances, mais aussi un outil d'aide à la décision (protection de l'espace, aménagement du territoire).
[24] SILENE-PACA : www.silene.eu ; geo.pnrpaca.org/portail-geographique-des-zones-humides-de-provence-alpes-cote-dazur
[25] www·obs-saisons·fr/ODSProvence_presentation

ZOOM 1

Des pollinisateurs désorientés

Contribuant à plus de 35 % de la production agricole, les pollinisateurs[26] jouent un rôle crucial dans notre alimentation. En transportant le pollen d'une fleur à l'autre, ces insectes favorisent la fécondation et la production de graines et de fruits, et participent ainsi à la production agricole, mais également à la reproduction des plantes sauvages. En l'absence de pollinisateurs, 87 % des espèces végétales seraient menacées et par conséquent une grande partie de la biodiversité végétale. Au-delà des traitements phytosanitaires (pesticides), de la disparition des habitats naturels (monoculture par exemple), des changements d'usage des sols et des agents pathogènes qui demeurent les principales menaces qui pèsent sur les pollinisateurs, le changement climatique commence également à affecter ces insectes et leurs ressources. Par exemple, une forte chaleur et une sécheresse extrême, comme en juin ou juillet 2019, peuvent affecter les fleurs, qui, sans eau, vont produire peu (ou pas) de nectar et amener les abeilles à mourir de faim. Un autre effet potentiel est la désynchronisation entre la période de floraison, décalée en raison de températures plus chaudes, et la période d'activité des insectes.

Une étude récente, menée par une équipe de l'IMBE[27], a mis en évidence un autre risque pour les pollinisateurs : ils ne reconnaîtraient plus l'odeur des fleurs. En effet, pour repérer leur nourriture, ils font appel essentiellement à leurs sens (vue et odorat) pour identifier le nombre, la couleur et le parfum (ou odeur) des fleurs. Une abeille serait ainsi capable de mémoriser un parfum et de l'associer à la ressource de la plante en question. Or, lorsqu'une plante subit un stress, un manque d'eau ou encore une forte chaleur, son odeur est modifiée, en émettant des composés de défense contre le stress. Une fleur de romarin en état de stress émet par exemple beaucoup plus de molécules et par conséquent une odeur plus intense susceptible de désorienter les abeilles.

En créant des conditions de stress hydrique et thermique, le changement climatique modifie donc le parfum des plantes, mais aussi probablement le nombre de fleurs et la composition chimique du nectar, ce qui désoriente les abeilles.



Un pollinisateur *Andrena ovatula* sur une fleur de Sainfoin

[26] La majorité d'entre eux sont des insectes, tout particulièrement de la famille des abeilles (près de 1000 espèces différentes en France), des papillons ou encore des diptères comme les syrphes.
[27] Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale (Aix-Marseille Université).

des pelouses à Brome érigé aux dépens des landes endémiques à Genêt de Villars. Si cette évolution s'explique en grande partie par la diminution de la pression pastorale, il est fort probable que la hausse des températures et les sécheresses successives observées ces dernières années contribuent à la pression exercée sur ces milieux considérés par les experts du GIEC comme très vulnérables au changement climatique. À court terme, ce dernier sera responsable d'une diminution de la quantité et de la qualité de la ressource fourragère, et à plus long terme, conduira à une dégradation des milieux pastoraux parfois importante sur certains milieux fragiles, comme les crêtes du Luberon et de la Montagne de Lure.

Afin de mieux comprendre l'évolution des différents milieux, le rôle respectif des pratiques pastorales, des dynamiques végétales et du changement climatique, et d'éviter les risques de conflits entre gestionnaires des espaces naturels et éleveurs, le Parc du Luberon a rejoint en 2015, avec les unités pastorales des crêtes du Grand Luberon fortes de près de 40 années de suivi et de gestion concertée, le programme de recherche et de gouvernance Alpages sentinelles. Le réseau Alpages sentinelles est né dans le Parc national des Écrins en 2008 et s'est progressivement élargi en Vanoise, dans le Vercors, la Chartreuse, le Luberon, au Ventoux, dans le Parc national du Mercantour et la vallée de l'Ubaye. Ce dispositif, basé sur le dialogue et la coopération, animé dans le Luberon par le Centre d'études et de réalisations pastorales Alpes-Méditerranée (CERPAM) et le Parc naturel régional du Luberon, associe éleveurs et bergers, techniciens agricoles et pastoralistes, chercheurs (écologues, agronomes, climatologues…) et gestionnaires d'espaces protégés. Dans ce cadre, et avec l'objectif d'une vision d'ensemble, plusieurs analyses et suivis ont été mis en place en prenant en compte les conditions climatiques, les dynamiques des milieux semi-naturels (en termes de biodiversité et de ressource pastorale), les pratiques et la gestion pastorale de l'alpage, et les logiques de fonctionnement des exploitations agricoles. L'ambition est de suivre les évolutions sur le moyen et le long terme. En ce sens, le programme s'est doté de protocoles de recueils de données à la fois robustes, adaptés aux conditions de terrain et réalisables avec les moyens humains disponibles. Cet outil permet de partager les observations de terrain qui servent de support aux discussions et réflexions autour de la gestion de l'alpage en concertation avec les différents acteurs.

La question de l'impact du changement climatique sur les milieux ouverts pâturés recouvre des enjeux majeurs, à la fois pour une gestion durable des milieux et de la biodiversité, et pour le maintien d'une économie pastorale valorisant les territoires : entretien des milieux ouverts pour la défense des forêts contre les incendies (DFCI) ou le maintien de milieux naturels remar-

quables. De plus, situés en lisière sud du massif alpin, les milieux ouverts, qualifiés de « presqu'alpages », du Grand Luberon sont en première ligne du réchauffement climatique et servent de sentinelles précieuses pour étudier les bouleversements attendus dans l'ensemble des Alpes. En situation de crête, ces pelouses sommitales isolées du reste des Alpes n'ont pas d'échappatoire en altitude. Elles sont donc condamnées à se transformer avec comme corollaire la disparition très probable de certaines espèces d'affinités alpines.

4. Des écosystèmes forestiers au cœur des enjeux locaux

Les écosystèmes forestiers du Parc du Luberon représentent une ressource économique, abritent une riche biodiversité, protègent les sols, séquestrent du carbone, offrent une multitude de loisirs… Leur état de santé et leur maintien dépendent notamment des pollutions, de l'évolution du climat, des incendies et de la gestion forestière. Les scientifiques surveillent en permanence les forêts pour comprendre leur fonctionnement, évaluer leur degré de résistance et leur résilience face au changement climatique et à la pollution de l'air, identifier les points de rupture, étudier leur dynamique après les feux…

4.1. Les écosystèmes forestiers sources de multiples services

À l'échelle de la Réserve de biosphère Luberon-Lure, les espaces forestiers couvrent environ 150 000 hectares, soit près de 65 % du territoire, ce qui représente un taux de boisement particulièrement élevé (48 % dans la région et 29 % en France). La couverture forestière n'a pas toujours été aussi importante : sur le territoire du Parc, le taux de boisement n'était que de 27 % vers 1860. Une grande majorité des forêts actuelles ont progressé en profitant du mouvement de fond de la déprise agropastorale, et dans une moindre mesure lors des campagnes de restauration des terrains en montagne du XIX^{e} siècle (cèdres du Petit Luberon…) ou encore, dans les années 1960, avec le Fond forestier national (reboisements des monts de Vaucluse et de la montagne de Lure…). La surface forestière augmente encore aujourd'hui.

La grande variabilité des conditions climatiques, des étages méso et supra-méditerranéens jusqu'à l'étage montagnard, les conditions topo-édaphiques (altitude, exposition, sols et nature de la roche-mère), mais aussi l'histoire de la recolonisation forestière, sont à l'origine de la diversité forestière du territoire qui héberge une grande variété d'essences et donc une riche biodiversité. Cette grande diversité forestière contribue à la présence de très nombreuses espèces : les plus représentées sont les feuillus avec principalement le chêne pubescent (ou chêne blanc) qui couvre de grandes surfaces depuis le versant nord du Luberon jusqu'au pied du versant sud de la montagne de Lure, accompagnées souvent de plusieurs espèces d'érables, de sorbiers et parfois de tilleuls. La chênaie verte, plus adaptée aux situations sèches et rocailleuses, privilégie les versants sud, les crêtes du Petit Luberon et les contreforts des monts de Vaucluse. Les pinèdes de pin d'Alep, qui ont profité de l'abandon des terres agricoles et pastorales, occupent surtout les zones sud et est du territoire. Hors grandes formations forestières, le pin sylvestre est également présent sur les reliefs et plateaux (piémonts de Lure et Luberon oriental), tout comme les hêtres, arbres de montagne, sur les versants de la montagne de Lure, les monts de Vaucluse et l'ubac du Grand Luberon, et plus localement les cèdres, notamment dans le Petit Luberon, qui sont d'implantation plus récente. Des arbres se développent aussi le long des ripisylves ou sur les sols acides qu'affectionnent les pins maritimes (sables des Ocres par exemple) et les châtaigniers sur le plateau d'Albion et le Pays de Banon (calcaire à silex, grès).

Les écosystèmes forestiers fournissent de nombreux services :

- production de bois (matériaux, papier, énergie…) ;
- refuges pour la biodiversité avec des habitats pour la faune et la flore particulièrement importants au sein des vieilles forêts ;
- lutte contre l'érosion des sols et régulation des crues lors des épisodes de précipitations intenses ;
- protection de la ressource en eau en favorisant l'infiltration ;
- régulation et épuration des eaux ;
- séquestration du carbone nécessaire pour réduire les émissions de gaz à effet de serre ;
- espaces récréatifs pour le tourisme reposant sur la qualité des milieux naturels ;
- ressource en produits non ligneux : fruits, champignons…

L'ensemble de ces services ont pris aujourd'hui, dans ce contexte de crise climatique et environnementale, une importance considérable dans les stratégies d'atténuation et d'adaptation des territoires. Conserver les écosystèmes en bonne santé est essentiel et incontournable pour maintenir les différents services rendus par la forêt. La hausse des températures et de la concentration en CO_2 devrait avoir un effet bénéfique sur la productivité des essences forestières (excepté pour les essences en limite méridionale de leur aire de répartition comme le pin sylvestre ou le hêtre), car elle favorise l'efficience de la photosynthèse et allonge la période de végétation. Mais ces effets bénéfiques tendent à être supplantés par les effets négatifs : en modifiant la phénologie, le réchauffement perturbe les cycles de végétation des arbres, les fragilise, modifie leur fertilité et les expose aux gels tardifs. Les événements climatiques extrêmes, comme les vagues de chaleur de 2003 et 2019 ou les sécheresses successives de 2006-2007 et 2016-2017, qui tendront à se répéter et s'intensifier à l'avenir, affecteront aussi durement les écosystèmes forestiers. Ces facteurs associés aux épisodes de pollution à l'ozone ou aux attaques de pathogènes, accentueront la sensibilité des arbres avec un risque de dépérissement et/ou de mortalité, même dans certains cas pour les espèces méditerranéennes résistantes, comme le pin d'Alep et les chênes vert et blanc. Les peuplements forestiers répondront de façon très contrastée à ces phénomènes en fonction de leur histoire, leur situation géographique, les conditions topographiques et édaphiques, et leur patrimoine génétique.

ZOOM 2

La chênaie pubescente scrutée à la loupe

Pour anticiper les évolutions futures, il est nécessaire de mieux comprendre le fonctionnement de la forêt méditerranéenne. Ainsi, le site expérimental O3HP (Oak Observatory at the OHP), basé à Saint-Michel l'Observatoire et géré par l'IMBE, a pour objectif d'étudier la dynamique, le fonctionnement et la biodiversité de la chênaie pubescente afin de mieux comprendre son comportement face au changement climatique. Le dispositif O3HP s'organise autour de 3 éléments : un système de passerelles instrumentées installées au niveau de la canopée, un système d'exclusion de pluie qui permet de simuler une augmentation du stress hydrique et un réseau de capteurs qui fournit des informations en temps réel à la fois sur les conditions microclimatiques et l'activité des arbres (flux de sèves, croissance…).





Sur le site, les équipes étudient notamment les effets de la sécheresse accrue sur le métabolisme primaire et secondaire des chênes, leur phénologie, la biodiversité du sol, le processus de décomposition des litières et le stockage du carbone. Elles comparent les arbres situés sur deux parcelles : l'une, soumise à une sécheresse plus intense de 30 % grâce à un système d'exclusion des pluies printanières et estivales, et l'autre, en conditions normales. Concernant le sol de cette chênaie, la parcelle où le stress hydrique a été fortement augmenté indique (i) une diminution de l'abondance (entre 50 et 60 %) et de la diversité de la mésofaune[28] du sol colonisant la litière (à des degrés divers pour les collemboles et acariens), (ii) un ralentissement de la décomposition de la litière et de la remise à disposition du carbone et de l'azote. Cette étude a également mis en évidence que la présence de plusieurs espèces végétales dans la litière atténuait ces impacts négatifs. Ce dernier point souligne l'intérêt de conserver la diversité des espèces végétales locales dans les forêts méditerranéennes de manière à limiter les conséquences du changement climatique.

[28] Petits invertébrés vivant dans les sols (forêts, prairies…).

4.2. Le cycle du carbone des forêts

Les activités anthropiques émettent quotidiennement de grandes quantités de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. L'exploitation des énergies fossiles (extraction du charbon, du pétrole et du gaz, production d'énergie…), l'industrie, le transport, le bâtiment, le changement d'occupation des sols, l'agriculture, les incendies ou encore la déforestation rejettent dans l'atmosphère du dioxyde de carbone (CO_2), du méthane, du protoxyde d'azote… De manière générale, les émissions de carbone (CO_2 ou équivalent[29] CO_2) dépassent largement les capacités de stockage[30] et de séquestration[31] des écosystèmes naturels marins (océans, mers) et terrestres (forêts, biomasse souterraine et aérienne, zones humides[32]…). En d'autres termes, le puits de carbone, constitué de différents réservoirs (Figure 9) tels que l'atmosphère, l'hydrosphère (masses d'eau), la biosphère (végétation haute et basse dite « biomasse ligneuse ») et la lithosphère (litière, subsurface et sol ou biomasse souterraine), est saturé, ce qui se traduit par un déséquilibre chronique qui renforce, jour après jour, l'effet de serre responsable des changements climatiques à l'échelle globale et locale (augmentation de la température de l'air et des surfaces en eau, de la fréquence et de l'intensité des sécheresses et des canicules, modifications des régimes de pluies, fonte des glaces, acidité des océans…). Aujourd'hui, près de 5 gigatonnes (Gt) de carbone s'accumulent chaque année dans l'atmosphère (Figure 9) car il n'est pas absorbé par les différents puits. Les fourchettes d'incertitudes demeurent grandes, mais les ordres de grandeur sont établis.

Le stockage et la séquestration du carbone suit un cycle caractérisé par deux échelles de temps :

[29] Mesure métrique consistant à comparer les émissions des différents GES sur la base de leur potentiel de réchauffement global (PRG) respectif.
[30] Quantité totale de carbone stockée à un instant t dans un ou plusieurs puits de carbone.
[31] La séquestration intervient quand les flux entrants de carbone (puits) sont supérieurs aux flux sortants (sources).
[32] Elles émettent du méthane, mais leurs bénéfices sont considérés supérieurs (puits de carbone naturels).

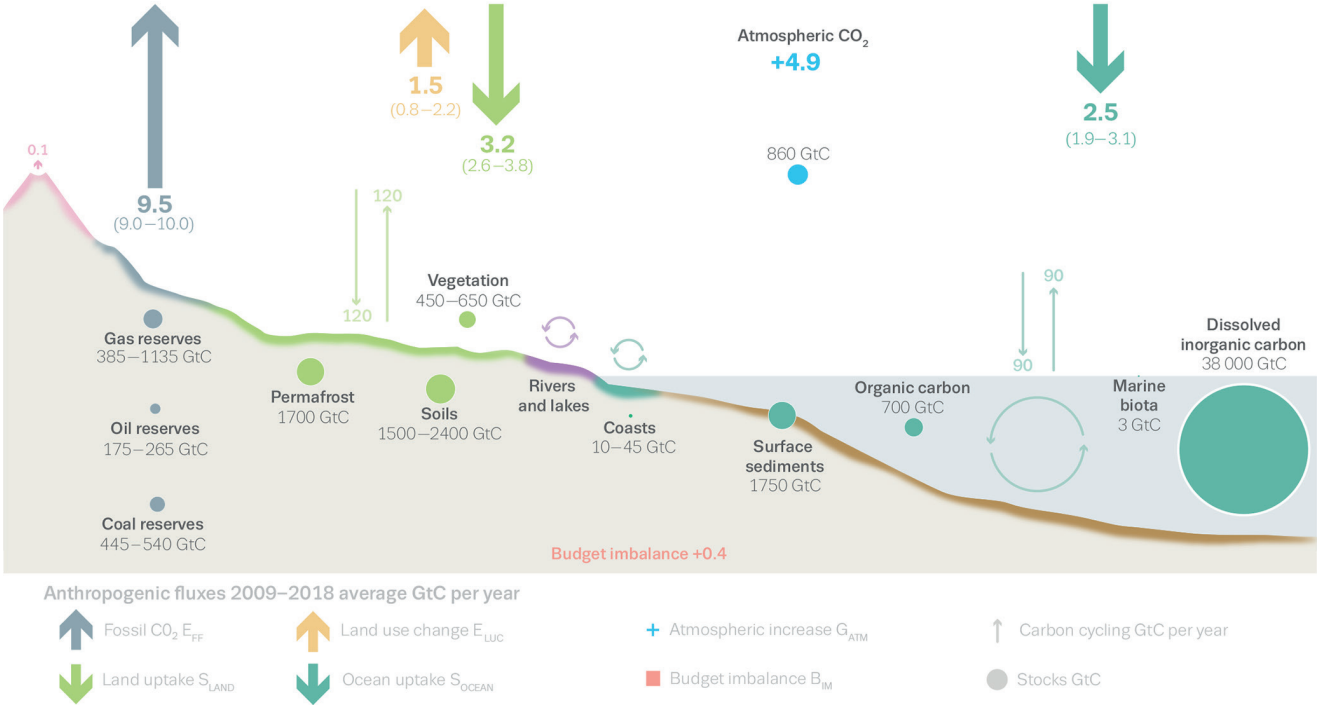


Figure 9. Le cycle global du carbone
(source : Global Carbon Project, supplemental data of Global Carbon Budget 2018)

- le cycle long (temps géologiques) caractérisé par l'accumulation de combustibles fossiles organiques, gaz, pétrole, etc. ;
- le cycle court (quelques années à un siècle), caractérisé par les processus de photosynthèse et de respiration. Les plantes captent le CO_2 dans l'atmosphère grâce à la photosynthèse, fixent le carbone du CO_2 et l'incorporent dans la biomasse, puis dans les sols sous forme de composés organiques à l'aide des racines et de la décomposition des plantes et autres organismes vivants. Le carbone piégé dans le sol contribue alors à l'absorption d'une partie du CO_2 de l'air. Par le processus de respiration, les végétaux rejettent inversement du CO_2 dans l'atmosphère.

