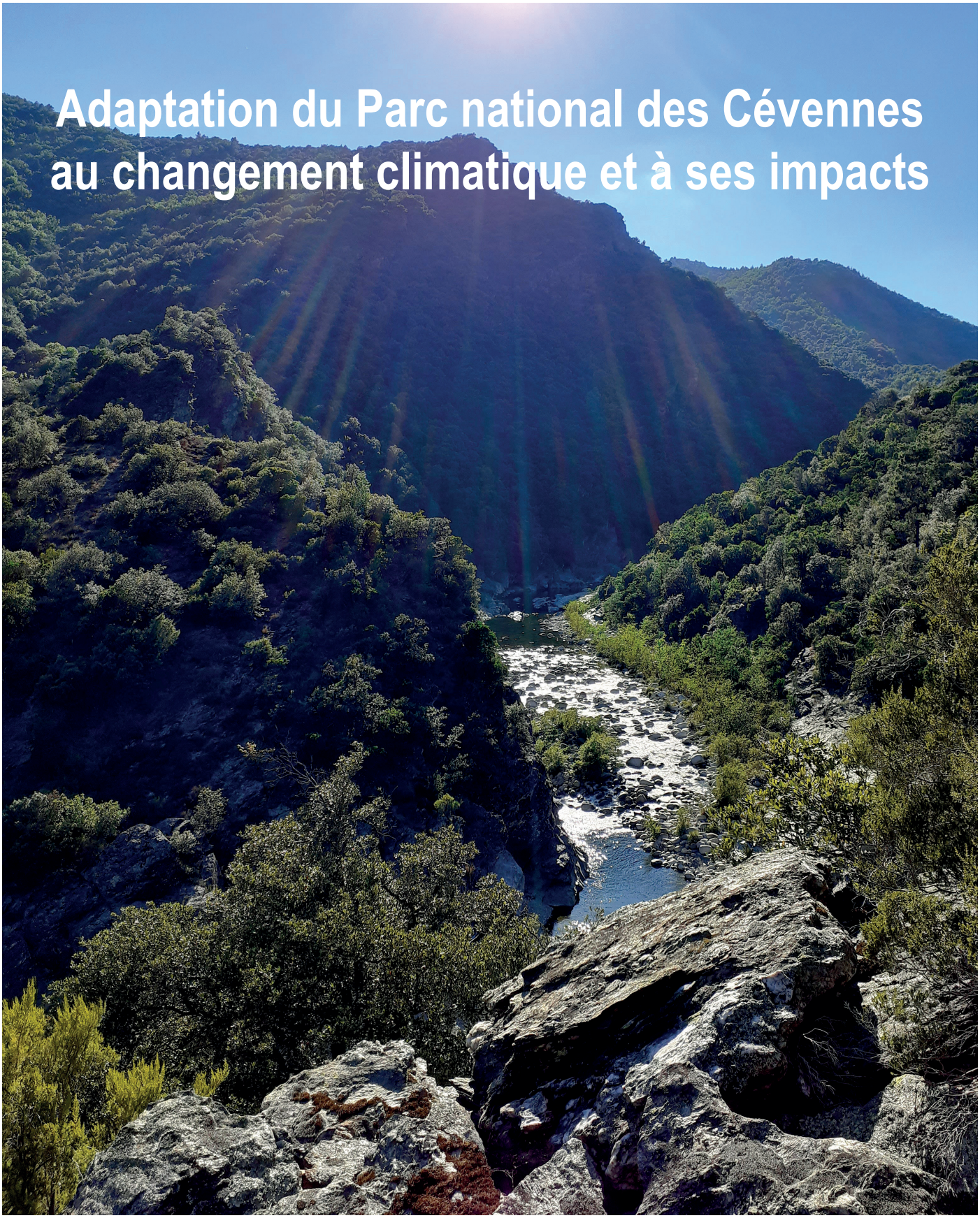
Adaptation du Parc national des Cévennes au changement climatique et à ses impacts



Septembre 2020

air | GREC SUD

Réseau d'expertise sur les changements climatiques en Occitanie
RECO

Parc national des Cévennes



Sources : PNC, IGN BDTOPO® / Édition : parc_national_des_cevennes_petit_v2.ai / © Parc national des Cévennes - août 2020

Ce cahier thématique a été commandé et financé par le Parc national des Cévennes et réalisé conjointement par le Groupe régional d'experts sur le climat en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-SUD, www.grec-sud.fr) et le Réseau d'expertise sur les changements climatiques en Occitanie (RECO, https://reco-occitanie.org), regroupant pour l'occasion des dizaines de scientifiques. Il a été coordonné par Antoine Nicault, pour l'association AIR Climat qui pilote le GREC-SUD, et Guillaume Simonet, coordinateur général du RECO, avec la collaboration active de Bertrand Schatz (CEFE, CNRS, Montpellier).

La liste des références scientifiques utilisées pour la rédaction de ce document est disponible sur les sites web du Parc national des Cévennes, du GREC-SUD et du RECO.

Photo de couverture : le Chassezac (© Antoine Nicault)
Photo 4ème de couverture : berger et son troupeau de brebis vers Costeguison, Causse Méjean (© Régis Descamps - PNC)

Réalisation de la maquette : Tumult
Date de publication : septembre 2020.

Édito



Lorsque le Parc national des Cévennes a été créé, il y a 50 ans, le territoire s'était en partie vidé de sa population et l'un des principaux défis était de procurer, à celle qui restait ou arrivait, des activités génératrices de revenus tout en préservant l'environnement exceptionnel qui venait d'être reconnu par l'État. Les objectifs originels ont été atteints : la population du Parc s'est non seulement maintenue, mais a augmenté, y compris dans la zone protégée et réglementée. Plus de 400 exploitations agricoles y sont présentes et les paysages culturels de l'agropastoralisme méditerranéen, source d'une biodiversité remarquable, ont été reconnus par l'UNESCO et inscrits en 2011 sur la liste du patrimoine mondial de l'humanité.

Le territoire fait face aujourd'hui à un nouveau défi : celui du changement climatique. Situé sur la ligne de partage des eaux Méditerranée-Atlantique, le Parc national des Cévennes présente un climat contrasté qui a déjà significativement évolué. Ces 60 dernières années, les températures ont nettement augmenté avec, par exemple, au Mont Aigoual, une température moyenne annuelle de l'ordre de +2 °C par rapport à la période 1961-1990. Les précipitations montrent quant à elles une tendance à la baisse, particulièrement en hiver et en été. Nous pouvons observer les effets de ces changements sur la végétation : au Mont Lozère, les premières feuilles de hêtres apparaissent une vingtaine de jours plus tôt qu'en 1980. Ces tendances devraient très vraisemblablement s'accroître dans les prochaines décennies.