Les sols contiennent trois fois plus de carbone que l'atmosphère ou la végétation terrestre, ce qui signifie qu'il faut éviter de déstocker le carbone des sols, d'autant que, potentiellement, les sols et la biomasse déstockent beaucoup plus vite qu'ils ne stockent, ce qui signifie que les flux « sortants » sont plus importants que les flux « entrants ». Les stocks de carbone sont ainsi soumis à des « flux » liés à différents facteurs tels que la croissance des forêts, le changement d'affectation des sols, le choix des cultures, la gestion d'apports exogènes (favoriser les apports organiques naturels par exemple) et le changement climatique. La question de la stabilité et de la réversibilité des stocks de carbone à court, moyen et long terme reste un verrou scientifique et méthodologique, mais les connaissances progressent.

Grâce à la photosynthèse, la biomasse permet de stocker le CO_2 sous forme de matières organiques vivantes ou mortes. Cette production de matières organiques constitue un stockage temporaire de CO_2 qui peut nourrir les autres êtres vivants qui vont ensuite dégager une partie du CO_2 et permettre un stockage du carbone dans la litière et les sols sous forme d'humus, ou dans les roches énergétiques (tourbe, charbon, pétrole, gaz, etc.). Les matières organiques assurent des fonctions essentielles dans les sols en termes de fertilité chimique (nutrition des plantes), fertilité biologique (ressource trophique des organismes vivants du sol), qualité physique (rétention de l'eau, structure du sol), mais aussi en termes de qualité de l'eau (par la production de nitrates et phosphates, et la rétention des pesticides et métaux), de qualité de l'air et de gestion du cycle des polluants. Les matières organiques se renouvellent constamment par apport et biodégradation (débris végétaux et organismes vivants, molécules organiques associées aux minéraux du sol).

En France, la biomasse forestière capte 70 millions de tonnes de CO_2 par an (soit 10 à 15 % des émissions nationales). Elle contribue donc activement à la lutte contre le réchauffement climatique. En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, la forêt représente près de 50 % du territoire (§4.1 ; dans le Var, le taux s'élève même à 60 %) : le taux de boisement régional est 20 % plus élevé que la moyenne nationale. Dans le Parc du Luberon, la forêt représente une très grande majorité des espaces naturels qui couvrent plus de 50 % du territoire du Parc. La gestion des anciennes et jeunes forêts est donc un enjeu local majeur. Associer les propriétaires privés et publics pour préserver la mixité et la santé des forêts, véritables puits de carbone à l'échelle territoriale, seraient bénéfiques. Cela permettrait non seulement de réguler le climat, mais aussi de maintenir la fertilité des sols forestiers et la biodiversité, contrôler l'érosion des sols...


Forêt de cèdres du Petit Luberon

ZOOM 3

Une tour mesure en permanence les concentrations de gaz à effet de serre

Une tour haute de 100 mètres, qui vient compléter le dispositif de mesures environnementales démarré avec l'O3HP (lire Zoom 2), a été installée à l'Observatoire de Haute-Provence (OHP), au cœur du territoire de la Réserve de biosphère Luberon-Lure. Cette tour est une antenne régionale[33] du réseau européen d'observation ICOS[34] qui a pour objectif de mesurer les échanges de gaz à effet de serre (GES) et d'évaluer l'impact sur l'atmosphère et le climat des politiques de réduction adoptées. ICOS est dédiée à la mesure des flux et des concentrations en dioxyde de carbone, méthane et oxyde nitreux de 2016 à 2035. Les objectifs scientifiques de ce programme sont les suivants :

- tracer les flux de carbone en Europe à travers des réseaux intégrés,
- fournir les observations sur le long terme nécessaires pour comprendre l'état présent et prévoir le comportement du carbone global et des émissions des GES,
- surveiller et évaluer l'efficacité de la séquestration du carbone et/ou de la réduction des émissions de GES, en prenant en compte les sources et les puits par région géographique et par secteur d'activité.

Cette tour (photo ci-dessous) est équipée d'instruments situés à 10, 50 et 100 m de hauteur qui enregistrent les paramètres suivants : température, direction et vitesse du vent, pression atmosphérique, humidité, concentrations en dioxyde de carbone (CO_2), méthane (CH_4), monoxyde de carbone (CO), eau (H_2O), protoxyde d'azote (N_2O), isotopes de carbone, etc. Son rôle est d'étudier la place de la forêt méditerranéenne dans le bilan de carbone et de mesurer la contribution de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur en GES, suivre leurs évolutions et permettre ainsi de mesurer l'impact des mesures de réduction des GES mises en place dans la région.



Tour ICOS à proximité du système d'exclusion des pluies de l'O3HP et de l'Observatoire de Haute-Provence

[33] Programme de recherche qui implique plusieurs équipes d'Aix-Marseille Université et du CNRS dont 3 laboratoires de l'OSU Institut Pythéas (CEREGE, IMBE et MIO), la fédération de recherche ECCOREV et le Labex OT-Med.
[34] Integrated Carbon Observation System.



4.3. Une gestion forestière face à de nouveaux enjeux

Dans ce contexte de changements (usages des terres, érosion de la biodiversité et évolution climatique), la gestion forestière fait face à de nombreux défis. Elle doit prendre en compte les intérêts multiples des parties prenantes bénéficiant des fonctions et services écologiques, économiques et sociaux des écosystèmes forestiers. Ainsi, aujourd'hui, un des premiers objectifs pour les forestiers est de mettre en place des stratégies d'adaptation au changement climatique afin de réduire la vulnérabilité des forêts, renforcer leur résilience et leur capacité de reprise en cas de perturbations. L'autre priorité est de concilier la stratégie de gestion avec l'ensemble des acteurs et des services rendus par les écosystèmes forestiers, au-delà de la production de bois, des loisirs et de la chasse, notamment sur les questions de séquestration du carbone et de préservation de la biodiversité. Ces nouveaux enjeux nécessitent une implication de tous les acteurs de la forêt et de la biodiversité au sens large, et une évolution des outils et des pratiques de gestion et planification forestières qui étaient, jusqu'à récemment, trop centrés sur la seule production forestière. En ce sens, le PNR du Luberon et les collectivités locales se sont engagés dans une gestion durable de la forêt à travers la Charte forestière de la Réserve de biosphère Luberon-Lure, née du rapprochement de la Charte forestière du Parc du Luberon et de la Charte forestière de la montagne de Lure. La mise en place de cette stratégie locale de gestion forestière qualitative a permis de créer des liens entre différents acteurs (administrations, propriétaires, gestionnaires et usagers de la forêt), de faire converger des intérêts et ainsi coordonner des actions en faveur du développement d'une sylviculture rentable et patrimoniale respectant la diversité biologique. Cela passe notamment par la protection des forêts les plus anciennes et la mise en place d'une « trame de vieux bois ».

Devant l'urgence de stocker davantage de carbone dans les sols et la biomasse des forêts, des propositions sur la gestion forestière en France ont été émises. Parmi différents scénarios, une solution pour compenser les impacts négatifs du changement climatique et stimuler les puits de carbone forestiers serait d'opter pour une sylviculture plus « dynamique ». Mais les incertitudes relatives à la séquestration et les stocks de carbone sont telles que privilégier une sylviculture plus intensive paraît très risqué. Cette dernière ne doit pas se faire au détriment du carbone stocké dans les sols, des vieilles forêts et des autres services écosystémiques (notamment biodiversité). Pour rappel, une vieille forêt, même si son taux de séquestration annuelle de carbone n'est pas toujours aussi élevé qu'une jeune forêt en pleine expansion, piège malgré tout une très grande quantité de carbone et surtout représente un stock de carbone très important à préserver en plus des services indéniables qu'elle rend à la biodiversité.

4.4. Effets de la pollution à l'ozone et du changement climatique sur la forêt

Le changement climatique et la pollution de l'air, tous deux étroitement liés, modifient la dynamique des forêts, ce qui complexifie la gestion forestière du Parc du Luberon. Le réchauffement climatique est aujourd'hui un fait avéré. Le sud-est de la France est l'une des régions les plus affectées par le changement climatique et la pollution à l'ozone troposphérique (O_3) en Europe. La formation de l'O_3 se produit lorsque les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone et les composés organiques volatils réagissent dans l'atmosphère en présence de rayonnement solaire. À ce jour, l'O_3 est le polluant atmosphérique le plus préoccupant pour les forêts (Figure 10). Les concentrations moyennes annuelles les plus élevées sont enregistrées dans le sud-est de la France, en raison du développement industriel, de l'accroissement du trafic routier, du fort ensoleillement et du transport à longue distance d'O_3 et de ses précurseurs émis au niveau des zones urbanisées. Les concentrations moyennes annuelles en O_3 les plus élevées sont mesurées en zone rurale, notamment en altitude (Figure 11).
Dans le sud-est de la France, les niveaux d'O_3 sont 5 fois supérieurs au seuil de protection des forêts et sont suffisamment élevés pour affecter les arbres en induisant des nécroses foliaires, une chute prématurée des feuilles, une

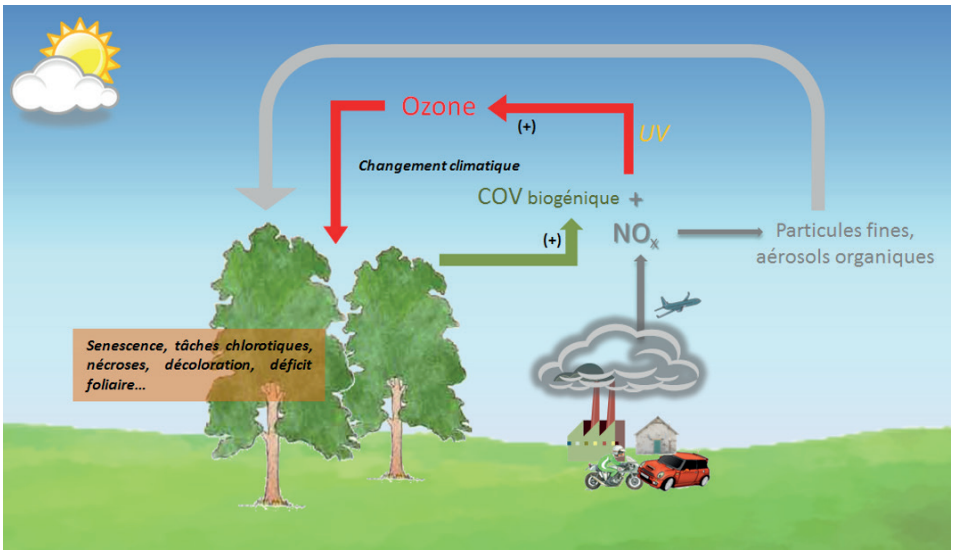


Figure 10. Effets de la pollution à l'ozone sur les forêts (Sicard, 2019)

diminution de la teneur en chlorophylle des feuilles et une réduction du taux d'activité photosynthétique. Les dommages entraînent une diminution de la croissance et un affaiblissement des plantes, les rendant plus sensibles aux attaques parasitaires et aux aléas climatiques (sécheresse par exemple). Les premiers symptômes se manifestent, pour certaines espèces, par des chloroses diffuses sur la partie supérieure du feuillage (exemples : *Acer campestre*, *Alnus glutinisa* et *Corylus avellana*). Pour les arbustes (exemples : *Viburnum*, *Spiraea*, *Chamaenerion angustifolium*), les dégâts d'O_3 se caractérisent par des rougissements le long des nervures sur les parties du feuillage exposées à la lumière. Le Parc du Luberon n'est pas épargné par la pollution à l'O_3. En effet, les activités humaines dans les aires urbaines voisines (Aix-Marseille, Avignon), mais aussi au-delà, chargent l'air de polluants primaires qui, sous l'effet du rayonnement solaire et des températures élevées, se transforment en O_3. Le déplacement des masses d'air atteignent les zones rurales comme le Luberon et le sud des Alpes-de-Haute-Provence.

Même si les concentrations en O_3 diminuent au cours du temps, avec le changement climatique, du fait de l'augmentation des températures de l'air et de l'allongement de la période végétative (environ 7 jours par décennie), les arbres absorberont des quantités plus importantes d'O_3 et seront donc plus affectés. Avec des températures plus élevées, la végétation s'assèche et le risque de départ de feu est plus fort. Dans certaines régions, le changement climatique devrait également entraîner une baisse de la pluviométrie durant les saisons propices aux incendies, aggravant le phénomène. Les pratiques sylvicoles adaptatives (exemple : sélectionner des espèces adaptées aux conditions climatiques locales et résistantes à la sécheresse et aux maladies) représentent l'une des clefs pour atténuer les impacts du changement climatique et de la pollution de l'air sur les forêts.

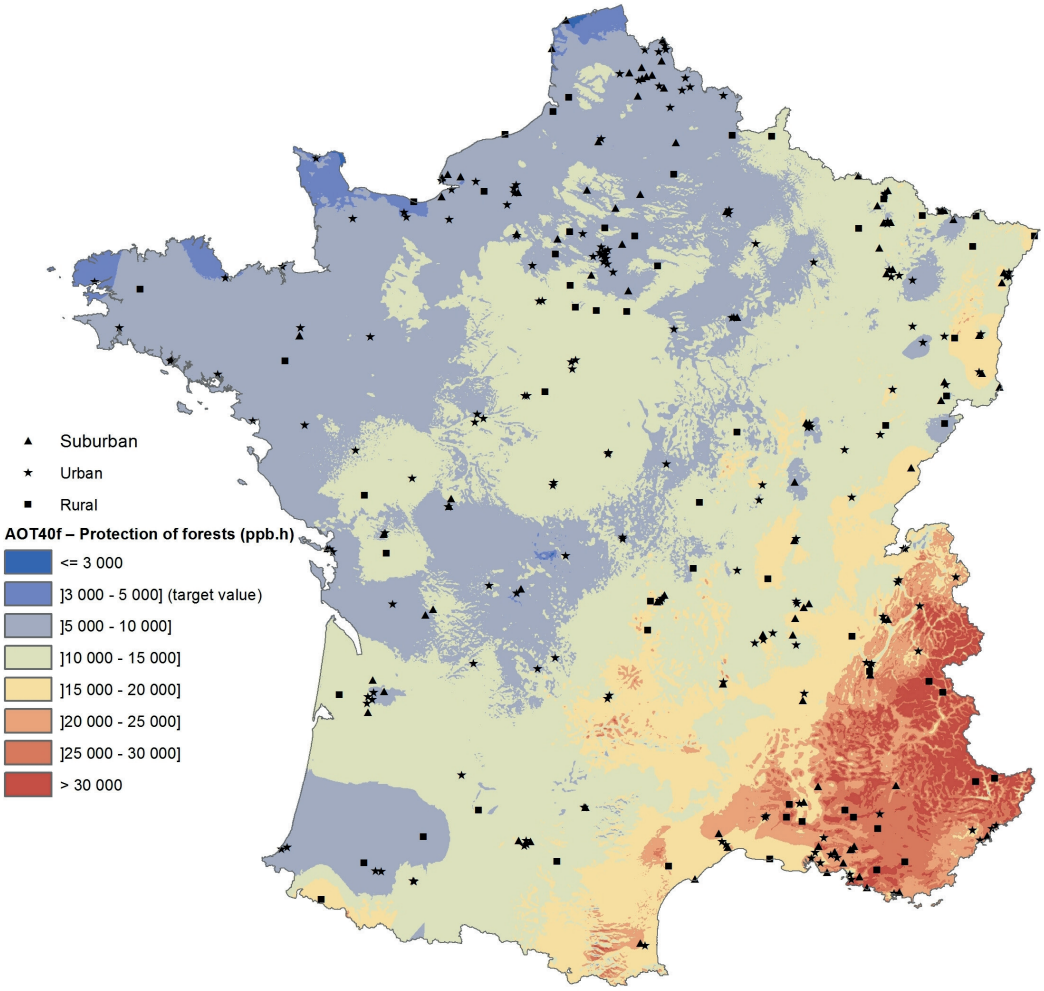


Figure 11. AOT40 (Accumulated Ozone exposure over a Threshold of 40 Parts Per Billion) pour les forêts méditerranéennes. Lorsque l'AOT 40 excède 5000 ppb.h, il y a un risque d'endommagement des forêts lié à la pollution à l'ozone (Sicard et *al.*, 2016)

4.5. Le risque incendie en augmentation

Les incendies, dont les éclosions dépendent d'interactions complexes entre le climat, la météo, la quantité de combustible, l'aménagement du territoire et les populations, font partie des principales perturbations des écosystèmes forestiers. La politique de lutte contre les incendies, mise en place dans le sud de la France au début des années 1990, a eu pour conséquence une forte diminution du nombre d'incendies et une réduction considérable de la taille des incendies et des zones brûlées après 1994. Cependant, il n'est pas certain que cette stratégie reste efficace dans le contexte de changement global qui pose de nouveaux défis en matière d'incendies, comme en témoignent les incendies dévastateurs de 2003 (canicule) et 2016-2017 (sècheresse). En effet, si aujourd'hui les incendies dans le sud

de la France sont principalement provoqués par le vent, les grands incendies « convectifs » liés à la chaleur présenteront un risque considérable dans les années à venir.

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, soit lors d'une sécheresse modérée (de type canicule soudaine) ou intense (de type sécheresse associée à des températures élevées). Les conditions plus chaudes et plus sèches prévues sur le territoire de la Réserve de biosphère Luberon-Lure devraient ainsi favoriser ces incendies caractéristiques. Une étude récente a montré que la fréquence de ces feux provoqués par la chaleur augmenterait de 42 % d'ici la fin du siècle (2071-2100) selon le scénario RCP 4.5 et de 90 % selon le RCP 8.5. Les surfaces brulées seraient également en forte hausse et les zones sensibles s'étendraient vers le nord et les montagnes méditerranéennes, comme par exemple la montagne de Lure. Sur le territoire du Parc du Luberon, le nombre de jours par an présentant un indice de danger élevé (Indice Forêt-Météo, IFM > 40, Figure 12), une dizaine aujourd'hui, 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 XXIe siècle (2078-2098).

L'accroissement de la fréquence et de l'intensité des incendies affectera de façon importante les écosystèmes (forêt et biodiversité en général), les humains et les infrastructures si rien n'est fait en termes de gestion forestière et d'aménagement du territoire.

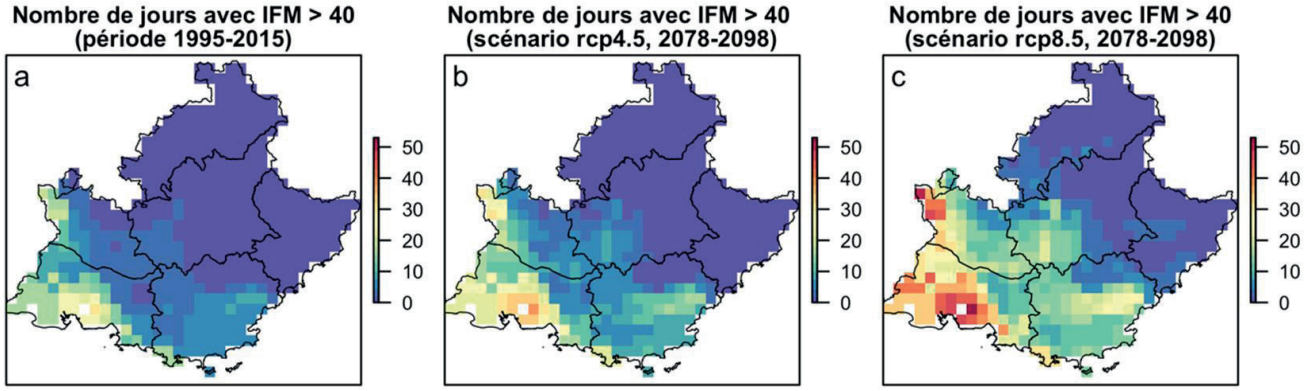


Figure 12. Nombre de jours par an présentant des indices de danger élevés (Indice Forêt-Météo, IFM > 40) sur (a) la période passée (1995-2015) et la fin du XXIe siècle (2078-2098), si (b) des mesures drastiques sont prises pour limiter les émissions de gaz à effet de serre (RCP 4.5) ou si (c) la tendance actuelle se poursuit (RCP 8.5), Fargeon, 2020

5. Une agriculture locale sous tension

L'agriculture du Parc du Luberon est incontestablement une richesse locale d'utilité publique en pleine mutation. Aujourd'hui, à l'heure des circuits courts, des productions de qualité, des valeurs gustatives, de la valorisation des activités agricoles, des équilibres alimentaires et du développement durable, l'agriculture locale anime les débats économiques, environnementaux, sociaux, politiques... Mais, avec le changement climatique, son avenir est sous tension : quels effets de la hausse des températures sur le développement des cultures, quelles ressources en eau, quelle résistance des variétés ? Des premières réponses sont apportées ici pour conserver des systèmes agricoles productifs et vivants.

5.1. Une agriculture fragilisée, mais prometteuse

Face au changement climatique, l'agriculture du Parc du Luberon est à la croisée des chemins. Elle représente une activité majeure du territoire avec 48 000 ha de surface agricole (seules les forêts couvrent une surface plus vaste) et près de 2000 exploitations, même si elle est en recul depuis 40 ans (baisse du nombre d'actifs, des surfaces cultivées, du nombre de productions...). Aujourd'hui, elle reste une composante essentielle des paysages du Parc du Luberon et contribue grandement à l'équilibre économique, environnemental et social du territoire. Par exemple, le tourisme et l'agriculture sont à l'échelle territoriale deux secteurs économiques indissociables qui s'appuient l'un sur l'autre pour résister aux mutations du tissu économique et à la mondialisation. La variété des cultures (blé, vignes, cerisiers, abricots, oliviers, plantes aromatiques, truffes...) et l'élevage (ovins et caprins), le savoir-faire traditionnel des exploitants et les pratiques locales, les sols et le climat confèrent une force, une identité et une renommée internationale à l'agriculture du Parc. Les terroirs et les labels (AOC, AOP, IGP Luberon et Haute-Provence) contribuent aussi au dynamisme agricole et valorisent les produits locaux comme l'huile d'olive, le vin, les fromages de chèvre... En misant sur la qualité des produits agricoles, les pratiques vertueuses, les chartes de production, la préservation des écosystèmes agricoles et de la biodiversité ou encore les variétés paysannes, les agriculteurs ont la volonté de pérenniser leurs activités et de fidéliser une clientèle exi-

geante, soucieuse de son alimentation et de son environnement. En se dotant d'un « Projet alimentaire territorial », les acteurs locaux ont également envoyé un signal fort à toute la filière.

L'évolution du climat méditerranéen ces prochaines décennies risque de fragiliser l'agriculture locale en plaine comme en montagne. Les effets du changement climatique à court, moyen et long terme perturberont tout le système agricole : les cycles végétatifs des cultures (phénologie des plantes) sont d'ores et déjà perturbés avec des printemps et des étés plus précoces ; les événements climatiques extrêmes (vagues de chaleur, canicules, sécheresses, pluies intenses, gel tardif…) s'intensifieront ; les rendements agricoles tendront à la baisse (c'est déjà le cas pour le blé dur) : l'absence de températures froides propices au repos des arbres fruitiers, par exemple, conduira à une productivité plus faible ; des types de cépages ne supporteront plus la chaleur estivale ; les alpages et les pâturages souffriront ; les épisodes de pluie intenses accentueront l'érosion des sols ; les ressources en eau deviendront plus capricieuses, tandis que les besoins augmenteront (arrosage, irrigation, eau potable, loisirs) ; le Luberon dépendra de plus en plus d'apports en eau externes (Durance, Verdon) eux-mêmes appelés à diminuer (la quantité de neige et le régime de pluie en montagne joueront un rôle majeur) ; les pluies seront probablement plus abondantes en hiver, mais plus faibles en été, ce qui se traduira par des sols très secs au niveau des couches superficielles et profondes ; les eaux souterraines seront affectées… Ainsi, la vulnérabilité de l'agriculture et de ses acteurs grandira si les pratiques n'évoluent pas, et le bouleversement climatique risque de fragiliser durablement tout le secteur agricole et les activités associées. Pour éviter une crise, il est nécessaire de mettre en œuvre des pistes d'adaptation au changement climatique, mais aussi d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre car l'agriculture est un secteur économique qui contribue aux rejets de polluants dans l'atmosphère. Les flux de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane, protoxyde d'azote) liés aux cycles biogéochimiques des cultures et de l'élevage, ainsi que les émissions de dioxyde de carbone (CO_2) liées aux travaux agricoles, participent au réchauffement climatique, tout comme les changements d'occupation du sol qui peuvent potentiellement déstocker du CO_2 dans l'atmosphère par exemple. L'usage de machines fonctionnant au fuel (machines agricoles) et d'engrais chimiques, dont la fabrication est énergivore, est aussi source d'émissions de GES. L'agriculture ne se contente donc pas de subir les nouvelles contraintes climatiques, mais favorise leur renforcement. Même si l'agriculture du Parc du Luberon est plus raisonnée (voire biologique) qu'intensive, elle doit aussi s'interroger sur sa responsabilité d'autant qu'elle tend par ailleurs à réduire et minéraliser la matière organique du sol, à limiter le potentiel de photosynthèse (et donc la captation du CO_2), à baisser la réserve utile en eau des sols, à diminuer les pollinisateurs…

Pour mieux comprendre les enjeux entre agriculture et climat, il convient de privilégier une approche systémique car les interactions sont multiples.

Pour résister au changement climatique, l'agriculture de demain devra :

- être plus économe en eau (systèmes de goutte-à-goutte pour l'irrigation par exemple) ;
- privilégier des variétés culturales résistantes au stress hydrique et aux températures élevées ;
- protèger la biodiversité en favorisant les rotations et la diversité des assolements ;
- réduire les périodes de sol nu en couvrant le sol (paillage, mulch, bandes enherbées dans les rangs, bois raméaux fragmentés…) pour limiter l'érosion, l'évaporation et le ruissellement ;
- utiliser plus de produits résiduaires organiques (fumiers, lisiers, composts, boues de station d'épuration, déchets verts, digestats de méthanisation et certains déchets industriels sources de carbone au sol) ;
- implanter des cultures en altitude sans grignoter les espaces forestiers (ou gestion adaptative) pour bénéficier d'un climat plus tempéré…


Vergers, Lacoste

L'agriculture de conservation (conservation du sol par réduction ou suppression du labour, avec apport de matière organique au sol), l'agriculture biologique (remplacement des engrais chimiques de synthèse par les engrais organiques…) et l'agroforesterie, associant arbres et cultures ou élevage sur une même parcelle (grâce aux arbres, les cultures ont accès à des ressources supplémentaires), sont trois systèmes d'agriculture susceptibles de renforcer conjoitement la séquestration du carbone dans les sols et compatibles avec les pratiques locales. Les agriculteurs du Parc du Luberon, grâce à leur savoir-faire, ont l'opportunité de renforcer leur exemplarité et de préserver leurs terroirs tout en les adaptant au changement climatique.

5.2. La viticulture du Parc du Luberon a encore un avenir

Les effets du changement climatique sur les vignobles sont visibles depuis des décennies : avancée des dates de vendanges de plus de 3 semaines, déficits hydriques accrus, augmentation du degré d'alcool, acidité plus faible des vins, évolution des profils aromatiques, rayonnement incident plus fort, recrudescence des attaques de champignons (mildiou, botrytis, oïdium...) et d'insectes ravageurs… En France, la hausse de la température de l'air est plutôt bénéfique aux vignobles septentrionaux (Champagne par exemple), mais les vignobles du sud de la France, comme ceux du Parc du Luberon, souffrent davantage : les fortes températures estivales, les épisodes de canicule et les sécheresses imposent un stress hydrique intense à la plante ; le manque de froid perturbe la phénologie de la vigne ; le risque de gel tardif augmente après une longue période de redoux qui favorise le débourrement… Les terroirs viticoles du Luberon subissent ainsi, en plus de la variabilité interannuelle du climat méditerranéen, des conditions climatiques sévères. D'après les projections climatiques, ces conditions difficiles se renforceront ces prochaines décennies. En l'absence d'adaptation, les rendements des vignes en région méditerranéenne pourraient diminuer d'au moins 15 à 35 % à la fin du siècle.

Pour faire face au défi climatique, des stratégies d'adaptation sont à mettre en œuvre et doivent même laisser la place à de profondes mutations des pratiques agricoles. En se référant au scénario socio-économique intermédiaire (RCP 4.5), la température moyenne annuelle de l'air sera supérieure de +1°C à l'horizon 2050 par rapport à aujourd'hui (soit +2,1°C par rapport à l'ère industrielle) et la période estivale connaîtra des hausses moyennes de juin à septembre de l'ordre de +1,2 à +1,5°C au même horizon. Cela se traduira aussi par une multiplication des événements climatiques extrêmes (canicules estivales de 2003 ou 2019 par exemple). Les répercussions d'ordres agricoles, environnementales et économiques, avec une compétitivité accrue entre les vignobles et donc les vins, seront négatives.

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

- favoriser la diversité de la vigne afin de maintenir la période de maturité du raisin en septembre. Le cépage « idéal » serait tardif, assez résistant aux fortes températures, aux contraintes hydriques sévères, mais aussi aux maladies. Il présenterait un bon équilibre entre les sucres (l'alcool potentiel) et l'acidité, et produirait suffisamment de raisins pour garantir un rendement économique viable. Cela passe par l'exploration de différents clones de cépages déjà cultivés localement, la revalorisation d'anciens cépages autochtones potentiellement adaptés aux nouvelles conditions climatiques, l'évaluation de cépages provenant d'autres régions (y compris de l'étranger) et enfin la création variétale classique ;
- utiliser des techniques permettant de retarder le cycle reproducteur de la vigne : taille tardive même si elle impose des contraintes de main d'œuvre, jouer sur la hauteur du tronc, augmenter la hauteur de rognage dans les mêmes proportions que l'augmentation de la hauteur du tronc, etc. ;
- assurer un meilleur pilotage et suivi de l'état hydrique de la vigne via l'irrigation de précision (quand c'est possible) afin de limiter les pertes de rendement ;
- privilégier les sols ayant un fort potentiel en réserve utile (RU) pour maintenir le rendement (sans RU, il est primordial de limiter le rendement pour conserver des vins de qualité) ;
- maintenir et entretenir un couvert végétal entre les rangs (enherbement) : source de matières organiques, stabilité des sols ;
- limiter l'exposition des grappes de raisins au rayonnement direct car celle-ci augmente la teneur en composés phénoliques du raisin et modifie le profil aromatique des vins. Le risque de brûlure en amont de véraison peut aussi affecter les raisins ;
- choisir des variétés résistantes[35] aux maladies cryptogamiques (mildiou ou oïdium par exemple) tout en réduisant l'utilisation des produits phytosanitaires ;
- faire accepter aux consommateurs l'évolution du goût des vins en fonction des stratégies d'adaptation ;
- adapter les techniques œnologiques et la législation vitivinicole…

Avec un réchauffement de +1 à +2°C par rapport à aujourd'hui, ces recommandations permettraient de poursuivre la viticulture dans le Parc du Luberon. Il faudra aussi envisager un déplacement du vignoble à des altitudes plus élevées. Cette relocalisation deviendra nécessaire si l'augmentation de la température est proche de +4 ou +5°C d'ici 2100, ce qui sera le cas si les émissions de GES ne diminuent pas.

Tirer le meilleur parti d'un vignoble demande 20 à 40 ans : il est donc essentiel d'agir dès aujourd'hui pour préparer l'avenir.



[35] À titre d'exemples (les cépages sont à sélectionner en fonction des caractéristiques du terroir viticole du Luberon) : http://observatoire-cepages-resistants.fr/les-fiches-cepages-resistants/.

5.3. Quelle irrigation des cerisiers et des vignes dans le Luberon ?

En région méditerranéenne, les étés secs et chauds obligent aujourd'hui au recours à l'irrigation pour de nombreuses cultures, y compris pour les cultures réputées résistantes à la sécheresse. Les Alpes constituent un « château d'eau » dont les aménagements de la Durance et du Verdon assurent les besoins en eau sur une grande partie du Vaucluse. Le déploiement de canaux d'irrigation sous pression a modifié les modes d'irrigation : les systèmes gravitaires ont laissé la place à l'aspersion et la micro-irrigation (micro-aspersion ou irrigation goutte-à-goutte), permettant ainsi d'importantes économies d'eau.

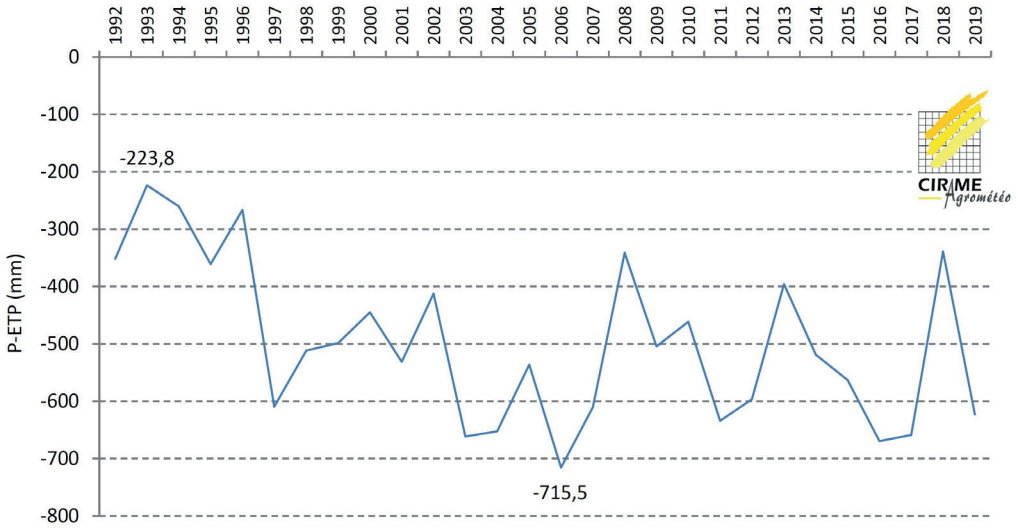


Figure 13. Déficit hydrique climatique (P-ETP) d'avril à septembre à Bonnieux (source : CIRAME)

Les changements climatiques (évapotranspiration potentielle en hausse, changement du régime des pluies…) entraînent toutefois une augmentation des besoins en eau des cultures pendant la période végétative : à Bonnieux, le déficit hydrique climatique sur la période d'avril à septembre (Figure 13) est passé de 406 mm (en moyenne) au cours des années 1990 à 546 mm ces 10 dernières années (+34 %). Afin d'apporter les justes besoins en eau des cultures, l'aide au pilotage des irrigations a évolué : utilisation de bilans hydriques calculés, suivis tensiométriques à lecture directe (à eau, Watermark), puis tensiomètres reliés à une centrale d'acquisition (Monitor), et aujourd'hui outils connectés qui ouvrent la perspective à des pilotages plus précis (Monitor R2DX, sondes capacitives, photo ci-contre).