Comment atténuer ces changements et, dans le même temps, s'adapter aux évolutions constatées et à venir en vue de pérenniser les activités et la vie dans le Parc national ? Pour développer et mettre en œuvre les mesures nécessaires à l'échelle territoriale, il est indispensable de s'appuyer sur la vulgarisation et l'appropriation locale des connaissances scientifiques et citoyennes relatives à ces changements et aux possibles solutions pour les intégrer.

La présente étude, commandée par le Parc national des Cévennes au GREC-SUD/RECO, a justement pour objet de documenter la réflexion prospective sur la vie dans les Cévennes dans les 50 prochaines années. Au-delà des constats sur les évolutions climatiques possibles, des pistes pour une adaptation et une expérimentation de nouvelles pratiques sont envisagées. Elles reposent majoritairement sur le renforcement de la diversité biologique et de la rusticité des écosystèmes : valoriser davantage les parcours par exemple pour mieux exploiter la ressource fourragère disponible, revoir les pratiques sylvicoles (ex : choix des essences)… La modification des modes d'exploitation techniques devra s'accompagner de nouveaux systèmes de partage, de décision et d'organisation territoriale afin de valoriser davantage les ressources locales.

Comme il le fait depuis 50 ans, le Parc national continuera à jouer pleinement son rôle de territoire d'expérimentation et l'établissement public sera aux côtés des habitants, des acteurs socio-professionnels et des élus pour les aider à anticiper et faire face aux impacts du changement climatique.

Anne LEGILE
Directrice du Parc national des Cévennes

Parc national des Cévennes

Table des matières

Édito....3
Introduction....5

1. Évolution actuelle et future du climat sur le territoire du Parc....7
1.1. Le climat contrasté du Parc national des Cévennes....7
1.2. Réchauffement printanier d'altitude....10
1.3. Évolution du climat futur sur le territoire du Parc....11
1.4. Les épisodes cévenols vont-ils évoluer avec le changement climatique ?....13

2. Conséquences de l'évolution du climat sur les ressources en eau....14
2.1. L'évolution de la ressource en eau : des incertitudes qui ne doivent pas entraver la prise de conscience....14
2.2. La compatibilité des pratiques séculaires avec le changement climatique : l'exemple des béals de la Haute-Cèze....15
2.3. Vers une hydrologie populaire et participative ?....17

3. Impacts du changement climatique sur les activités et la productivité agricoles....19
3.1. Systèmes pastoraux cévenols et changement climatique : impacts et pistes d'adaptation....19
3.2. Enjeux et questions à propos de la pratique des brûlages pastoraux dans le Parc national des Cévennes....20
3.3. L'agroforesterie : une pratique indispensable face au changement climatique....21
3.4. L'apiculture cévenole à l'épreuve du climat....23

4. Les forêts face au changement climatique : impacts et solutions....23
4.1. Des risques d'incendies en augmentation en lien avec les sècheresses et les canicules....24
4.2. La châtaigneraie fruitière cévenole : un agroécosystème aux multiples valeurs socio-culturelles et écosystémiques face au changement climatique....25
4.3. Le Parc national des Cévennes et l'adaptation des forêts au changement climatique....26
4.4. Pin de Salzmann, une essence autochtone à privilégier dans les peuplements de moyennes montagnes des Cévennes....27

5. Biodiversité et changement climatique....28
5.1. Ça chauffe pour les orchidées des Cévennes !....29
5.2. Souvent négligés, mais pourtant cruciaux : les insectes pollinisateurs des Cévennes....30
5.3. Changement climatique et espèces emblématiques : le cas du papillon Apollon....30
5.4. Pour les reptiles et amphibiens, le changement climatique reste une menace difficile à évaluer....31
5.5. Les chauves-souris, sentinelles des changements climatiques et environnementaux dans les Cévennes d'hier, d'aujourd'hui et de demain....32
5.6. Conséquences du changement climatique sur l'avifaune du Parc national des Cévennes....33
5.7. Conséquences du changement climatique sur les rapaces nécrophages du Parc national des Cévennes....34
5.8. Sciences participatives et espaces protégés : une complémentarité à ne pas négliger....35

6. Le changement climatique : quelles conséquences sur nos pratiques et nos modes de vie ?....36
6.1. L'adaptation aux changements climatiques : cadrage théorique....36
6.2. Le pacte territorial, un droit pour une résilience à l'échelle de l'intercommunalité....38
6.3. Mieux prévenir les crises sanitaires à l'échelle des territoires : l'exemple des maladies transmises par les tiques en Occitanie..39
6.4. L'énergie citoyenne, levier pour la transition énergétique ?....40
6.5. Transition énergétique : le regard des acteurs du territoire sur la mobilisation des biomasses....41
6.6. La mobilité en milieu rural à faible densité....42
6.7. Les circuits courts alimentaires, un levier pour lutter contre le changement climatique ?....43
6.8. Le tourisme dans les Cévennes : quelle évolution ?....43
6.9. Agriculture ou habitat, les pratiques ancestrales cévenoles peuvent continuer à nous inspirer....45
6.10. Analyse des enjeux liés au changement climatique dans les perceptions des paysages cévenols....47

Conclusion....48
Contributeurs....51

Introduction

Le réchauffement global, ses origines anthropiques et ses impacts ne peuvent plus être remis aujourd'hui en question. Depuis le début de l'ère préindustrielle, la température de la planète a augmenté de plus d'un degré Celsius. Un degré peut sembler dérisoire, mais, à l'échelle de la planète, c'est considérable. La vitesse et l'ampleur de l'évolution climatique en cours sont, en l'état actuel des connaissances, inégalées depuis des millénaires et devraient s'accroître ces prochaines décennies. La hausse de la température de l'air à l'échelle planétaire entraîne une modification du régime des précipitations, une augmentation de la fréquence et de l'intensité des aléas climatiques extrêmes (vagues de chaleur, pluies intenses, sècheresses), ainsi qu'une élévation de la température et du niveau des mers et océans. L'augmentation du CO_2 atmosphérique, absorbé et dissous dans les mers et océans, accentue, quant à elle, leur acidité.

Les effets du dérèglement du climat sont visibles et ont d'ores et déjà des conséquences sur les écosystèmes, la biodiversité, la santé (forte exposition des populations les plus vulnérables), les activités humaines (agriculture ou tourisme par exemple)… La forte augmentation de la fréquence des canicules en France ces 10 dernières années (au moins un épisode par an depuis 2015), un exemple parmi d'autres, illustre bien ces changements.