Sonde capacitive connectée Drill&Drop sur cerisier

Si l'irrigation des cerisiers et du raisin de table s'est généralisée ces dernières décennies (si accès à l'eau possible), le recours à l'irrigation en vigne de cuve (destinée à produire du vin), rare il y a encore vingt ans, devient de plus en plus fréquent (avec l'accord de l'Institut national de l'origine et de la qualité[36]), non pas pour augmenter les rendements, mais pour maintenir une certaine qualité de la vendange (et donc du vin) et assurer la survie du vignoble. Sans irrigation, seules les parcelles avec un sol profond à forte capacité de rétention en eau seront viables.

La ressource en eau à l'horizon 2030-2050 risque de baisser, avec des débits d'étiage plus marqués. Alors que les besoins en eau des cultures vont encore croître, l'adaptation au changement climatique passera par toute pratique favorisant les économies d'eau (meilleur pilotage de l'irrigation, paillage, ombrière, agroécologie…).

[36] www.inao.gouv.fr

Stéphane Jézéquel, ingénieur Arvalis, Institut du végétal

1. Quelles cultures sont tolérantes au changement climatique dans le Parc du Luberon ?

Il n'existe pas de cultures réellement tolérantes, dans la mesure où le changement climatique n'est pas « seulement » plus de chaud ou de sec au printemps et en été, mais aussi une augmentation de la fréquence d'évènements exceptionnels (gels, inondations…). Néanmoins, au sein des cultures annuelles, les cultures à cycle long, comme le blé, ont plus de capacités de récupération des accidents que les cultures à cycle court (cultures d'été, comme le maïs ou le tournesol). Au final, la résilience se situe plutôt au niveau de l'exploitation agricole en mixant les cultures et en allongeant les rotations, ce qui permet de diluer et d'atténuer les risques climatiques. L'accès à l'eau d'irrigation, avec une utilisation économe et durable (ressource d'hiver renouvelable stockée et non-pompage dans une nappe fossile, utilisation économe avec mesure de l'efficience : quantité utilisée/production permise), reste un facteur déterminant d'atténuation de l'aléa climatique et de maintien de la biodiversité, notamment en terrains superficiels (coteaux, plateaux) où la réserve hydrique des sols est faible.

2. Les variétés modernes sont-elles plus résistantes que les variétés paysannes ?

La frontière entre variétés modernes et paysannes n'est pas si facile à tracer : la variété Florence-Aurore (blé) par exemple est-elle moderne ou paysanne ? Par ailleurs, les travaux menés ces dernières années par Agribio04 et Arvalis sous l'égide du Parc du Luberon ont montré qu'il y avait autant de variabilité au sein de chaque groupe (variétés modernes ou paysannes) qu'entre les deux groupes. Par conséquent, il est assez hasardeux d'avancer une conclusion définitive à ce propos. Cependant, certains facteurs se dégagent : globalement, le groupe des variétés modernes se montre plus souple vis-à-vis des aléas climatiques : meilleure tolérance aux maladies, meilleure capacité de production et récupération en présence d'aléas, grâce à une meilleure fertilité des épis. Ces résultats qui peuvent paraître contre-intuitifs (une variété paysanne ancienne est supposée être « rustique » et « adaptée au terroir ») sont néanmoins logiques dans la mesure où les variétés anciennes ont été sélectionnées par nos aïeux en présence d'un climat qui était à l'époque plus favorable, tandis que les modernes ont, pour les plus récentes (après 1990), subi dès leur sélection un climat difficile. Précisons que les variétés modernes européennes de blé sont sélectionnées par des processus classiques de croisements (sans OGM).

3. Ces 20 prochaines années, quelles tendances des rendements agricoles ? Quels apports de la génétique ?

Au final, disposer d'un nombre élevé de variétés (paysannes et modernes), adaptées au terroir et balayant une grande diversité génétique, est un gage de durabilité pour la production locale de céréales. Grâce à cette diversité variétale et à l'allongement des rotations introduisant davantage de légumineuses, la chute des rendements a été enrayée et même inversée malgré le durcissement du climat : depuis 10 ans, dans les zones où les rotations se sont améliorées, les rendements des mauvaises années ont progressé d'environ 10 quintaux/ha, malgré une dégradation des paramètres climatiques, preuve que l'évolution des pratiques peut permettre de s'adapter au climat. Il reste un important chemin à parcourir pour mettre au point des itinéraires techniques toujours moins consommateurs de produits de synthèse, en favorisant les régulations naturelles, sans pour autant sacrifier les capacités de production qui restent vitales pour alimenter les filières et rémunérer les agriculteurs. La génétique, dans toutes ses dimensions, reste un levier décisif pour relever ce défi.







Mylène Maurel, responsable du pôle « Agriculture et Tourisme durables, Économie responsable » au Parc naturel régional du Luberon (PNRL)

Actuellement, l'agriculture locale favorise-t-elle une alimentation méditerranéenne durable ?

L'alimentation durable a été définie par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) : « elle contribue à protéger et à respecter la biodiversité et les écosystèmes, est culturellement acceptable, économiquement équitable et accessible, abordable, nutritionnellement sûre et saine, et permet d'optimiser les ressources naturelles et humaines ».
Le Luberon est composé de terroirs agricoles d'exception riches d'une grande diversité de productions : fruits, légumes, céréales, huile d'olive, produits carnés et laitiers, vin… Ces différents produits composent la diète méditerranéenne, inscrite sur la liste représentative du patrimoine culturel immatériel de l'humanité par l'UNESCO et reconnue comme un régime de santé à recommander. Le Parc du Luberon a exprimé sa volonté de préserver et valoriser ce « trésor » de santé pour ses habitants et les générations futures. En ce sens, il a développé un projet alimentaire territorial (PAT). Ce dernier vise à relocaliser l'alimentation en développant au maximum les circuits courts (marchés, magasins de producteurs…), favoriser le local et le bio dans les cantines, préserver les terres agricoles et miser sur l'agroécologie.
Cependant, même si une dynamique territoriale, associant de multiples acteurs, est en cours pour assurer cette transition agricole et alimentaire, le territoire reste encore faiblement autosuffisant (15 %). En outre, des actions sont à mettre en œuvre rapidement pour garantir le (difficile) renouvellement des générations d'agriculteurs aujourd'hui et demain.

Gérard Daumas, producteur de céréales et maraîchage en bio, Président d'Agribio 04

En qualité de producteur, quelle pratiques agricoles favorisez-vous ?

Vous ne pouvez pas vous séparer de la nature. Le vivant reconnaît le vivant et nous faisons partie du vivant. À nous de comprendre comment s'insérer dedans. On est passé à des variétés plus performantes, plus productives, ce qui a entraîné d'autres méthodes de travail notamment avec le développement de l'agrochimie. Maintenant, on s'aperçoit que cette chimie a ses limites et que les terrains sont fatigués, que l'eau est polluée et qu'il faut à tout prix trouver une autre solution. Nous allons arriver, je l'espère, à reconstituer quand même les variétés qui étaient présentes sur ce terroir. Dans les années soixante, on a cherché à adapter le terroir aux variétés, mais là, ça ne marche pas. Cultiver en agroécologie aujourd'hui, c'est le bon sens d'autrefois. J'utilise par exemple le BRF (bois raméal fragmenté) laissé en surface pour un semi-direct ou enfoui au semis suivant à raison de 100 m³ à l'hectare. Je ne mets pas d'autre fumure. Si le BRF est composté, il y a moins d'azote, mais ça améliore quand même la structure du sol et en été. Le BRF favorise l'humidité dans le sol. On peut alors économiser des arrosages.



Vallée de l'Encrème

5.4. La progression des invasions d'insectes

Les changements climatiques et plus particulièrement les variations de la température favorisent l'introduction de nouvelles espèces d'insectes. Ils peuvent se traduire par une modification de la durée des cycles reproducteurs, mais aussi une évolution des populations et de leurs aires géographiques d'activité. Ces modifications ne conduisent cependant pas toujours à une augmentation du nombre de ravageurs que ce soit à court ou moyen terme.

La propagation des cicadelles, avec la progression du phytoplasme de la flavescence dorée sur vigne ou du phytoplasme de la lavande ou encore de la drosophile asiatique (*Drosophila suzukii*) sur cerisier, s'étend peu à peu sur le territoire du Parc du Luberon. Elle peut potentiellement infecter plusieurs centaines de plantes hôtes.

Concernant la flavescence dorée sur vigne, le vecteur de cette phytoplasmose (*S. titanus*) a besoin de températures estivales élevées pour compléter son cycle de développement. Si l'augmentation de la température peut être indirectement responsable de l'apparition de nouveaux ravageurs et vecteurs dans les vignobles, elle peut aussi conduire à un accroissement des populations déjà présentes et des maladies. L'activité de vol de la cicadelle varie en fonction de la température. De plus, le nombre d'individus capturés en vol est corrélé avec le cumul thermique quotidien. Ainsi, plus les températures sont élevées en début d'année, plus les vols commencent tôt, et plus les températures journalières sont élevées, plus les vecteurs qui se déplacent de ceps à ceps sont nombreux. La chaleur favorise ainsi la mobilité du vecteur et la propagation de la maladie. Ces mêmes températures élevées diminuent la période d'incubation et augmentent la proportion de vecteurs infectés.

Un autre agent, le phytoplasme stolbur, transmis par une autre espèce de cicadelle (*Hyalesthes Obsoletus*), affecte tout particulièrement les lavandes et lavandins. Les larves qui vivent sur les racines transmettent cet agent, entraînant progressivement le dépérissement des plants. Les changements climatiques permettent à cette cicadelle d'assurer son cycle à des altitudes plus élevées que par le passé. L'impact du climat avec des stress hydriques à répétition aggrave la mortalité des lavandes. Il semblerait que le lavandin (hybride) observe à ce jour une résistance plus importante que la lavande.

Sur le cerisier, une forte variation de la température freine dans certains cas les capacités reproductives de la *Drosophila suzukii*, et une diminution de l'humidité fait chuter les populations. Ces phénomènes sont bénéfiques pour la conduite de la culture. Certaines souches seraient cependant plus résistantes que d'autres aux changements climatiques.

Proposer de nouveaux itinéraires de cultures à base de couverts végétaux est une démarche positive pour atténuer les effets du changement climatique. La concurrence hydrique et azotée, notamment pour les lavandes et lavandins, est aussi à l'étude. La recherche se concentre actuellement sur le développement de techniques d'ingénierie écologique, telles que la mycorhization[37] contrôlée par exemple. Ce positionnement stratégique conduit à une diminution de la pollution d'origine agricole : les produits utilisés sont en effet exempts de résidus chimiques.

Ces recherches favorisent donc la mise en œuvre de pratiques culturales susceptibles de garantir la capacité de résilience des agrosystèmes soumis à de nouvelles contraintes climatiques.



Drosophila suzukii

[37] Modification des racines d'une plante en les associant à un champignon par symbiose (relation étroite bénéfique à la plante et au champignon pour leur survie).

6. Améliorer la qualité de vie des habitants et changer les pratiques de loisirs

Le changement climatique impose des contraintes aux écosystèmes agricoles et naturels, mais aussi aux habitants : les vagues de chaleur provoquent un inconfort thermique, surtout en ville et dans les habitats les plus précaires, et peuvent modifier les habitudes de loisirs ; les périodes de sécheresse prononcée peuvent conduire à des pénuries d'eau qui ont une incidence sur les activités individuelles et collectives… Pour limiter les effets néfastes du changement climatique, des pistes d'adaptation sont recommandées.

6.1. Limiter les îlots de chaleur urbains

Les villes du Parc du Luberon sont de taille modeste, mais elles connaissent des phénomènes d'îlots de chaleur urbains (ICU) parfois marqués. Des écarts de 3 à 4°C, voire plus, sont enregistrés entre les espaces urbains les plus denses et les espaces ruraux. Les surfaces minéralisées (béton, goudron…), la faible circulation de l'air entre les bâtiments (rues étroites…), l'absence de végétation et de surfaces en eau favorisant l'évapotranspiration et l'évaporation (effet rafraîchissant), et les activités humaines (industrie, transport, climatisation, etc.) sont responsables de cet excès de chaleur qui s'accumule dans les matériaux durant la journée, avant de lentement diminuer pendant la nuit. À l'avenir, les vagues de chaleur deviendront plus fréquentes et plus intenses en été si les émissions de gaz à effet de serre (GES) ne diminuent pas de l'échelle globale à locale. Dans le Parc du Luberon, les températures maximales estivales dépasseront régulièrement les 40°C et les nuits tropicales (température minimale > 20°C) seront fréquentes. Les canicules, comme celles de 2003 ou 2019, ne seront plus exceptionnelles et la chaleur sera accablante dans les cœurs de villes si aucune mesure n'est prise pour protéger la population.

Pour mieux comprendre les ICU, le Parc du Luberon a lancé une campagne de mesures thermiques dans quatre villes : Apt, Pertuis, Manosque, Cavaillon. Les premiers relevés ont été réalisés entre juillet et septembre 2019. À Apt et Pertuis, des capteurs météo ont ainsi été installés dans différents environnements urbains, périurbains et périphériques : rue étroite, boulevard, parking ombragé, parking bitumé sans arbre, le long de cours d'eau, jardin public, habitat pavillonnaire, zone commerciale ou industrielle, parcelle agricole, forêt… La végétation est souvent évoquée pour atténuer les pics de chaleur, mais la répartition des températures dépend de nombreux autres paramètres qui dépassent la simple question de la végétalisation : largeur et orientation des rues, trafic routier, ombrage, forme du bâti, distance des îlots de fraîcheur, type de matériaux à proximité des capteurs…

Des transects thermiques à vélo ont également été réalisés en début de matinée ou en fin de nuit au moment où les écarts thermiques sont théoriquement les plus prononcés en l'absence de nuages. À Pertuis, entre les parcelles agricoles et le centre-ville, un écart de près de 3,5°C entre la température la plus élevée et la plus faible a été enregistré (Figure 14). À l'échelle d'une ville comme Pertuis, cette différence est significative.

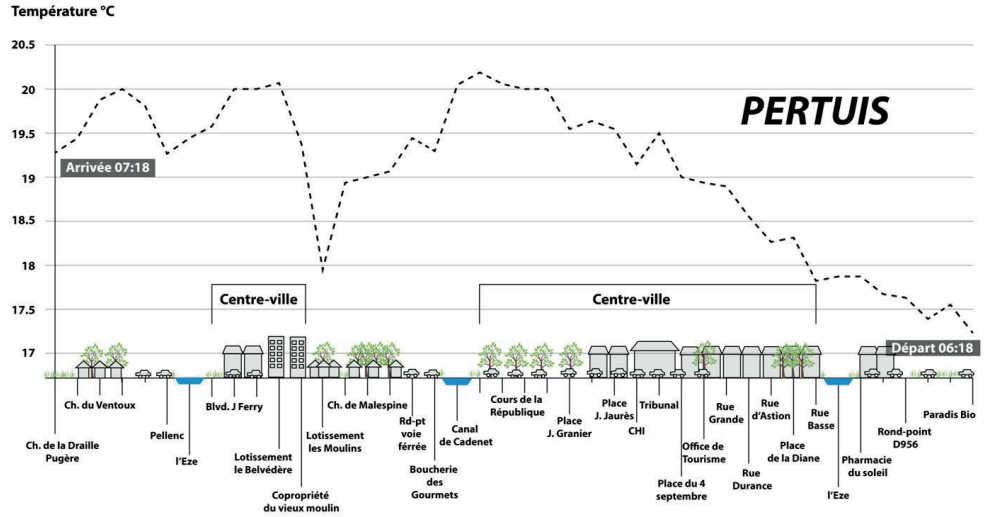


Figure 14. Représentation schématique de l'ICU lors du transect thermique réalisé le 26 juillet 2019 à Pertuis (source : Maison de la météo et du climat des Alpes du Sud, 2019)

De manière générale, pour améliorer le confort thermique des habitants et préserver leur santé, il est nécessaire de modérer les ICU qui tendent également à concentrer la pollution de l'air. Des pistes et stratégies, parfois faciles à mettre en œuvre, sont possibles : privilégier la nature en ville et des revêtements clairs pour réfléchir le rayonnement solaire, diminuer les rejets de chaleur générés par l'industrie et le transport, éviter de généraliser la climatisation, faciliter la circulation des flux d'air dans les quartiers neufs ou réhabilités en fonction des vents et types de temps dominants, privilégier la construction de logements traversants, occulter les fenêtres pour éviter le rayonnement direct (persiennes), éviter les matériaux urbains de couleur foncée…

Repenser le cœur de villes est aussi une manière d'offrir des espaces urbains plus agréables, partagés et apaisés, de renforcer la séquestration du carbone, de réduire les émissions de GES, de développer l'agriculture urbaine et les circuits courts, de favoriser la biodiversité… Avant de tirer des conclusions dans les villes du Parc du Luberon, de nouveaux relevés thermiques seront effectués en juillet et août 2020 à Manosque et Cavaillon.

6.2. Quels bienfaits de la nature en ville ?

La nature en ville dépasse largement la seule notion d'espaces verts (parcs et jardins, ronds-points fleuris...). En effet, elle offre des services et des fonctions qui doivent répondre aux grands enjeux environnementaux d'aujourd'hui : le changement climatique, l'érosion de la biodiversité, les pollutions de l'air et de l'eau, l'imperméabilisation des sols... Le développement de la végétation en ville (plantation d'arbres, d'arbustes et de haies diversifiées, création d'espaces verts, mise en place de jardins partagés, végétalisation des toitures...), en sélectionnant les espèces végétales les plus adaptées au contexte local, rend de multiples services appelés « solutions basées sur la nature ».

La nature en ville : des bénéfices multiples

La réduction des îlots de chaleur urbains est l'un des bénéfices majeurs de la nature en ville qui fait partie du panel des solutions de l'adaptation d'un territoire au changement climatique. Le végétal permet en effet de limiter la hausse des températures de l'air lors des fortes chaleurs ou des canicules qui ont tendance à se répéter l'été dans le Luberon. Il offre des zones ombragées, limite les surfaces artificialisées qui stockent la chaleur dans la journée (Figure 15) avant de la restituer tout au long de la nuit et joue un rôle de brumisateur naturel (humidité) grâce au phénomène d'évapotranspiration des arbres. Si les pratiques et les techniques les plus efficaces sont respectées, la présence du végétal en ville permet également de réduire les effets du ruissellement, en cas d'épisodes de pluie intense, et de séquestrer une quantité, certes faible, mais non négligeable de carbone, ce qui contribue à l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre.

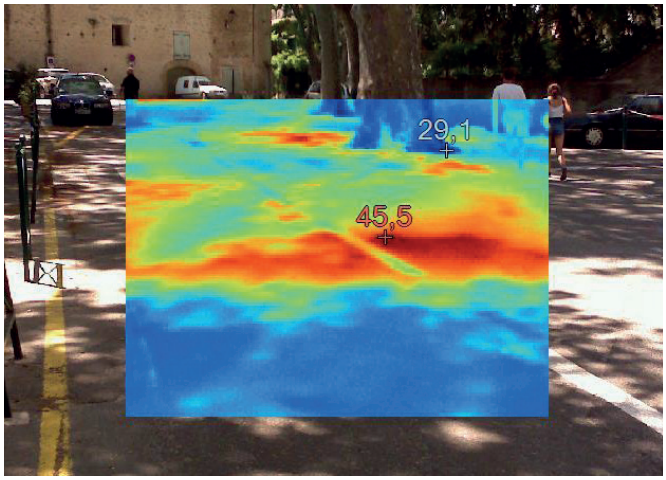


Figure 15. Températures de surface relevées par caméra thermique le 27 juin 2019 à Cucuron, (source : Parc naturel régional du Luberon)

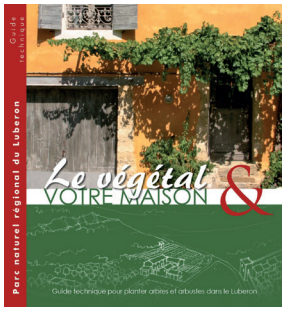
La nature en ville, mais aussi le « zéro pesticide » pour l'entretien des espaces verts appliqué par une majorité des communes du Parc du Luberon, préserve et enrichit la biodiversité en maintenant les continuités écologiques. Elle a également un effet positif sur la santé des habitants en filtrant la pollution atmosphérique, en favorisant le bien-être[38] et le lien social en particulier dans les jardins partagés qui se multiplient sur le territoire du Parc. Sur ce dernier point, les « permis de végétaliser » permettent aux habitants de planter des végétaux, des fleurs dans les espaces publics, comme dans la ville d'Apt[39] par exemple.


Façade végétalisée, Pertuis

L'importance de la mise en œuvre de solutions

Pour assurer le bon fonctionnement des services rendus par la nature, les aménagements doivent être pensés dans leur globalité (services aménagement, espaces verts, urbanisme, climat, énergie, etc.) et les différents acteurs (collectivités, associations, citoyens...) doivent davantage travailler de manière transversale et concertée. Les solutions sont à élaborer au cas par cas, en fonction des situations et des contextes urbains. La mise œuvre des solutions nécessite une attention et une vigilance particulières : il faut diversifier les espèces, privilégier les variétés locales, varier les formes de végétation (pelouses, prairies fleuries, arbres, arbustes, toitures végétalisées, etc.) et leurs dimensions (jardins particuliers, parcs urbains), mais aussi éviter les espèces invasives[40], comme la Jussie ou la Renouée du Japon, et les plus allergisantes, et supprimer l'usage des produits phytosanitaires en mettant en place une gestion différenciée et écologique des espaces verts...
Enfin, il est essentiel de s'assurer que l'arbre planté aujourd'hui sera en capacité de résister au climat qui sévira dans 30 ans et plus, afin de renforcer la résilience des végétaux. Il est également important de choisir des espèces offrant une évapotranspiration avec un apport d'eau limité et d'optimiser la disponibilité en eau (gestion alternative du pluvial privilégiant la rétention et les infiltrations d'eau au plus proche des végétaux par exemple).

[38] D'après une enquête UNEP-IPSOS de 2013, 9 Français sur 10 souhaitent un contact quotidien avec le végétal.
[39] https://vegetalisation.wixsite.com/vegetalisation
[40] Voir le guide de l'ARPE et du RRGMA « Plantes envahissantes : guide d'identification des principales espèces aquatiques et de berges en Provence et Languedoc » : www.rrgma-paca.org/files/20110725_pdfFINALplantesenvahissantes092009.pdf



Le Parc naturel régional du Luberon a publié deux guides techniques intitulés *Le végétal et votre maison* pour permettre aux habitants et aux élus locaux de favoriser la plantation d'espèces adaptées aux contraintes locales présentant les meilleures chances de survie. L'un porte sur les arbres et arbustes, l'autre sur les plantes couvre-sol.

www.parcduluberon.fr/un-quotidien-a-preserver/qualite-de-vie/la-maison-et-le-jardin/le-vegetal-et-votre-maison/

PAROLES D'ACTEUR(S)



Cédric Proust, chargé de mission « eaux et rivières », au Parc naturel régional du Luberon

1. Économiser l'eau est-il synonyme de restrictions dans le Parc du Luberon ?

Compte tenu des trois bassins hydrologiques déficitaires et des perspectives d'évolution climatique sur l'ensemble du territoire, il est nécessaire d'économiser l'eau en couplant plusieurs actions : chasse aux fuites dans les réseaux, baisse des consommations, récupération des eaux pluviales, recyclage… Les efforts doivent être collectifs et équitables entre catégories d'usagers. Pour atteindre ces objectifs de réduction, des restrictions sont en effet nécessaires mais, en contrepartie, une sécurisation de l'accès à l'eau est négociée. Par exemple, des bassins de stockage et/ou des extensions d'adduction d'eau extérieure non déficitaire peuvent être financés pour éviter des prélèvements sensibles sur une ressource fragile et à une période critique, l'été notamment.

2. Que peut apporter l'opération pilote « Économisons l'eau, chaque goutte compte ! » ?

L'opération partenariale pilotée depuis 2012 par le Parc vise à sensibiliser et accompagner les collectivités et les particuliers pour engager des pratiques d'économie d'eau vertueuses et concrètes. Complémentaire aux différentes actions menées par les autres usagers et en amont des réseaux d'eau potable, cette opération offre de multiples avantages : formation-conseils auprès des élus et techniciens des collectivités, audits de leur patrimoine et de leur consommation pour cibler les économies d'eau prioritaires et leur mise en œuvre. L'idée est de valoriser et partager les actions des collectivités via une labellisation. Leur exemplarité peut être incitative et donc positive pour le territoire. L'opération et ses outils (fiches conseils, visuels, stand ludique…) sont consultables sur le site internet du Parc : www.parcduluberon.fr.

6.3. Vers quelles pratiques touristiques ?

La variété des paysages, les espaces naturels ou semi-naturels, les richesses patrimoniales et culturelles, mais aussi les produits du terroir, sont les principaux attraits touristiques du Parc du Luberon. Les visiteurs locaux et les touristes pratiquent de nombreuses activités : sports de pleine nature (randonnées pédestres, à vélo et équestres, escalade, etc.), découverte des sites culturels témoignant de l'identité du territoire, consommation des produits du terroir (marchés, magasins de producteurs, vente directe à la ferme, produits labellisés), détente… La clientèle est majoritairement estivale (60 % des nuitées touristiques), affinitaire (familles, amis…), française et fidèle. Près de 1,6 million de séjours touristiques par an génèrent 8,2 millions de nuitées touristiques[41]. Les retombées économiques du tourisme sur le territoire s'élèvent à 327 millions d'euros par an.

Le Parc du Luberon propose une offre touristique dense, riche et structurée avec des professionnels de plus en plus engagés dans la préservation de l'environnement et le respect des valeurs du tourisme durable. À ce titre, plus de 40 entreprises touristiques sont aujourd'hui bénéficiaires de la marque « Valeurs Parc naturel régional ». Les pratiques touristiques vertueuses, susceptibles de réduire les émissions de gaz à effet de serre, de protéger les visiteurs de la chaleur ou encore de préserver les ressources en eau, sont appelées à se renforcer pour assurer la transition énergétique et écologique à l'échelle territoriale. Le transport, par exemple, est l'un des points noirs du secteur touristique dans le Luberon. La voiture individuelle reste le moyen de transport et de déplacement privilégié par les visiteurs et touristes qui font parfois de longs trajets pour

[41] Source : enquête Cordon, Comité régional de tourisme (CRT) de Provence-Alpes-Côte d'Azur (2011).

profiter du Luberon. Les déplacements doux collectifs à l'intérieur du territoire sont en effet encore trop peu développés. Depuis 1996, l'association Vélo Loisir Provence a développé des aménagements et des services à destination des cyclotouristes grâce à un partenariat avec le Parc naturel régional du Luberon (tour du Luberon, tour des Ocres, tour du Pays d'Aigues). Certains sites mondialement connus (massif des Ocres par exemple) sont surfréquentés en période estivale, ce qui peut entraîner des conflits d'usages entre les visiteurs et les habitants, et une pression sur l'équilibre naturel (faune, flore). Par sa situation géographique, à la jonction entre la Provence et les Préalpes, et sa proximité des espaces métropolitains et urbains (Aix-Marseille-Provence, Grand Avignon), le Parc du Luberon est essentiellement fréquenté par des excursionnistes. La part des longs séjours touristiques est donc faible. Le manque de points d'eau (lacs, rivières…) pour la baignade est aussi un facteur qui n'incite pas les touristes à prolonger leur séjour.

À l'avenir, le changement climatique aggravera les vagues de chaleur et les épisodes caniculaires qui seront plus fréquents et intenses. Les 40°C seront régulièrement dépassés et la chaleur se ressentira jusqu'en altitude, même si les températures seront plus agréables sur les hauteurs de la montagne de Lure. Avec des étés plus précoces, longs et secs, l'augmentation probable de la pollution à l'ozone sous l'effet du rayonnement solaire et des températures élevées, et l'éclosion d'incendies potentiellement ravageurs, les pratiques et le comportement de la clientèle évolueront. Les ailes de saison (avril-juin, septembre-novembre) deviendront par exemple des périodes très propices au tourisme à condition que les paysages soient préservés et que l'offre touristique s'adapte aux nouvelles conditions climatiques et à la demande des visiteurs. L'un des enjeux est aussi d'éviter le gaspillage de l'eau et limiter les usages trop gourmands dans les secteurs à risques. Proposer des piscines publiques de grande qualité alliant plaisir de l'eau et nature, tout en limitant le nombre d'entrées pour attirer une clientèle mixte, soucieuse de son environnement permanent ou temporaire, est un exemple de solution. Les professionnels du tourisme peuvent s'unir pour offrir des alternatives aux visiteurs. La destination Luberon a de l'avenir si tout est mis en œuvre pour faciliter la mutation des activités et garantir un accueil de qualité tout au long de l'année avec des commerces et services accessibles à tous. La montagne de Lure a d'ailleurs anticipé les conséquences du changement climatique en proposant un tourisme « quatre saisons ». De nouveaux équipements, ouverts toute l'année, ont permis de diversifier les activités touristiques : VTT, trail, piste de tubing, salle hors-sac pour les randonneurs, sentiers thématiques…

Informer, sensibiliser et former les visiteurs, la population locale et les professionnels aux bons gestes et comportements à adopter face à l'évolution du climat est aussi une priorité. Pour les professionnels (hébergeurs, sites touristiques…), des formations sur les économies d'eau (techniques d'arrosage, gestion de l'eau des piscines, recyclage des eaux usées…) sont actuellement offertes dans le cadre du programme « Économisons l'eau, chaque goutte compte ! » animé par le Parc du Luberon.
Parmi les leviers pour fidéliser la clientèle et prolonger les séjours, une offre de séjours écotouristiques hors période estivale est la bienvenue. Le travail en réseau avec l'ensemble des parcs naturels régionaux et les autres espaces protégés de Provence-Alpes-Côte d'Azur favorisera aussi l'itinérance et les transferts de clientèles (mobilité douce) d'un territoire à l'autre.



Sentier des Ocres, Roussillon

Olivier Léonard, accompagnateur en moyenne montagne

Comment les accompagnateurs en montagne adaptent-ils leurs activités ?

Pour les visiteurs à la journée venus découvrir un site naturel ou les vacanciers séjournant une semaine, il n'est pas évident de percevoir les changements du climat régional ou local, les mutations des paysages et des milieux. C'est une question de pas de temps. Les événements météorologiques extrêmes (canicules, sécheresses, pluies diluviennes…) sont typiques du climat méditerranéen, mais l'augmentation de leur fréquence et de leur intensité (canicules de juin et juillet 2019 ou septembre 2017, sécheresse du printemps 2019, multiplication des épisodes méditerranéens et des retours d'Est…) et la hausse progressive de la température sont autant de signes d'un bouleversement profond. Évoluer régulièrement dans la nature au rythme de la marche, en encadrant bénévoles ou professionnels de la randonnée, permet d'observer les évolutions et de les expliquer aux visiteurs occasionnels. À hauteur d'homme, la végétation montre des changements frappants comme la mort de nombreux pins sylvestres à l'est du Luberon, le jaunissement des chênes pubescents dès fin juillet ou le dessèchement précoce des herbacées et des plantes aromatiques… Les attaques répétées de la pyrale du buis (papillon de nuit, espèce invasive), par exemple dans les canyons des monts de Vaucluse, la présence des chenilles processionnaires parfois en altitude ou l'irruption brutale de la chenille du chêne durant l'été 2019 dans l'Aiguebrun, sont aussi vécues comme des manifestations spectaculaires du changement global.



Dans ce contexte, randonner nécessite une adaptation à plusieurs échelles de temps et d'espace. En été, sauf en altitude, la marge de manœuvre se réduit : de juin, parfois mai, jusqu'en septembre, parfois mi-octobre, les sorties à la journée ont quasi disparu du fait de la chaleur qui impose une difficulté physique supplémentaire. Davantage de sorties en matinée ou en format court (2h30) montrent aussi une évolution des préférences et des capacités des publics. La gestion préfectorale de l'accès aux massifs forestiers, du fait du risque d'incendies, conduit à des annulations ou à des restrictions de durée (demi-journée). Au cœur de l'été, dès midi, la marche en nature devient pénible, voire risquée pour les publics fragiles. Sur le terrain, les itinéraires privilégient les versants nord, les gorges ombragées, voire des tunnels, les départs précoces, et la gestion de l'eau est essentielle. Réussir à marcher et prendre soin des personnes l'été peut être un casse-tête ! En hiver, la quasi-disparition de la neige réduit considérablement les sorties raquettes dans la montagne de Lure et au mont Ventoux. Face au changement climatique, la gagnante pourrait bien être la randonnée « sèche » hivernale et d'intersaison, pour l'heure surtout appréciée par les locaux.

6.4. Le changement climatique remet-il en cause le tourisme à vélo ?

Le Luberon est une destination reconnue pour la pratique du vélo. Le développement du tourisme à vélo a été encouragé dès 1995 par la création d'un itinéraire cyclable fléché reliant Cavaillon à Forcalquier. Cet aménagement a été initié par le Parc naturel régional du Luberon et sa valorisation a été pensée en étroite collaboration avec une dizaine d'hébergeurs riverains de l'itinéraire, convaincus de l'intérêt du tourisme à vélo pour le développement local et durable du Luberon et du Pays de Forcalquier.

L'offre du Luberon à vélo s'est construite au fil des années autour d'un réseau de prestataires touristiques proposant des services appréciés par la clientèle cycliste (140 établissements labellisés « Accueil Vélo » en 2020) et d'un réseau d'itinéraires cyclables reliant villages et sites touristiques, invitant à la découverte des paysages, du patrimoine bâti et des savoir-faire qui constituent la richesse du Luberon.

La hausse de la fréquentation vélotouristique observée dans le temps génère des retombées économiques qui bénéficient directement aux professionnels du tourisme. Le tourisme à vélo a ainsi stimulé le tissu économique local et a été créateur d'emplois. L'implantation d'une vingtaine de loueurs de vélos le long des véloroutes en est un indicateur tangible. L'avantage de ce développement économique est qu'il est durable par nature. Le vélo est en effet support d'une mobilité douce, non polluante et sans nuisance, garantissant la préservation de la qualité de vie des habitants.

Le changement climatique, qui s'accompagne d'une hausse sensible de la température dans notre région, influe sur les comportements touristiques, tout particulièrement en été où les vagues de chaleur ont tendance à se multiplier. À présent, les cyclistes privilégient davantage les ailes de saison où les températures sont plus agréables. La pratique du VTT se retrouve quant à elle contrainte par la fermeture des massifs forestiers en fonction du risque incendie.

Ces constats remettent en question les pratiques touristiques de demain dans le Parc du Luberon. L'évolution de la saisonnalité appelle à un allongement de la période d'ouverture des établissements et des services sur les ailes de saison. Améliorer l'accès à la destination avec la mise en place d'alternatives à la voiture individuelle est également l'un des principaux défis à relever.

Enfin, penser à un aménagement « intelligent » des véloroutes (végétalisation des abords, choix d'enrobés limitant la température de surface, développement d'équipements publics comme par exemple les points d'eau ou les aires de repos) est nécessaire pour assurer le confort des usagers et maintenir, voire renforcer, l'attractivité de la destination à l'avenir.