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), dans son rapport publié en 2018[1], insiste sur ce point : « *pour minimiser les risques liés au changement, il faudra limiter le réchauffement global à 1,5 °C ou 2 °C, et pour cela, des changements dans tous les secteurs de la société sont nécessaires* ». Si la probabilité de limiter la température de la planète à 1,5 °C est de plus en plus faible, les sociétés et les territoires doivent impérativement renforcer leurs efforts pour réduire drastiquement leurs émissions de gaz à effet de serre (GES). Au niveau global, chaque dixième de degré compte et il est nécessaire d'agir de manière rapide et efficace, car les bienfaits des politiques et stratégies d'atténuation des émissions de GES mises en œuvre aujourd'hui ne s'apprécieront qu'à partir de 2050. Ce décalage dans le temps est causé par l'inertie du système climatique (temps de résidence des GES dans l'atmosphère, chaleur emmagasinée dans les océans). Ainsi, quelle que soit l'ampleur de nos efforts, le seuil de 1,5 °C devrait être atteint autour de 2040. Il faut donc, dès à présent, à la fois réduire les émissions de GES, anticiper les changements et préparer nos territoires à vivre dans un monde plus chaud.

De plus, en 2019, l'IPBES[2] (équivalent du GIEC pour la biodiversité) tire la sonnette d'alarme : elle met en évidence un effondrement de la biodiversité terrestre et marine, et une dégradation sans précédent des services rendus par les écosystèmes. D'après les auteurs du rapport « *d'ici 2050, le changement climatique causera des effets négatifs sur la biodiversité comparables aux pressions imposées par les changements d'usages des terres* », avec notamment pour conséquence une potentielle diminution de la séquestration du carbone des écosystèmes et la perte de nombreux autres services rendus par la nature. Aujourd'hui, changement climatique et crise de la biodiversité ne peuvent plus être dissociés, et sont donc à appréhender de manière conjointe.

La capacité de développement et de résilience des écosystèmes et des activités économiques, et plus largement le maintien de la qualité de vie, dépendront à l'avenir des politiques engagées à l'échelle internationale et nationale, mais également des initiatives régionales et locales à travers les stratégies territoriales. Le GIEC a rappelé, dès 2014[3], que 50 à 70 % des mesures d'atténuation et d'adaptation (augmentation de la résilience de nos systèmes socio-économiques et des écosystèmes) devront être appliquées à l'échelon infranational (régional et local). Les recommandations du dernier rapport du Haut Conseil pour le climat[4] vont également dans ce sens, en ciblant l'importance des régions comme cheffes de file dans la lutte contre le changement climatique et en précisant qu'elles doivent favoriser l'émergence de dispositifs d'accompagnement adaptés au niveau local.

Dans ce contexte, la prise en compte des connaissances scientifiques devient un maillon essentiel des politiques de transformation énergétique, environnementale et sociale. Le renforcement de l'interface science-société, l'expérimentation et le partage d'expériences doivent jouer un rôle majeur dans la transformation des modes de consommation et de production, et de manière plus générale, des modes de vie. Les besoins en matière de connaissances scientifiques et de données, de sensibilisation des publics, de mutualisation et d'accompagnement sont croissants et de plus en plus pressants. Le territoire du Parc national des Cévennes (PNC) ne fait pas exception. L'appropriation des connaissances, des décideurs aux citoyens, est l'une des clés pour réussir une transformation durable.

---

[1] https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_fr.pdf

[2] IPBES : Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques. Rapport IPBES 2019, communiqué de presse et chiffres-clés : https://ipbes.net/news/media-release-global-Assessment-fr

[3] https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf

[4] https://www.hautconseilclimat.fr/publications/rapport-annuel-2020/



Photo 1. Causse Méjean à l'automne (© Béatrice Lamarche - PNC)

Dans cette optique, sous l'impulsion du PNC, le GREC-SUD et le RECO[5] se sont alliés pour mobiliser des scientifiques issus de différentes disciplines, afin de centraliser les connaissances scientifiques les plus récentes (non exhaustives) sur les enjeux, les impacts et les pistes d'adaptation et d'atténuation pour faire face aux changements climatiques à l'échelle du PNC. Dans ce cahier, les changements climatiques sont abordés de manière thématique et transdisciplinaire : climat, ressource en eau, agriculture, forêt, biodiversité, santé, mobilité, énergie…

L'objectif est de faciliter la diffusion des connaissances, de renforcer les dynamiques locales et d'accompagner les acteurs territoriaux (élus, gestionnaires, collectivités, entreprises, associations) et l'ensemble des citoyens, pour inventer les Cévennes de demain.

[5] Le RECO (Réseau d'expertise sur les changements climatiques en Occitanie) et le GREC-SUD (Groupe régional d'experts sur le climat en région Provence-Alpes-Côte d'Azur) sont des interfaces science-société (à l'instar du GIEC, mais à l'échelle régionale) qui ont pour vocation la centralisation, la diffusion et le décryptage des connaissances scientifiques sur les changements climatiques à destination des acteurs du territoire et de la société civile.

1. Évolution actuelle et future du climat sur le territoire du Parc

Ce chapitre se penche sur les caractéristiques et l'évolution du climat sur le territoire du Parc. La hausse des températures n'est pas homogène sur l'ensemble de la planète. Elle est plus marquée notamment sur les continents (l'augmentation de la température est déjà de 1,53°C pour les terres émergées), au niveau des pôles ou dans les montagnes. Cette variabilité peut s'exprimer également à l'échelle d'un territoire. Celui du Parc est marqué par un important gradient altitudinal, de forts contrastes climatiques et un relief très diversifié qui engendrent une multitude de microclimats.

1.1. Le climat contrasté du Parc national des Cévennes

Situé au sud du Massif central, s'étendant sur trois départements (Lozère, Gard et Ardèche) et se décomposant en quatre massifs (Mont Aigoual, Mont Lozère, Causse Méjean, vallées cévenoles), le Parc national des Cévennes est caractérisé par un climat contrasté tout au long de l'année, oscillant entre douceur et rudesse. En effet, ce territoire de moyenne montagne, enclavé, à la topographie tourmentée, avec ses vallées étroites et gorges érodées, ses (hauts) plateaux, ses monts et massifs qui culminent à 1699 m d'altitude, est sous l'influence d'un climat principalement méditerranéen, ou méditerranéen dégradé, mais aussi montagnard, continental et même océanique. Le bon ensoleillement, les intenses précipitations automnales (les fameux « épisodes cévenols »), l'aridité parfois prononcée en été, les coups de froid en hiver régulièrement accompagnés de fortes chutes de neige, mais aussi les redoux parfois brutaux, la multiplicité des contextes physico-environnementaux et des microclimats associés, les écarts saisonniers très marqués et la variabilité interannuelle climatique façonnent les caractères des paysages et favorisent la richesse de la biodiversité.

La température dans les vallées est relativement clémente. À Florac, par exemple, la température moyenne annuelle est de 10,9 °C, oscillant entre 3 °C en janvier et 19,9 °C en juillet (Figure 1). Ces valeurs moyennes masquent des écarts significatifs entre températures minimales et maximales moyennes : 7,6 °C en décembre, mais plus de 15 °C en juillet et août. En été, les nuits sont relativement fraîches, mais les journées sont chaudes, voire très chaudes (la température maximale moyenne en juillet et août est supérieure à 27 °C). Durant l'hiver météorologique (décembre à février), la température moyenne est inférieure à 4 °C, saison où le gel est fréquent. Ce dernier peut sévir dès le début de l'automne ou tardivement au printemps.

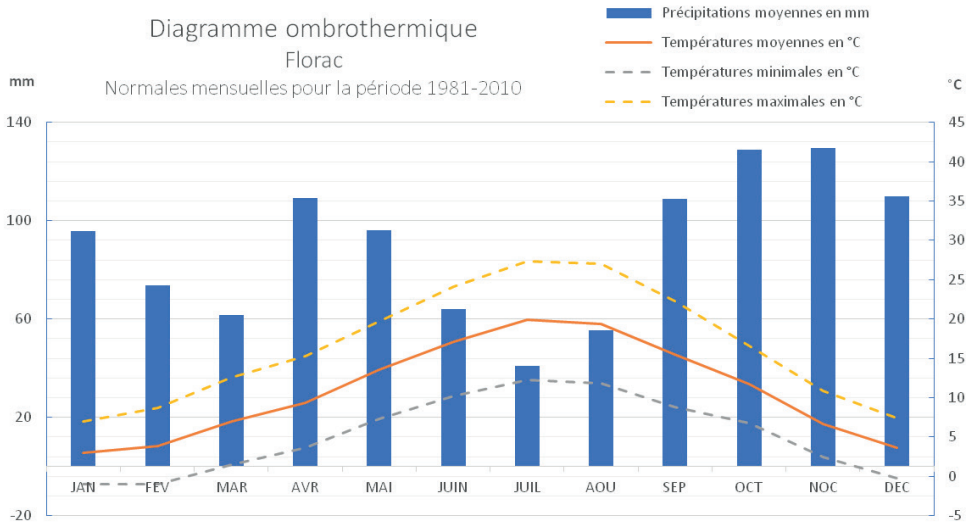


Figure 1. Diagramme ombrothermique à Florac (source des données : Météo-France)

Plus en altitude, comme au Mont Aigoual situé à 1567 m d'altitude, le climat est plus sévère. En effet, la température moyenne annuelle est d'à peine 5,3 °C (Figure 2), dont 6 mois à moins de 3 °C, et au cœur de l'été, les températures maximales moyennes dépassent à peine 17 °C, offrant tout de même de belles journées ensoleillées et tempérées, voire chaudes. En hiver, le froid et le gel s'installent. Les jours sans dégel (température maximale ≤ 0 °C), surtout en janvier et février, ne sont pas rares (4,3 jours sur 10). L'amplitude entre la valeur extrême de la température minimale et maximale est remarquable : 29,9 °C le 28 juin 2019 et -28 °C le 10 février 1956. Les deux saisons les plus pluvieuses sont le printemps (avril-mai) et l'automne (septembre-novembre), mais les hivers restent humides. Les quantités de précipitations (pluie et neige), qui dépendent des saisons et de la variabilité interannuelle, sont globalement abondantes et irrégulières sur le territoire du Parc. Elles dépassent les 1000 mm et peuvent atteindre des valeurs supérieures à 2000 mm au Mont Lozère (valeur record en France). À Alès et Florac (Figure 1), par exemple, les cumuls sont de l'ordre de 1000 mm, 1931 mm au Mont Aigoual (Figure 2) et plus de 2000 mm au Mont Lozère. Le record annuel de précipitations au Mont Aigoual est de 4014 mm en 1913. Les épisodes cévenols sont accompagnés de pluies très intenses susceptibles d'apporter

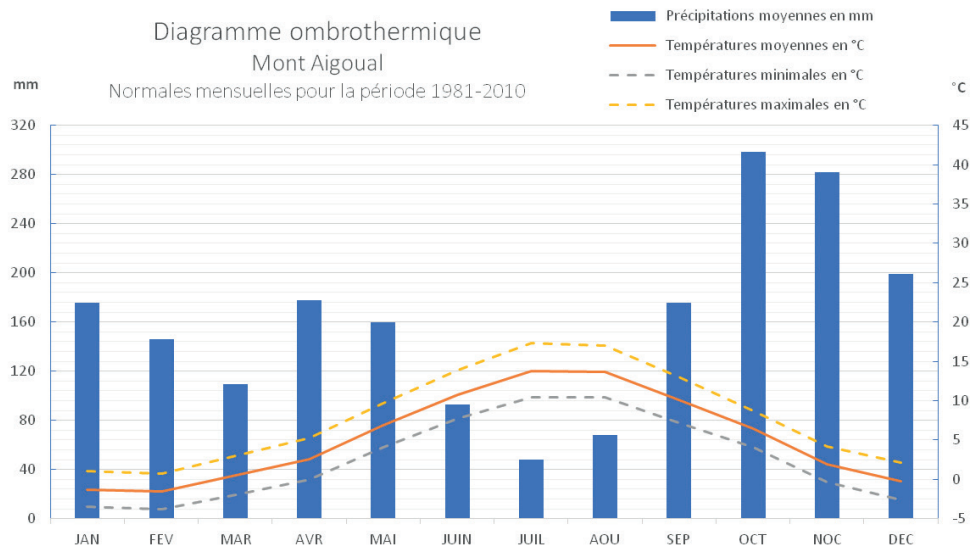


Figure 2. Diagramme ombrothermique[6] au Mont Aigoual (source des données : Météo-France)