Véloroute du Calavon

Vélo Loisir Provence est une association de développement du tourisme à vélo dans le Luberon et le Verdon. Elle agit pour la structuration de l'offre, la sensibilisation des acteurs publics, l'aménagement d'itinéraires cyclables et la promotion de la destination. Elle coordonne également le comité d'itinéraire de La Méditerranée à vélo.

www.veloloisirprovence.com

7. L'énergie au cœur du quotidien des habitants

Le changement climatique est avant tout une question d'énergie. L'effet de serre, nécessaire à la vie sur Terre, se renforce sensiblement depuis 150 ans car les activités anthropiques rejettent des quantités massives de gaz à effet à serre dans l'atmosphère qui piège une grande quantité d'énergie. La réduction des émissions des gaz à effet de serre est donc une priorité pour atténuer les effets de l'évolution rapide du climat. Cet enjeu concerne tous les pays, régions et territoires sans aucune exception. Ce dernier chapitre fait un point sur la question énergétique dans le Parc du Luberon et présente des pistes d'atténuation.

7.1. Réduire les émissions de GES et les consommations d'énergie

La lutte contre le changement climatique passe avant tout par la réduction des émissions de gaz à effet de serre[42] (GES) à l'échelle globale. Les principaux secteurs émetteurs de GES à l'échelle mondiale sont la production d'énergie, les transports, le bâtiment, la construction, l'industrie et l'agriculture. L'accord de Paris, conclu lors de la COP 21[43], prévoit de limiter le réchauffement planétaire à moins de 2°C par rapport à l'ère préindustrielle, impliquant ainsi une diminution des émissions mondiales de GES d'environ 25 % (10 à 30 % par rapport à 2010) d'ici 2030 et le zéro carbone (émissions nettes nulles) vers 2070 (2065-2080). En France, la loi Énergie-Climat du 8 novembre 2019[44] fixe l'atteinte de la neutralité carbone à l'horizon 2050. En d'autres termes, les émissions de GES françaises, estimées en 2018 à 445 millions de tonnes équivalent CO_2 ($eqCO_2$)[45] devront être fortement réduites : facteur 6 à 8 pour atteindre 80 millions de tonnes en 2050 contre 546 millions en 1990. Ces millions de tonnes excédentaires devront être compensées par des puits de carbone naturels[46] (forêts, prairies, sols agricoles...) ou artificiels (procédés industriels de capture et stockage du carbone). Le carbone stocké dans les puits naturels, comme par exemple les forêts, est susceptible d'être rejeté massivement dans l'atmosphère par les incendies de forêt, les changements d'usage des terres ou l'exploitation forestière intensive et, d'une manière générale, par la destruction des espaces naturels au profit des surfaces artificialisées. La préservation de la bonne santé des écosystèmes est donc d'une importance capitale dans la lutte contre le réchauffement de la planète, d'autant qu'aucun puits de carbone artificiel ne peut éliminer le carbone de l'atmosphère à une échelle suffisante pour lutter contre le réchauffement de la planète. La priorité est donc bien la réduction drastique des émissions de GES qui permettrait non seulement de limiter les impacts du réchauffement climatique, mais aurait également, comme co-bénéfice, un effet sanitaire positif puisque la combustion des énergies fossiles libère du CO_2, mais aussi des particules fines très toxiques pour la santé humaine. En France, nous émettons 6 à 7 tonnes $eqCO_2$ par an et par habitant, mais notre empreinte carbone s'élève à 11 tonnes $eqCO_2$ par an et par personne. L'empreinte carbone comprend l'ensemble des émissions nationales, mais aussi les émissions de GES associées aux biens et services importés, pour les consommations intermédiaires des entreprises ou l'usage final des ménages. Ainsi, faire évoluer nos modes de consommation et notre régime alimentaire est incontournable pour limiter ou éviter les émissions de GES.

À une échelle plus locale, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur représentait 10 % des émissions nationales de GES en 2017, imputables majoritairement au secteur de l'industrie. Les départements du Vaucluse (84) et des Alpes-de-Haute-Provence (04) représentent respectivement environ 8 % et 3 % des émissions régionales, avec le secteur des transports en tête, suivi du résidentiel/tertiaire (Figure 16).

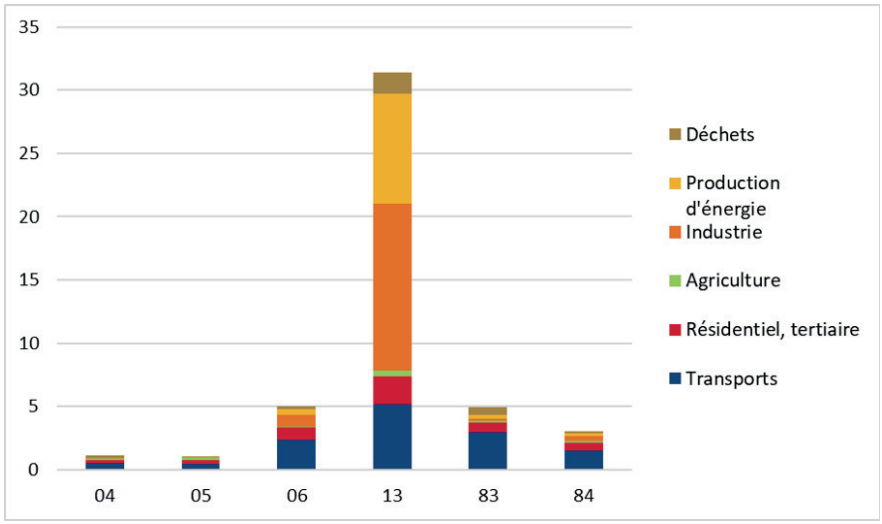


Figure 16. Répartition des émissions de GES par département en région Provence-Alpes-Côte d'Azur et secteur d'activité, en millions de tonnes équivalent CO_2 (source : AtmoSud, 2017)

Le département des Bouches-du-Rhône est très émetteur à cause de son poids démographique, de ses activités industrielles et énergétiques

[42] Les principaux GES sont le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4), le protoxyde d'azote (N_2O), les CFC (chlorofluorocarbures) et la vapeur d'eau.
[43] XXIe session de la Conférence des Parties (COP 21) à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques qui s'est tenue à Paris en décembre 2015.
[44] Loi n°2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat.
[45] Mesure métrique consistant à comparer les émissions des différents GES sur la base de leur potentiel de réchauffement global (PRG) respectif.
[46] Tout système qui absorbe plus de carbone qu'il n'en émet.

Les émissions de GES des 77 communes du Parc naturel régional du Luberon sont relativement faibles par rapport aux émissions totales régionales, représentant 886 kilotonnes équivalent carbone[47] de GES (dioxyde de carbone, méthane, protoxyde d'azote) par an, soit 2,04 % des émissions régionales. Sur la base de ces trois GES, chaque habitant sur le territoire du Parc émet 5 tonnes eqCO_2 par an (contre 8,6 teqCO_2 en région Provence-Alpes-Côte d'Azur). Près des deux tiers de ces émissions sont liées au transport (46,2 %) et au résidentiel (19,4 %), et près d'un quart à l'industrie, l'agriculture et le tertiaire (Figure 17). Les « émetteurs non inclus » regroupent les émissions[48] non prises en compte dans les totaux sectoriels et les sources non issues des activités humaines. Ces émissions proviennent de la remise en suspension des particules fines, des feux de forêt et des sources naturelles (oxydes d'azote issus des cheptels par exemple). Entre 2016 et 2017, les émetteurs non inclus ont bondi de 7 %, sous l'effet estimé des incendies de forêt (La Bastidonne, Mirabeau…) qui ont parcouru le Luberon. À l'avenir, la multiplication des grands incendies (§4.5) est susceptible d'augmenter la part des sources naturelles.

De son côté, la consommation d'énergie finale[49] représente 2,3 % de la consommation régionale. Ces chiffres restent modestes, mais des efforts restent à fournir à l'échelle territoriale pour minimiser ces émissions et tendre vers la neutralité carbone, d'autant que la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, par la voix de son président, Renaud Muselier, lors des vœux 2020, souhaite décarboner le territoire dès 2035 ou au plus tard en 2050 (objectif du SRADDET[50]).

Pour mieux maîtriser leurs émissions de GES et leurs dépenses d'énergie, la communauté de communes du Pays d'Apt Luberon, la Communauté territoriale Sud Luberon (Cotelub), la communauté d'agglomération Luberon Monts de Vaucluse et Durance Luberon Verdon Agglomération (DLVA) se sont lancées dans l'élaboration de leur plan climat-air-énergie territorial (PCAET) en 2019 et 2020.

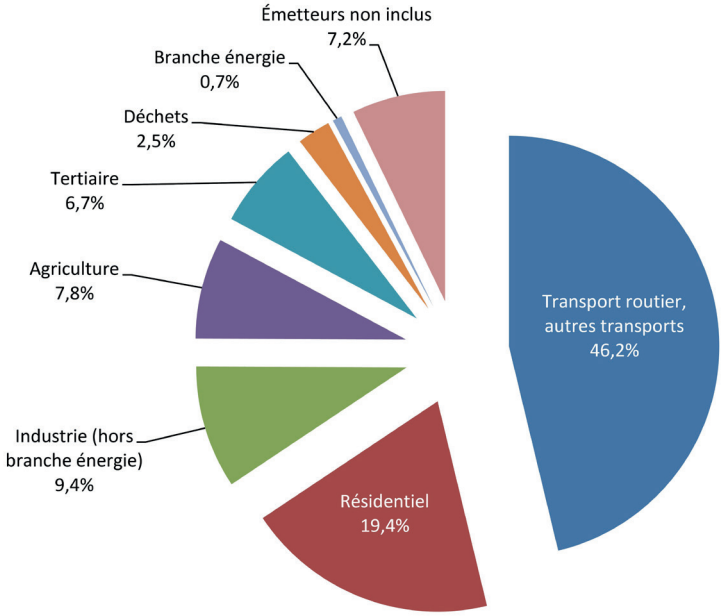


Figure 17. Répartition des émissions de gaz à effet de serre (en %) sur le territoire du Parc naturel régional du Luberon, année 2017 (source : base de donnes CIGALE, Observatoire régional de l'énergie, du climat et de l'air (ORECA) Provence-Alpes-Côte d'Azur/ inventaire AtmoSud)

[47] Le méthane et le protoxyde d'azote sont convertis en équivalent carbone (eqCO_2).
[48] Elles ne sont généralement pas rapportées dans les bilans d'émissions au format PCAET.
[49] Consommation des utilisateurs finaux des différents secteurs de l'économie calculée en tonnes équivalent pétrole.
[50] Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires.

ZOOM 4

TERRITOIRE À ÉNERGIE POSITIVE POUR LA CROISSANCE VERTE
MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

Le TEPCV vise l'économie d'énergie

Labellisé « Territoire à énergie positive pour la croissance verte » (TEPCV) depuis 2015, le Parc naturel régional du Luberon anime, en lien avec les six établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) du territoire, un certain nombre d'actions innovantes en faveur de la transition énergétique du territoire. Cette labellisation a permis aux collectivités membres de bénéficier de subventions pour mener des travaux sur l'efficacité énergétique des bâtiments et équipements publics (isolation, chauffage, menuiseries performantes, rénovation de l'éclairage public), créer un service de conseil en rénovation énergétique de l'habitat privé et une plateforme sur la mobilité avec des programmes d'aménagement adaptés au milieu rural, favoriser les circuits courts alimentaires ou les matériaux biosourcés… Le Parc du Luberon met également à la disposition des communes des conseillers en énergie partagés (programme SEDEL-énergie : Services d'économies durables en Luberon) afin de suivre les consommations d'énergie, identifier les économies d'énergie, mettre en œuvre des travaux d'efficacité énergétique ou de production locale d'énergie renouvelable. Ainsi, début 2020, 35 communes et 1 communauté d'agglomération (Luberon Monts de Vaucluse) étaient adhérentes au programme SEDEL-énergie.

Yann Channac Mongredien, chargé de mission « indicateurs, cartographie et open-data », AtmoSud

1. La pollution atmosphérique est-elle un problème dans le Parc du Luberon ?

Même si le Parc du Luberon est un territoire plutôt préservé, il n'est pas épargné par la pollution atmosphérique et notamment la pollution à l'ozone troposphérique[51] qui reste un problème sanitaire et environnemental. En effet, les seuils de protection de la santé et de la végétation sont systématiquement dépassés dans le Luberon, comme dans la majeure partie de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. L'ozone est un polluant qui agresse les muqueuses respiratoires et oculaires. Il peut provoquer des problèmes respiratoires (toux sèche, diminution de la fonction pulmonaire, déclenchement de crises d'asthme…). Les concentrations élevées contribuent à l'augmentation de la mortalité et des hospitalisations. Par ailleurs, l'ozone provoque une oxydation de la paroi des plantes, entraînant notamment des nécroses foliaires et un ralentissement de la croissance des végétaux. L'ozone est aussi un gaz à effet de serre qui contribue au changement climatique.

2. Quelle est l'évolution de la pollution à l'ozone et des autres polluants ?

Les concentrations moyennes d'ozone sont relativement stables d'une année sur l'autre depuis une trentaine d'années, en dehors des années où les conditions météorologiques sont exceptionnelles. Une légère tendance à la hausse est même observée depuis 2007. À l'inverse, le nombre de pics de pollution à l'ozone baisse sur cette même période. C'est le cas également des émissions des polluants précurseurs de l'ozone (dioxyde d'azote et composés organiques volatils). Cette contradiction s'explique par une augmentation du niveau de fond troposphérique en ozone au niveau mondial ces dernières années, qui touche également notre région : la contribution des émetteurs locaux diminue progressivement, mais est compensée par la pollution transfrontalière.
Concernant les particules en suspension et le dioxyde d'azote, la situation est moins critique dans le Parc du Luberon. En dehors des principaux centres urbanisés et des axes majeurs de circulation (Figure 18), les lignes directrices de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) sont respectées. De plus, la tendance pour ces polluants est à la baisse, grâce notamment à la baisse des émissions polluantes liées aux transports et à l'industrie. Le secteur résidentiel (chauffage domestique) émet près de la moitié des particules en suspension issues des activités humaines sur ce territoire. Par ailleurs, un suivi des pesticides est réalisé à Cavaillon depuis 2012 : les concentrations sont en baisse de 90 % environ, ce qui est très positif.

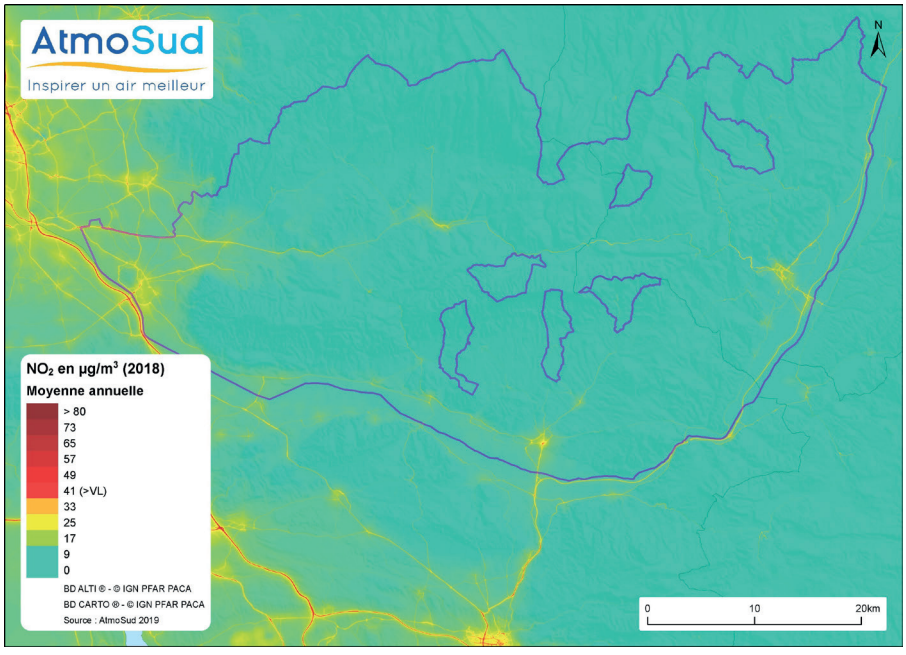


Figure 18. Moyenne annuelle des concentrations en dioxyde d'azote (NO_2) dans le Parc naturel régional du Luberon. VL correspond à la valeur limite à ne pas dépasser (source : AtmoSud, 2018)

[51] Basse couche de l'atmosphère.

Sylvain Mercier, chargé de l'action territoriale Var et Vaucluse (AtmoSud)

Quels sont les avantages et les risques liés au chauffage au bois ?

L'utilisation du bois comme source de chauffage présente un bilan carbone neutre pour le climat dans le cas d'une gestion durable de la forêt : lorsque la biomasse est brûlée, le dioxyde de carbone (CO_2) absorbé par l'arbre au cours de sa croissance est déstocké dans des proportions similaires. Cependant, la combustion provoque un déstockage immédiat alors que la séquestration du carbone exige un temps long, d'où la nécessité de gérer durablement les espaces forestiers (éclaircies, coupes sanitaires…) et d'assurer un approvisionnement en bois local ou régional (circuits courts réduisant les émissions liées au transport). Par ailleurs, le bois brûlé émet de nombreux polluants dans l'atmosphère : composés organiques volatils, monoxyde de carbone, particules toxiques telles que les hydrocarbures aromatiques polycycliques, dont certains sont classés comme cancérogènes. La combustion du bois émet toutefois moins de CO_2 que celle du fuel ou du gaz pour le chauffage. AtmoSud a relevé qu'en 2012, par exemple, la combustion hivernale du bois représentait quasiment la moitié des particules PM10[52] *dans l'arrière-pays de la région.*

La qualité du bois (qui doit être propre et sec) et la performance des appareils de chauffage sont deux critères déterminants pour minimiser les émissions polluantes. Les installations obsolètes, notamment les foyers ouverts, détériorent fortement l'air intérieur et extérieur. Leur remplacement par des appareils de type poêle à granulés de bois permet de réduire jusqu'à 35 fois les émissions de particules. Pour s'équiper, des aides financières existent : crédit d'impôt à 30 %, éco-prêt à taux zéro, taux réduit de TVA, subventions de l'Agence nationale de l'amélioration de l'habitat (l'Anah), Prime Énergie… Le label Flamme verte permet aussi de s'assurer de la performance des appareils. L'amélioration de l'isolation thermique des bâtiments, qui doit toujours s'accompagner d'une ventilation correcte de l'air intérieur, diminue également les besoins de chauffage et donc in fine *les impacts négatifs du chauffage au bois sur la qualité de l'air.*

[52] Particules en suspension dans l'air dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres.