des hauteurs de pluie supérieures à 200 mm en quelques heures (519,7 mm le 24 février 1964 au Mont Aigoual), ce qui provoque des crues violentes et des inondations parfois catastrophiques (« Gardonnades » ou crues du Gardon, par exemple), des coulées de boue, des glissements de terrain… Ces apports pluviométriques n'empêchent pas des périodes de sécheresse au cœur de l'été accentuées par une chaleur parfois accablante dans les fonds de vallées et sur les pentes les plus exposées au soleil. En hiver, un manteau neigeux de plus d'un mètre peut recouvrir les massifs, même en basse altitude. Mais les périodes de redoux accélèrent la fonte de la neige et limitent la durée de l'enneigement. Le maintien des activités de glisse devient difficile dans les petites stations de ski du Mont Aigoual ou du Bleymard située au Mont Lozère. Les hautes crêtes peuvent être balayées par des vents très violents : au Mont Aigoual, des rafales à plus de 200 km/h sont enregistrées. La vitesse du vent est supérieure à 100 km/h 95 jours par an en moyenne. Dans les Cévennes, le vent dominant est de direction Nord-Ouest/Nord-Nord-Ouest. Les postes de Florac et du Mont Aigoual ne sont toutefois pas représentatifs de l'ensemble des microclimats des Cévennes : du côté du causse Méjean (terre de steppes), entre pentes abruptes et plateaux, l'hiver est plus doux qu'au niveau des plus hautes crêtes cévenoles, tout en restant rude, et l'été est particulièrement chaud et sec ; sur les bordures est et sud du territoire du Parc, à faible altitude, les températures sont globalement supérieures à celles de Florac tout au long de l'année et les précipitations plus faibles. Le changement climatique causé par les activités anthropiques affecte le climat mondial, mais aussi le climat cévenol. Le réchauffement a même tendance à s'accélérer depuis le milieu des années 1980. Au Mont Aigoual, par exemple, les températures mensuelles minimales les plus froides sont toutes antérieures à 1988, sauf pour le mois d'octobre. La température annuelle moyenne, minimale et maximale a nettement augmenté depuis 60 ans dans le Parc. L'augmentation est de l'ordre de 1,2 °C pour les minimales et 1,5 °C pour les maximales. Certains secteurs se réchauffent plus vite, comme le Mont Aigoual, avec une augmentation des températures annuelles maximales de près de 2,3 °C (Figure 3). Les hausses les plus fortes sont au printemps et en été : +2,6 °C pour les températures maximales en été au Mont Aigoual ou +2,3 °C à Salindres. Depuis le milieu des années 1980, tous secteurs géographiques confondus, les anomalies négatives sont rares, voire nulles.

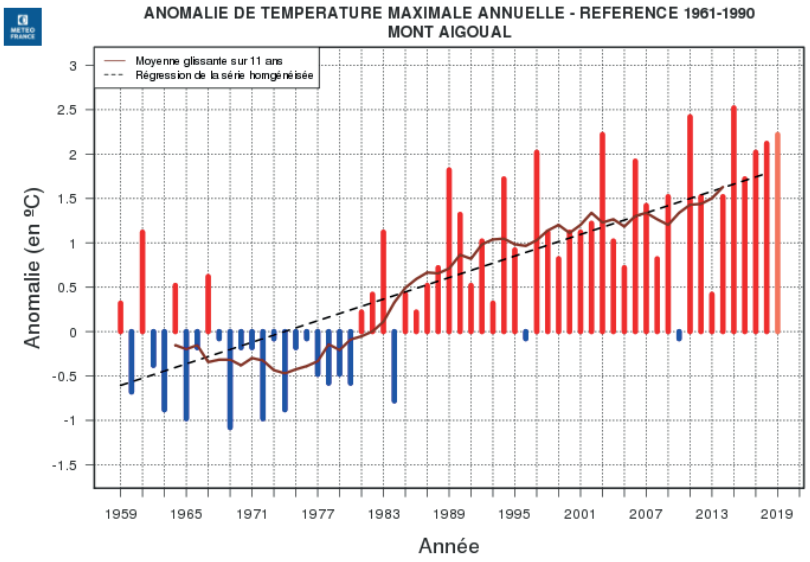


Figure 3. Anomalie de la température maximale annuelle au Mont Aigoual par rapport à la référence 1961-1990 (source : Météo-France)

[6] À noter que la graduation des précipitations est différente de celle de Florac (Figure 1).

Le nombre de jours de gel baisse de manière significative : -40 jours à Mende depuis 1975, -34 jours depuis 1959 au Mont Aigoual, -13 jours à Saint-du-Gard depuis 1989, -10 jours à Saint-Christol-les-Alès depuis 1959. Les nuits tropicales (température minimale supérieure ou égale à 20 °C) augmentent en basse altitude (Mende, Saint-Christol-les-Alès, Salindres…), mais leur nombre reste limité. L'un des faits les plus remarquables est l'augmentation des jours très chauds (> 30 °C) : +49 jours/an à Salindres depuis 1959 (Figure 4) ou Saint-Christol-les-Alès.

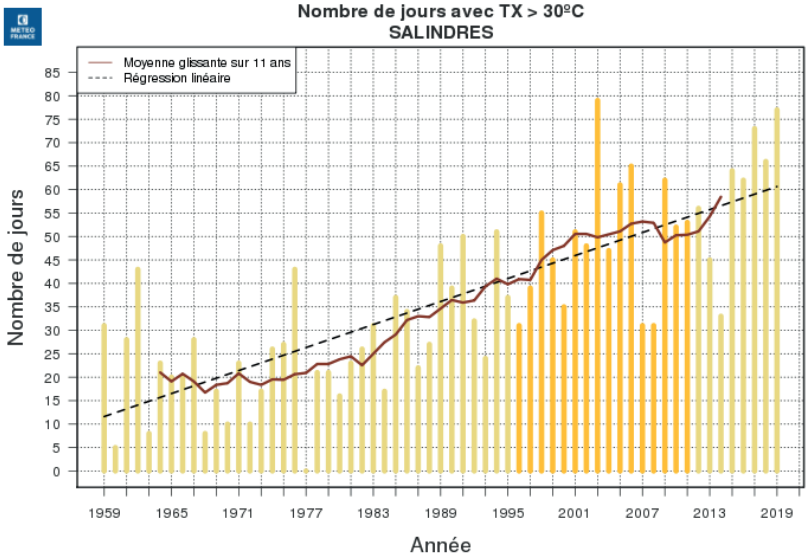


Figure 4. Nombre de jours très chauds (température maximale supérieure à 30°C) à Salindres (source : Météo-France)

L'évolution des précipitations annuelles dépend des secteurs géographiques, mais, de manière générale, le cumul moyen annuel a tendance à baisser (-8 à -10 %), notamment au sud du PNC, mais aussi à Florac ou encore Sainte-Enimie-Sauveterre. Concernant le nombre de jours de pluie, la tendance n'est pas uniforme sur l'ensemble du territoire (légère baisse ou hausse), mais elle est significativement à la baisse à Mende (-20 jours) et au Mont Aigoual (-25 jours). Par contre, la diminution du nombre de jours où les précipitations sont supérieures ou égales à 10 mm est généralisée. Ces cumuls annuels cachent des évolutions saisonnières marquées :

- en automne, les cumuls sont relativement stables. Des secteurs comme Générargues, Alzon ou Bagnols enregistrent toutefois une hausse du cumul moyen saisonnier ;
- en hiver, la baisse des précipitations est généralisée et forte (par exemple, à Florac, Figure 5) ;
- au printemps, les cumuls sont stables ou légèrement à la baisse ;
- en été, la tendance est à la baisse, en particulier à Florac, Générargues ou au Mont Aigoual.

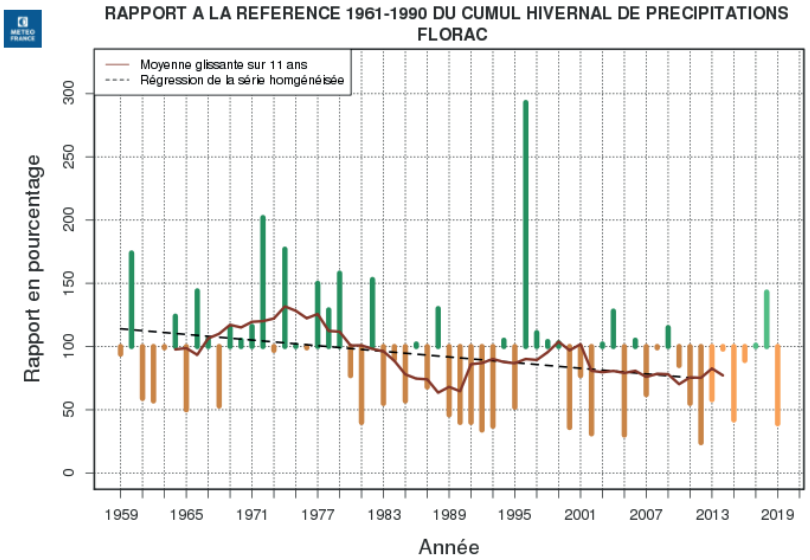


Figure 5. Évolution des cumuls moyens de précipitations en hiver à Florac (source : Météo-France)

L'évolution du climat ces dernières décennies n'a pas réduit la variabilité interannuelle des régimes de pluies dans les Cévennes, avec régulièrement des années ou saisons très humides ou au contraire très sèches.

1.2. Réchauffement printanier d'altitude

L'analyse des températures mensuelles maximales et minimales de 32 stations dans le Parc et à son voisinage immédiat montre de forts contrastes saisonniers dans un réchauffement qui s'accentue depuis 1980. Les mois d'avril à juin sont fortement impactés. Ce réchauffement printanier atteint 1,05 °C par décennie pour les températures maximales. Il est indépendant de l'altitude. L'augmentation des températures minimales printanières est un peu moins importante mais, en revanche, accentuée avec l'altitude (Figure 6). Ainsi, à 500 m d'altitude, elle est de 0,57 °C par décennie et atteint 0,89 °C par décennie à 1500 m d'altitude. Rappelons, par comparaison, qu'actuellement le réchauffement global ne se situe qu'entre 0,14 et 0,18 °C par décennie. Cette augmentation du réchauffement avec l'altitude est observée au sein de nombreuses régions montagneuses du globe sans qu'une cause unique puisse être proposée pour l'expliquer.

Dans notre cas, il faut rechercher la cause de cette amplification inattendue du réchauffement printanier dans des modifications de la circulation atmosphérique à grande échelle. Depuis les années 1980, l'oscillation nord-atlantique qui affecte significativement le climat de l'Europe a accentué la fréquence des flux d'ouest. Pour nos régions, les variations du climat sont mieux décrites par l'oscillation de l'ouest méditerranéen. Cette dernière rend compte des différences de pression atmosphérique entre la mer Ligure et le golfe de Cadix. Simultanément à l'oscillation nord-atlantique, elle a fortement accru la fréquence au printemps des flux parcourant la Méditerranée d'est en ouest. Ce changement explique statistiquement une large part du réchauffement observé.

L'importante augmentation de la couverture forestière sur le territoire du PNC a légèrement atténué cette augmentation de température. Dans la zone centrale du Parc, le couvert forestier est passé de 38 % en 1955 à 68 % en 2015 et il est estimé que le passage d'une pelouse sèche à une forêt de résineux tempère l'augmentation des températures maximales de 0,26 °C par décennie. Les conséquences de cet important réchauffement sont déjà effectifs concernant la fréquence et la sévérité des sécheresses et la production d'eau des bassins versants. L'écoulement standardisé diminue de 3 % tous les 10 ans.

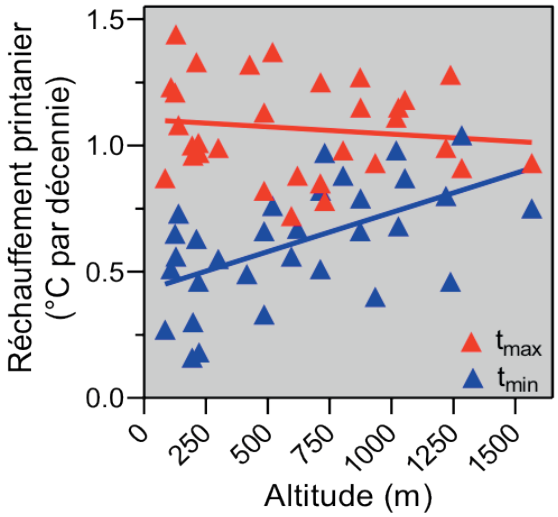


Figure 6. Amplitude de la hausse des températures printanières, minimale (en bleu) et maximale (en rouge), en fonction de l'altitude. Graphique réalisé à partir des données issues de 32 stations situées dans le PNC et à son voisinage

Zoom 1

Les longues séries du Mont Lozère

En 1980, pour étudier le rôle de la végétation sur la quantité et la qualité de l'eau du sol et des cours d'eau, le CNRS[7] a choisi au Mont Lozère trois petits bassins, en zone cœur du Parc national des Cévennes, sur la commune de Pont-de-Montvert-Sud-Mont-Lozère. Ces bassins versants (hêtraie, forêt d'épicéa, pelouse pâturée), affluents de l'Alignon (haut bassin du Tarn), ont été instrumentés pour étudier le cycle de l'eau (pluviomètres, tubes à neige, stations hydrométriques) et les conditions météorologiques. En complément, Yves Pellequer, habitant du hameau de La Vialasse, note chaque jour depuis 1983, l'état du ciel (brouillard, pluie, neige, orages, grêle). Au bout de 40 ans de mesures sans interruption sur le même site, on dispose en 2020 d'une chronique complète de débits, de chimie des eaux et de météo, ce qui est très rare en France.