7.2. Sortir de la logique des mobilités pendulaires

Le secteur des transports, notamment routier, est fortement responsable de l'accroissement de la consommation d'énergie en France et des rejets de polluants et de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère. Il est le principal émetteur de CO_2, avec 39 % des émissions totales françaises de GES, hors UTCF (Utilisation des terres, leurs changements et la forêt)[53]. Dans le Parc du Luberon, les dernières estimations portent ce chiffre à 50 %[54]. Plus de la moitié de ces émissions dues au trafic sont liées à l'utilisation des voitures particulières (en hausse de 6 % entre 1990 et 2017).
Quelles sont les pratiques de la mobilité quotidienne en fonction des formes d'organisation spatiale des bassins d'emploi et de l'habitat ? Quelles sont les contributions des différentes catégories d'actifs au volume total d'émissions de GES causées par les déplacements ? Autant de questions auxquelles un territoire doit impérativement apporter des réponses pour actionner des leviers de réduction des émissions de CO_2.
En France, plus de deux tiers des salariés utilisent principalement la voiture pour se rendre au travail[55]. En Provence-Alpes-Côte d'Azur, les déplacements domicile-travail représentaient plus de 8,7 milliards de km par an en 2007, ce qui correspondrait à 1,1 million de tonnes de CO_2 émis (soit 9 % des émissions de GES liées au transport dans la région). Le territoire du Parc n'échappe pas à cette dynamique : pour les deux départements du Vaucluse et des Alpes-de-Haute-Provence, plus de 80 % des

[53] Chiffres-clés ADEME mis à jour le 09/04/2018.
[54] Chiffres-clés du Parc naturel régional du Luberon SIT-PNR PACA, données CIGALE, émissions finales CO_2 2017 : le transport routier représente 50 % des émissions du territoire.
[55] Recensement Population, Insee 2015.

salariés utilisent principalement la voiture, et moins de 5 % les transports en commun et modes alternatifs (vélos, marche…). Les émissions de CO_2 engendrées par l'utilisation de la voiture pour les trajets domicile-travail sont très distinctes selon le type d'aire urbaine et la distance à parcourir.

Plus de la moitié des trajets pendulaires (domicile-travail) s'effectuent sur de courtes et moyennes distances (jusqu'à 35 km), et restent les principaux contributeurs traditionnellement ciblés pour les émissions de CO_2 (70 % du CO_2 émis par les transports en Provence-Alpes-Côte d'Azur en 2007). La part de la voiture individuelle reste très élevée (65 %), même pour des trajets inférieurs à 5 km (INSEE, 2013). Cependant, depuis deux décennies, les distances parcourues et la part des actifs interurbains (actifs qui vivent et résident dans deux aires urbaines distinctes) augmentent : entre 1999 et 2013, les distances domicile-travail de moins de 10 km ont diminué de 3 %, tandis que celles de 30 à 50 km par exemple ont augmenté de +1,5 %. Ces actifs sortent du cadre classique d'analyse de la mobilité pendulaire. Dans les moyennes et grandes aires urbaines françaises comme celles qui jouxtent ou incluent partiellement le Parc, la part de cette catégorie d'actifs dans les émissions de GES est beaucoup plus importante que leur poids dans la population. Ces actifs émettraient en moyenne quatre fois plus de CO_2 pour se déplacer que les actifs intra-urbains par exemple (Figure 19).

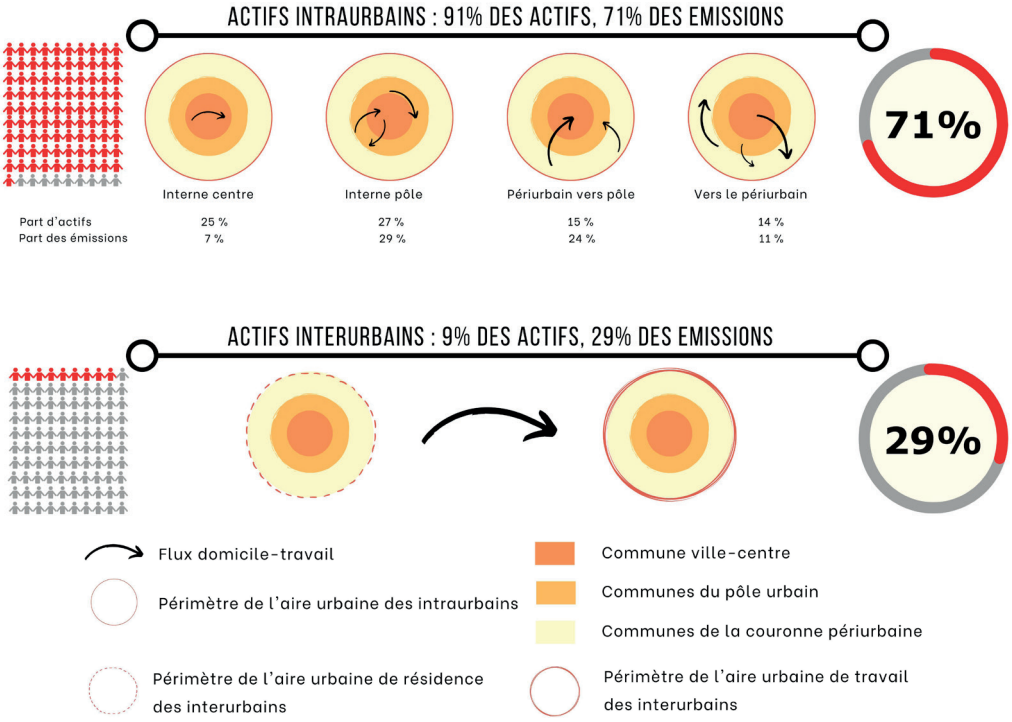


Figure 19. Répartition des émissions de CO_2 des déplacements domicile-travail entre les actifs interurbains et quatre profils d'intra-urbains, en France, dans les moyennes et grandes aires urbaines, hors Paris (source : schéma reproduit à partir des calculs et réalisations de Benoît Conti, 2017)

Les 10 % d'actifs à l'origine de ces trajets supérieurs à 35 km dans la région en 2007 avaient émis 30 % des émissions de CO_2. Leurs pratiques constituent un enjeu important pour les politiques publiques visant à réduire les émissions de CO_2 des déplacements domicile-travail, dépassant le cadre de gestion propre du Parc. En effet, une part non négligeable des actifs interurbains du Parc travaillent à l'extérieur, notamment dans le sud-ouest du territoire avec des déplacements majoritaires vers les aires urbaines d'Avignon et de Marseille-Aix-en-Provence (Figure 20). Face à ce constat, la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur doit jouer un rôle de chef de file pour renforcer la coopération entre les collectivités territoriales afin d'organiser les leviers d'actions nécessaires et adaptés à chaque territoire.
Pour favoriser le report modal de ces déplacements pendulaires, l'analyse de différents scénarios montre que le cumul des dispositifs de réduction de l'usage de l'automobile est bénéfique : limitation d'accès à la ville-centre, diminution des vitesses sur le réseau routier, baisse des tarifs des transports collectifs, augmentation de la taxe carbone et des prix carburants, amélioration de l'accessibilité à la gare la plus proche. D'autres mesures telles que le développement du télétravail et du covoiturage sont également à encourager et à développer de manière plus large, à l'instar du projet de mobilité partagée PLE/DGE[56] porté par la Communauté territoriale du Sud Luberon depuis 2019 ou du programme Luberon Labo Vélo lancé par le Parc du Luberon depuis 2020.
L'approche systémique de l'ensemble des leviers d'actions doit se faire à l'échelle locale (politiques de stationnement…), régionale (politiques tarifaires des transports collectifs…) et nationale (fixation des taxes sur le carburant…), en prenant en compte les conséquences sociales de ces mesures qui touchent de façon encore inégale les différentes professions et catégories socioprofessionnelles (les actifs cadres subiraient moins durement ces mesures que les ouvriers). Autre point de vigilance : le territoire du Parc présente d'ores et déjà des zones fortement marquées par une vulnérabilité liée au coût des carburants (principalement autour du Pays d'Apt et dans la partie Nord).

[56] Partage libre de vos Excursions / des Déplacements Gagnants pour l'Environnement : projet visant à augmenter le taux de remplissage des véhicules en misant à la fois sur le covoiturage de courte distance et sur l'autostop organisé.

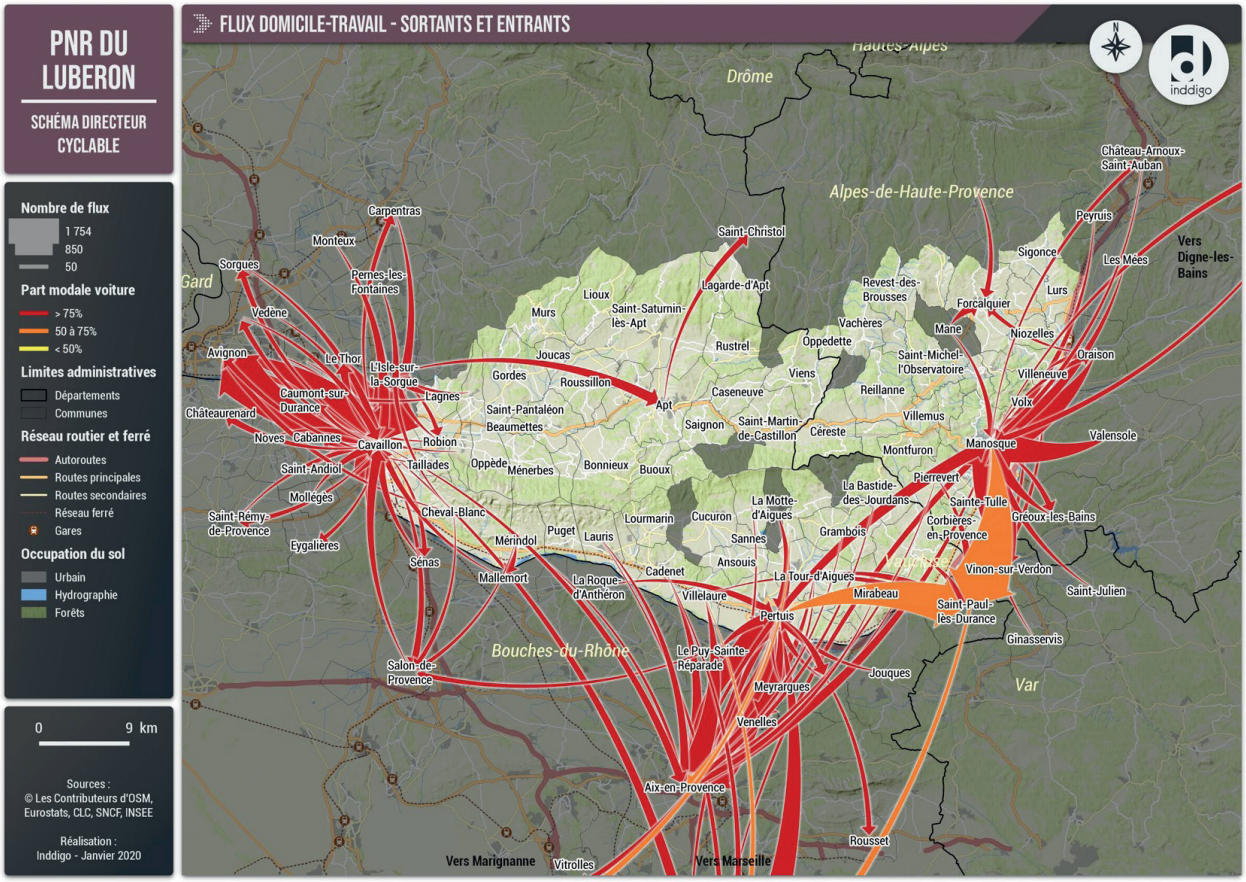


Figure 20. Migrations pendulaires dans le Parc naturel régional du Luberon : déplacements domicile-travail entre le Parc du Luberon et les territoires annexes (source : INDDIGO, données 2016)

7.3. Le développement des énergies renouvelables : un défi incontournable pour le territoire

La réduction des émissions de GES, grâce à une baisse drastique des consommations d'énergie, est une priorité (§7.1). Celle-ci doit s'accompagner, aux différentes échelles territoriales, d'une modification profonde du mix énergétique. C'est une transition qui vise une réduction massive des énergies fossiles, non renouvelables, et une évolution vers la production et l'usage d'énergies renouvelables (EnR) locales. Le challenge est considérable ! En 2016, les 100 communes du Parc du Luberon et de la montagne de Lure ont consommé (tous secteurs d'activités confondus) 3780 GWh/an[57] : transport (46 %), résidentiel (29 %), activités économiques (25 %). Sur ce même territoire, les EnR ont produit 764 GWh, soit 20 % des consommations territoriales, essentiellement grâce à l'hydroélectricité (centrales sur la Durance) avec 519 GWh, soit 68 % des EnR.

Ces énergies renouvelables se classent en deux catégories :

- production de chaleur : biomasse, solaire thermique, récupération de chaleur (géothermie par exemple) ;
- production d'électricité (hydroélectricité, photovoltaïque, éolien, méthanisation).

Le SRADDET intègre, au travers du Schéma régional climat-air-énergie (SRCAE), l'objectif d'une baisse de 30 % des consommations d'énergie finale en 2050. Aussi, pour contribuer à cette ambition, le territoire devrait parvenir d'ici 30 ans à ne plus consommer que 2670 GWh/an. Dans un même temps, la territorialisation du SRADDET incite les territoires à développer les EnR, en fonction de leurs potentiels respectifs. Même s'il s'agit d'un objectif non prescriptif, il est demandé au territoire « #Luberon2039 » de produire 4987 GWh/an en 2050 (Figure 21), dont la majorité serait issue du solaire photovoltaïque, à l'image du mix énergétique régional envisagé dans le SRCAE.

À plus brève échéance, en 2030, ce même exercice montre que le solaire photovoltaïque pourrait représenter localement une production annuelle de 1000 GWh/an contre 80 en 2016, soit une multiplication par 12,5 de la capacité de production. Les énergies dites de « récupération de chaleur » (géothermie, aérothermie) ont également une importante marge de développement et sont susceptibles de dépasser, à terme, la production de l'hydraulique qui présente peu ou pas de possibilités d'extension. L'usage de la biomasse, ressource abondante sur le territoire en raison des superficies boisées, pourrait se développer dans de nouveaux réseaux de chaleur collectifs ou dans les exploitations agricoles. L'éolien n'est pas exclu, même si son développement est très contraint dans le Luberon.

[57] Observatoire régional de l'énergie, du climat et de l'air - Fiche-outil de déclinaison des objectifs de la « Trajectoire Neutralité Carbone » – schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur « Luberon 2039 – 100 communes, périmètre de révision », données CIGALE 2016.

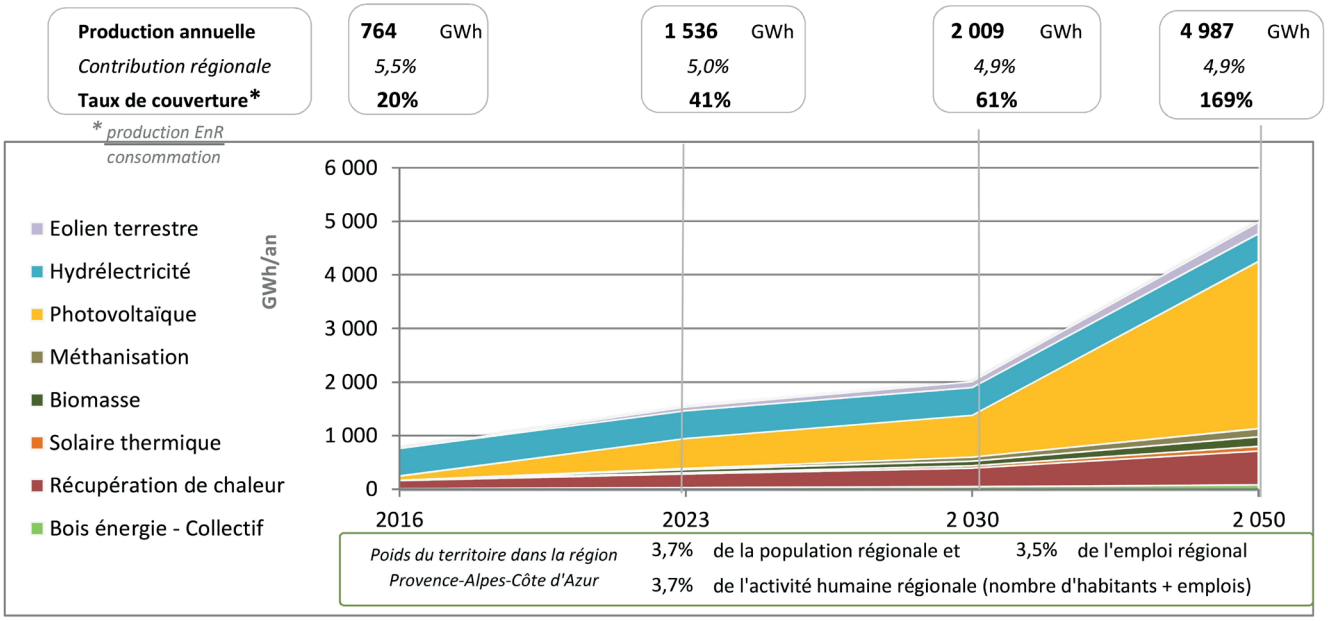


Figure 21. Énergies renouvelables : production et objectif par filière à l'horizon 2050 (source : fiche-outil de déclinaison des objectifs de la « Trajectoire Neutralité Carbone » - #Luberon2039)

Le développement des EnR, en particulier du solaire photovoltaïque, doit se faire en cohérence avec tous les enjeux du territoire : il convient de privilégier les surfaces au sol déjà anthropisées et de massifier son usage sur les toitures, partout où les conditions d'installation et d'exploitation sont réunies[58], de favoriser un aménagement réfléchi et durable du territoire, et de faciliter les montages de projet renforçant l'économie locale et la participation des acteurs locaux (lire interview de M. Bostetter, page suivante).