Le dispositif mis en place a très vite révélé les premiers signes du changement climatique. On peut aujourd'hui en dégager quelques tendances[8] :

- les records annuels extrêmes de la phase d'étude ont eu lieu au 20ème siècle avec comme minima 985 mm en 1985 et comme maxima 3350 mm en 1996 ;
- une forte augmentation des températures : avec une augmentation de la température annuelle de 1,2 °C et printanière de +2 °C, en 40 ans ;
- une augmentation de l'insolation de 9 % ;
- une augmentation de l'évapotranspiration potentielle de 119 mm, soit +19 % en 36 ans.

Sur le versant sud du Mont Lozère, à 1300 m d'altitude, l'élévation des températures entraîne également une diminution du pack neigeux au printemps, un démarrage plus précoce des arbres (les premières feuilles du hêtre apparaissent 19 jours plus tôt qu'en 1980), et en moyenne une diminution de la moitié du débit des cours d'eau en fin d'été.

Conçu pour la recherche, cet observatoire de l'environnement méditerranéen montagnard, qui combine mesures météorologiques, hydrométriques et de qualité des eaux, livre également de précieuses informations pour le gestionnaire des milieux et pour la population locale.



Photo 2. Station météo de La Vialasse, Pont-de-Montvert-Sud-Mont-Lozère (© JF Didon-Lescot)

[7] UMR 7300 ESPACE, CNRS, Université d'Avignon
[8] Comparaison des moyennes annuelles 1987-1991 et 2015-2019

1.3. Évolution du climat futur sur le territoire du Parc

Grâce à l'effet de serre, dû aux gaz naturellement présents dans l'atmosphère, la température moyenne à la surface de la Terre est de l'ordre de 15 °C. Sans ce phénomène, la température de la Terre serait de -18 °C et la vie serait très peu probable. Depuis le début de l'ère industrielle, les externalités négatives causées par les activités humaines induisent une augmentation de la quantité de ces gaz dans l'atmosphère perturbant ainsi le système climatique mondial. Pour définir les différentes trajectoires possibles du climat à l'avenir, le GIEC utilise des scénarios de trajectoires de concentration de GES (Representative Concentration Pathway ou RCP) dans les processus de modélisation. Ces scénarios dépendent de la population mondiale, de l'économie globale (PIB, énergie carbonée), de nos modes de consommation, et finalement de nos modes de vie au quotidien. Selon le scénario le plus optimiste (RCP 2.6), le scénario intermédiaire (RCP 4.5) et le scénario le plus pessimiste (RCP 8.5), la température moyenne annuelle augmenterait globalement de +1,3 à +4,3 °C d'ici la fin du siècle (Figure 7). Cette hausse varie selon les saisons : en été, par exemple, la température augmenterait de +6 °C (RCP 8.5). L'écart de 3 °C entre le scénario le plus optimiste et le plus pessimiste est très significatif.

Selon le GIEC, limiter la hausse globale des températures à 1,5 °C protègerait davantage le vivant et les écosystèmes, et limiterait le bouleversement attendu de nos sociétés humaines.

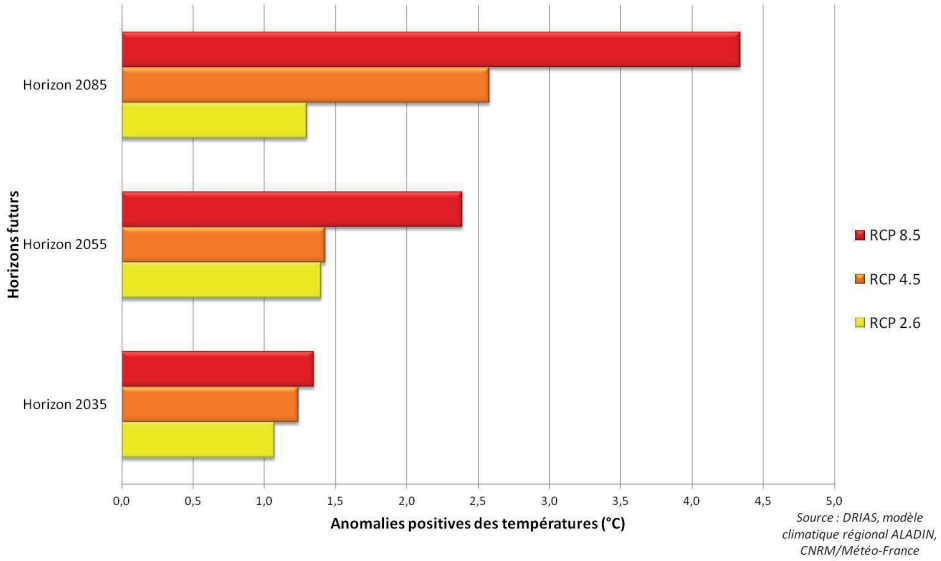


Figure 7. Anomalies positives de la température moyenne annuelle selon l'horizon et le scénario par rapport à la période de référence 1976-2005 dans le Parc national des Cévennes (source : DRIAS, modèle climatique régional ALADIN, CNRM/Météo-France)

De manière générale, à horizon 2085, l'évolution des températures sur le PNC, simulées à la résolution de 8 km (portail DRIAS[9]), tendrait vers :

- une augmentation de la température maximale : +1,5 à +5 °C en moyenne annuelle (Figure 7) ;
- en été, dans certaines zones du Parc, l'augmentation des températures maximales moyennes est susceptible de dépasser les +7 °C. À titre d'exemple, Florac-Trois-Rivières fait partie des communes susceptibles d'être soumises à une augmentation de +7,5 °C selon le RCP 8.5 (Figure 8). À l'horizon 2055, l'augmentation de la température maximale serait de +1,6 à +2,6 °C en moyenne annuelle et de +2,2 à 3,6 °C en été ;

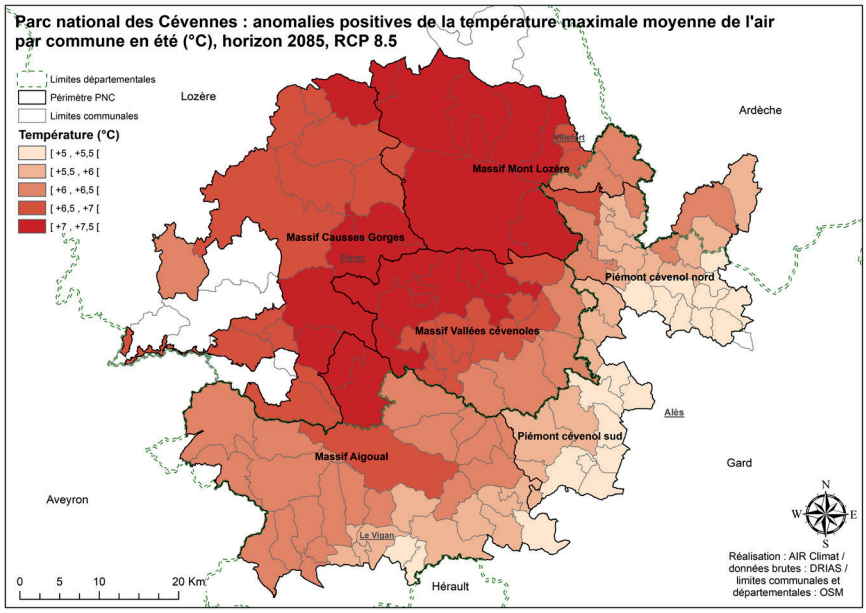


Figure 8. Anomalies positives de la température maximale moyenne de l'air par commune en été à l'horizon 2085 et selon RCP 8.5 dans le Parc national des Cévennes