Enfin, il faut garder à l'esprit qu'une politique locale forte en la matière contribue à réduire le déficit de la balance énergétique du territoire : -414 M€/an en 2016, avec une projection de -530 M€/an en 2023 si rien n'est fait, contre -380 M€ si le scénario SRCAE est appliqué (150 M€ annuels qui restent ainsi au sein du territoire).

Dans ces conditions, le développement des EnR serait une opportunité et non une contrainte ou une menace.



Panneaux photovoltaïques sur le toit de la cave coopérative de Bonnieux.

[58] Doctrine photovoltaïque du Parc du Luberon, adoptée le 18 juillet 2019 par le comité syndical du Parc.

Jean-Michel Bostetter, président SAS Centrales Villageoises du Pays d'Aigues



1. Quelle énergie privilégiez-vous dans vos « Centrales Villageoises » ? Pourquoi ?

Le modèle des Centrales Villageoises repose actuellement sur l'installation de panneaux solaires photovoltaïques sur des toitures, publiques ou privées, dont la surface est louée. Les avantages du photovoltaïque sont les suivants :

- *investissement financier accessible à un collectif citoyen ;*
- *grande fiabilité et surveillance limitée à la vérification à distance de la production journalière ;*
- *entretien se résumant à un contrôle préventif annuel.*

Les autres sources d'énergie (petit hydraulique, éolien…) nécessitent des investissements plus lourds et une surveillance continue du bon fonctionnement des installations.

2. L'autonomie énergétique des habitations individuelles et du petit collectif est-elle envisageable à court terme ?

L'autonomie énergétique implique la disponibilité de l'énergie à la demande, de jour comme de nuit. Les sources électriques non pilotables (intermittentes) nécessiteraient de grandes capacités de stockage pour pallier les longues périodes d'indisponibilité, notamment au moment des pics de consommation annuels (le soir lors de vagues de froid où les vents sont souvent très faibles). De ce fait, elles ne seraient pas rentables. Seul le petit hydraulique (microcentrales hydroélectriques) permettrait une autonomie énergétique à condition que le débit soit suffisant, y compris pendant les périodes d'étiages.

3. Le recyclage à 100 % des panneaux photovoltaïques est-il pour demain ?

Les panneaux photovoltaïques sont essentiellement composés de verre, d'aluminium et de silicium cristallin. Le taux moyen de recyclage de leurs composants est proche de 95 % (verre et aluminium recyclables à l'infini, silicium réutilisable quatre fois…). À l'avenir, ce taux progressera encore, mais il sera difficile d'atteindre 100 % à moins de recycler la connectique et le plastique. Il existe aujourd'hui près de 200 points de collecte de panneaux solaires usagés.

4. Hors EnR, comment décarboner les territoires ?

En privilégiant simplement la sobriété énergétique (gestes du quotidien en faveur des économies d'énergie) et l'efficacité énergétique (isolation des logements). La mobilisation des citoyens est essentielle pour atteindre ces deux objectifs. En matière de sobriété énergétique les Centrales Villageoises préconisent l'organisation de défis citoyens locaux qui existent depuis plus de 10 ans sous le nom de « Familles à Énergie Positive ». Ils ont fait leur preuve à travers des expériences positives qui associent les citoyens, les collectivités territoriales, les animateurs et les foyers volontaires : -18 % de consommation énergétique à l'échelle de la communauté territoriale du Sud Luberon (COTELUB) durant l'hiver 2018-2019 par exemple. COTELUB et la communauté de communes Pays d'Apt-Luberon (CCPAL) ont d'ores et déjà inscrit dans leur plan climat-air-énergie territorial (PCAET) l'objectif ambitieux de sensibiliser d'ici fin 2030 la totalité de la population de leur territoire aux économies d'énergies. En moyenne, plus de 900 habitants par an seront ainsi sensibilisés sur chaque territoire. D'autres solutions existent pour économiser l'énergie, comme l'écoconduite par exemple. Pour décarboner le Parc du Luberon et plus largement l'Europe, je vous invite à découvrir The Shift Project : theshiftproject.org.

Conclusion et perspectives de mobilisation des acteurs locaux

Face au changement climatique, le Parc du Luberon est un territoire vulnérable qu'il faut préserver et adapter aux nouvelles contraintes. La capacité de développement et de résilience des écosystèmes, incluant la nature et l'homme, dépendront nécessairement à l'avenir des scénarios socio-économiques de l'échelle globale à locale, mais aussi des politiques et stratégies territoriales conciliant à la fois atténuation des gaz à effet de serre (GES) et adaptation au changement climatique. Il est impératif d'éviter les scénarios les plus pessimistes qui bouleverseraient de manière irréversible et durable les écosystèmes agricoles et naturels, mais aussi toutes les activités humaines. Le Parc du Luberon doit participer à sa mesure, de manière ambitieuse et exemplaire, à la lutte contre le changement climatique. Les pistes d'adaptation et d'atténuation vont immanquablement de pair et tout doit concourir à leurs mises en œuvre au-delà des clivages locaux et des intérêts individuels, dans la mesure où les enjeux sont majeurs et les impacts affecteront tous les habitants. Le Parc du Luberon doit raisonner de manière systémique car tout est lié : de la santé des arbres, par exemple, dépend la richesse des sols et de la biodiversité (souterraine et aérienne), la qualité des eaux, la séquestration du carbone, le risque incendie, le tourisme et les loisirs... Par conséquent, toutes les composantes sociales, économiques et politiques doivent travailler ensemble pour agir efficacement au quotidien. L'exercice n'est pas aisé, mais les parcs naturels régionaux (PNR) représentent des territoires propices à la mise en œuvre d'actions en faveur des transitions. De par la richesse de leurs patrimoines culturels et naturels, les PNR peuvent susciter un fort sentiment d'attachement territorial ressenti par la population locale, mais aussi les propriétaires de maisons secondaires qui cherchent à préserver leur lieu de villégiature tout en émettant paradoxalement d'importantes émissions de GES en fonction de leurs modes de vie.

Les PNR apparaissent donc comme une échelle territoriale pertinente pour faciliter les transitions (écologique, énergétique, environnementale...). Toutefois, même si cela est contre-intuitif, un fort attachement au lieu de vie n'est pas prédictif d'un engagement pro-environnemental. Cela s'explique notamment par le phénomène d'hypermétropie environnementale (ou biais d'optimisme spatial) selon lequel nous percevons les dégradations et les risques associés à notre environnement local comme étant moindres qu'à un niveau plus global, surtout si nous ne percevons pas de risque immédiat. C'est l'une des explications théoriques permettant de comprendre les incohérences perçues entre une orientation écologique « abstraite » et une réticence envers sa mise en pratique au niveau local.



Des études réalisées au sein des sites Natura 2000 montrent par exemple que ces incohérences sont moins fortes chez les propriétaires et diminuent avec le temps d'habitation. En revanche, la confiance dans les institutions décisionnaires semble jouer un rôle paradoxal : plus la confiance grandit, plus des incohérences sont observées car notre responsabilité individuelle est déléguée. Pour réduire ce phénomène d'hypermétropie environnementale, les connaissances précises sur l'évolution du climat à l'échelle du Parc du Luberon peuvent permettre de réduire ce biais en informant les acteurs locaux à une échelle spatiale et temporelle appropriée. Mais il faut être vigilant car informer est le plus souvent insuffisant pour générer un changement profond des pratiques sociales. En outre, l'ampleur des défis peut provoquer de la réactance, un mécanisme de défense psychologique en réponse à une perception de perte de liberté d'action. Elle se traduit notamment par une motivation des individus à recouvrer leurs libertés menacées ou supprimées qui deviennent encore plus attractives après leur remise en question.

Pour convaincre les populations du bien-fondé des actions préconisées, il est nécessaire de communiquer sur les co-bénéfices (aux plans économique et social : création d'emplois, innovation, recul des inégalités sociales, amélioration de la santé, réduction des pollutions, préservation des écosystèmes...) d'une politique ambitieuse en faveur de l'adaptation au changement climatique et l'atténuation des émissions des GES dans le Parc du Luberon. Évoquer les co-bénéfices offre une vision d'avenir commun désirable. Cette stratégie peut également permettre de convaincre les sceptiques en contournant l'aversion pour la perte, perception souvent associée aux politiques environnementales.

Contributeurs

- **Nicolas AMBLARD** (§7.2), chargé de mission « mobilité », Parc naturel régional du Luberon. Contact : nicolas.amblard@parcduluberon.fr
- **Aurore AUBAIL** (Zoom 1, Zoom 4, §7.1), coordinatrice, Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR Climat). Contact : aurore.aubail@air-climat.org
- **Jean-Noël BAUDIN** (§ 6.3), chef de projet « Espace Valléen Luberon-Lure », Parc naturel régional du Luberon. Contact : jean-noel.baudin@parcduluberon.fr
- **Raquel BOHN-BERTOLDO** (conclusion), maître de conférences en psychologie, Département de psychologie sociale et du travail, Aix-Marseille Université (AMU). Contact : raquel.bohn-bertoldo@univ-amu.fr
- **Jean-Michel BOSTETTER** (paroles d'acteur §7), président, Centrales Villageoises du Pays d'Aigues. Contact : paysdaigues@centralesvillageoises.fr
- **Nicolas BOUËDEC** (§6.2), chargé de mission « écologie urbaine » et « signalétique, déchets, éco-responsabilité », animateur de la démarche « zéro pesticide », Parc naturel régional du Luberon. Contact : nicolas.bouedec@parcduluberon.fr
- **Matthieu CAMPS** (§7.1, §7.3), responsable du pôle « Transition énergétique & Écologie urbaine », Parc naturel régional du Luberon. Contact : matthieu.camps@parcduluberon.fr
- **Bert CANDAELE** (§5.4), directeur, CRIEPPAM. Contact : bert.candaele@crieppam.fr
- **Yann CHANNAC MONGREDIEN** (paroles d'acteur §7), chargé de mission « indicateurs, cartographie, opendata », AtmoSud. Contact : yann.channac@atmosud.org
- **Nathalie CHARLES** (§5.4), chargée d'étude « promotion des produits agricoles du Luberon », Parc naturel régional du Luberon. Contact : nathalie.charles@parcduluberon.fr
- **Patrick COHEN** (§1.3), responsable du pôle « Patrimoine culturel & Aménagement durable du territoire », Parc naturel régional du Luberon. Contact : patrick.cohen@parcduluberon.fr
- **Hélène CORREA** (§1.2, §2.3), ingénieure, Météo-France, Direction des Services Météorologiques (DSM/AC). Contact : helene.correa@meteo.fr
- **Wolfgang CRAMER** (introduction), directeur de recherche, CNRS, Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale (IMBE). Contact : wolfgang.cramer@imbe.fr
- **Gérard DAUMAS** (paroles d'acteur §5), producteur de céréales et maraîchage en bio, Président d'Agribio 04. Contact : agribio04@bio-provence.org
- **Christophe DEMARQUE** (conclusion), directeur du Département de psychologie sociale, maître de conférences en psychologie sociale et du travail, Aix-Marseille Université (AMU). Contact : christophe.demarque@univ-amu.fr
- **Pascal DUMOULIN** (paroles d'acteur §2), chargé d'étude « ressource en eau », Syndicat mixte d'aménagement de la vallée de la Durance (SMAVD). Contact : pascal.dumoulin@smavd.org
- **Iñaki GARCIA DE CORTAZAR-ATAURI** (§5.2), ingénieur de recherche, Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE). Contact : inaki.garciadecortazar@inrae.fr
- **Julie GATTACCECA** (§2.4, §7.2), chargée de mission, AIR Climat. Contact : julie.gatta@gmail.com
- **Joël GUIOT** (§2.1), directeur émérite de recherche, CNRS, CEREGE, UMR 7330 AMU/CNRS/IRD/Collège de France, Labex OT-Med. Contact : guiot@cerege.fr
- **Cécile GUYON** (§1.2, §2.3), ingénieure, Météo-France, Aix-en-Provence. Contact : cecile.guyon@meteo.fr

- **Stéphane JÉZÉQUEL** (paroles d'acteur §5), ingénieur, ARVALIS, Institut du végétal. Contact : s.jezequel@arvalis.fr
- **Muriel KREBS** (§2.2), géomaticienne, équipe du « Système d'Information Territorial » (SIT), Parc naturel régional du Luberon. Contact : muriel.krebs@parcduluberon.fr
- **Olivier LÉONARD** (paroles d'acteur §6), accompagnateur moyenne montagne. Contact : marchaletoile@gmail.com
- **Anne-Marie MARTINEZ** (§5.3), conseillère agrométéo, technicienne irrigation, CIRAME. Contact : martinez-am@agrometeo.fr
- **Mylène MAUREL** (§1.3, paroles d'acteur §5, §6.3), responsable du pôle « Agriculture et Tourisme durables, Économie responsable », Parc naturel régional du Luberon. Contact : mylene.maurel@parcduluberon.fr
- **Sylvain MERCIER** (paroles d'acteur §7), chargé de l'action territoriale Var-Vaucluse et des politiques climatiques et environnementales, AtmoSud. Contact : sylvain.mercier@atmosud.org
- **Laurent MICHEL** (§3.1, §3.2, §4.1, §4.3, §4.5), chargé de mission « biodiversité, avis du Parc », Parc naturel régional du Luberon. Contact : laurent.michel@parcduluberon.fr
- **Antoine NICAULT** (coordination générale, §2.3, §2.4, §3.1, §3.2, §4.1, Zoom 2, Zoom 3, §4.3, §4.5, §6.2), coordinateur et animateur du GREC-SUD. Contact : antoine.nicault@grec-sud.fr
- **Sylvie PALPANT** (§6.4), directrice, Vélo Loisir Provence. Contact : sylvie.palpant@veloloisirprovence.com
- **Cédric PROUST** (§1.3, §2.4, paroles d'acteur §6), chargé de mission « eaux et rivières », Parc naturel régional du Luberon. Contact : cedric.proust@parcduluberon.fr
- **Laure REYNAUD** (§6.3), coordinatrice du projet « Tourisme Durable », réseau des Parcs naturels régionaux de Provence-Alpes-Côte d'Azur. Contact : laure.reynaud@pnrpaca.fr
- **Philippe ROSSELLO** (ligne éditoriale, conception, coordination générale, introduction, §1.1, §1.2, §2.2, §4.2, §5.1, §5.2, §6.1, §6.3, §7.1, conclusion), ingénieur en analyse spatiale et prospective, GeographR / coordinateur et animateur du GREC-SUD. Contact : philippe.rossello@geographr.fr
- **Olivier ROULLE** (§1.2, §2.3), responsable Études et Climatologie, Direction interrégionale Sud-Est, Météo-France, Aix-en-Provence. Contact : olivier.roulle@meteo.fr
- **Aline SALVAUDON** (§3.1, §3.2, §4.1, §4.3, §4.5), responsable du pôle « Biodiversité, géologie, ressources naturelles », Parc naturel régional du Luberon. Contact : aline.salvaudon@parcduluberon.fr
- **Dominique SANTONI** (édito), présidente du Parc naturel régional du Luberon. Contact : contact@parcduluberon.fr
- **Mathieu SANTONJA** (Zoom 2), maître de conférences, CNRS, Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale (IMBE). Contact : mathieu.santonja@imbe.fr
- **Pierre SICARD** (§4.4), docteur en chimie atmosphérique, service "Air pollution & forests", ARGANS. Contact : psicard@argans.eu
- **Laura VILLALONGA** (§2.3), chargée de mission, Air Climat. Contact : villalongalaura911@gmail.com

Merci également à **Françoise BOULET-DELVILLE** (Parc naturel régional du Luberon), **Sophie BOURLON** (Parc naturel régional du Luberon), **Benoît CONTI** (IFSTTAR), **Thibault DATRY** (INRAE), **Laure GALPIN** (Parc naturel régional du Luberon), **Thierry GAUQUELIN** (IMBE), **Benoît GESLIN** (IMBE), **Solgne LOUIS** (Parc naturel régional du Luberon), **Julien RUFFAULT** (INRAE), **Éric SAUQUET** (INRAE), **Jean-Philippe VIDAL** (INRAE) pour leurs conseils et/ou orientations.

Pour obtenir la liste des références bibliographiques sur lesquelles s'appuie cette synthèse des connaissances, prenez contact avec le GREC-SUD : contacts@air-climat.org

Comment citer cette publication du GREC-SUD ?
Le Parc naturel régional du Luberon à l'épreuve du changement climatique, Les cahiers du GREC-SUD édités par l'Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR Climat), juillet 2020, 52 p. ISBN : 978-2-9560060-9-1

Le Luberon, labellisé « parc naturel régional » et reconnu Réserve de biosphère (Luberon-Lure) et Géoparc mondial par l'Unesco, a le potentiel pour devenir un laboratoire vivant du renouveau du développement durable en Méditerranée. En ce sens, les acteurs locaux s'interrogent aujourd'hui sur le devenir de leur territoire et sa vulnérabilité, la préservation des paysages et de la biodiversité, le maintien des activités économiques…

Ce cahier territorial, commandé par le Parc naturel régional du Luberon et élaboré par le Groupe régional d'experts sur le climat en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-SUD) propose de faire un état des connaissances scientifiques et met en avant des premières solutions.



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

ISBN 978-2-9560060-9-1