- une augmentation de la valeur de l'extrême chaud de la température maximale (10 % des températures les plus chaudes) : +1,6 à +5,4 °C en moyenne annuelle. Selon le scénario RCP 8.5, l'été serait la saison la plus affectée avec une hausse probable de 7 °C ;
- une augmentation de la valeur de l'extrême froid de la température minimale (10 % des températures les plus froides) : +1 à +3,7 °C en moyenne annuelle ;
- une forte augmentation du nombre de jours de vague de chaleur (température maximale supérieure de plus de 5 °C à la normale pendant au moins 5 jours) : +11 à +102 jours/an en moyenne. À l'horizon 2085, le scénario RCP 2.6 et RCP 8.5 sont très contrastés en été : +3 jours pour le RCP 2.6 *vs* +43 jours pour le RCP 8.5. À horizon 2055, le contraste est beaucoup moins fort : +14 *vs* +33 jours/an pour l'année et de +7 *vs* +16 jours pour l'été ;
- une diminution importante du nombre de jours de gel (c'est-à-dire un jour où la température minimale est inférieure ou égale à 0 °C) : -13 *vs* -35 jours en moyenne annuelle pour le RCP 2.6 *vs* RCP 8.5 (Figure 9). C'est en hiver que cette diminution pourrait être la plus marquée avec -6 à -22 jours. Certaines zones du Parc, la commune d'Anduze par exemple, seraient susceptibles de perdre entre 80 et 90 % du nombre de jours de gel. À horizon 2055, la diminution du nombre de jours serait déjà importante : -12 à -24 jours en moyenne annuelle et de -5 à -14 jours en hiver ;

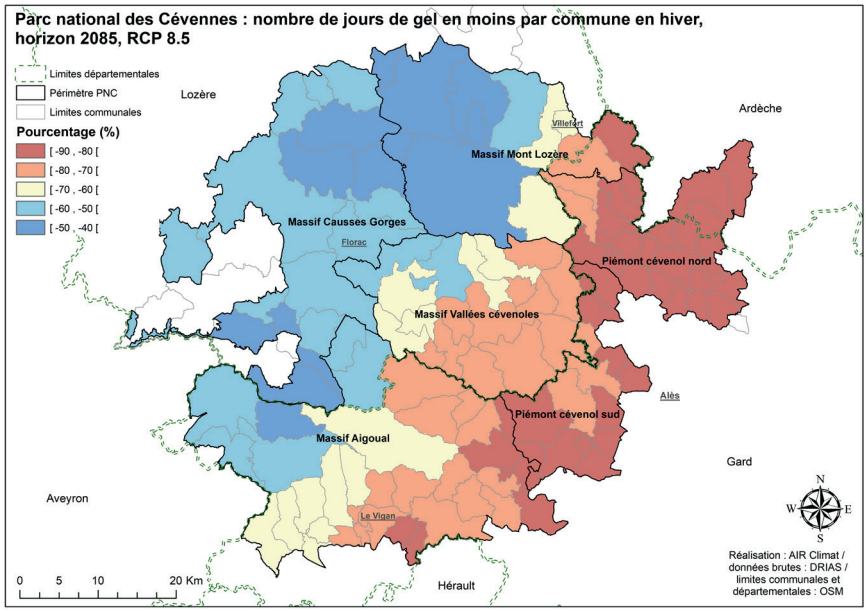


Figure 9. Part du nombre de jours de gel en moins par commune en hiver selon l'horizon 2085 et RCP 8.5 dans le Parc national des Cévennes

[9] Le portail DRIAS a pour vocation de mettre à disposition des projections climatiques régionalisées réalisées dans les laboratoires français de modélisation du climat (IPSL, CERFACS, CNRM-GAME), http://www.drias-climat.fr/

■ une augmentation du nombre de journées d'été (journée où la température maximale est supérieure à 25 °C) : +18 à +58 jours en moyenne annuelle, selon le scénario en 2085 et +19 à +31 jours en 2055. En été, la hausse possible serait comprise entre +13 et +35 jours (+14 à +22 jours en 2055) ;
■ une augmentation du nombre de nuits tropicales (nuit où la température minimale est supérieure à 20 °C) : +8 à +44 nuits en moyenne annuelle selon le scénario, en grande majorité en été (en dehors de la saison estivale, il y a peu de nuits tropicales).
Concernant les précipitations, les simulations climatiques régionales ne dessinent pas de tendances significatives. Pour le scénario pessimiste, à l'exception de l'hiver, les cumuls risquent toutefois de diminuer d'ici la fin du siècle, particulièrement en automne. Les simulations à 8 km de résolution spatiale ne mettent pas non plus l'accent sur une augmentation des épisodes de fortes pluies. Cela dit, il est probable que les épisodes cévenols gagnent en intensité avec le réchauffement de l'atmosphère et de la Méditerranée (§1.4). Les périodes de sécheresse seraient par contre légèrement plus longues et pourraient débuter dès le printemps.

1.4. Les épisodes cévenols vont-ils évoluer avec le changement climatique ?

« En Lozère et dans le Gard, c'est l'équivalent de plusieurs mois de pluie qui est tombé en l'espace de 36 heures : 371,4 mm à Vialas, 330 mm à Cassagnas, 316,2 mm à Villefort. Pour exemple : la normale mensuelle de juin pour la station de Cassagnas est de 83,1 mm », 12 juin 2020, @meteofrance

Ces épisodes extrêmes de pluie intense le plus souvent concentrés sur l'automne, sont caractéristiques du territoire des Cévennes, territoire qui a d'ailleurs inspiré leur nom : « épisodes cévenols[10] ». Il faut noter que si le Gard, l'Ardèche, l'Hérault et la Lozère sont les départements français où sont observés le plus fréquemment ces épisodes apportant plus de 200 mm de pluie, l'ensemble des départements de l'arc méditerranéen français sont confrontés à ces aléas météorologiques extrêmes. Ces pluies intenses sont liées à la remontée de masses d'air chaud, humide et instable provenant de la mer Méditerranée qui, lorsqu'elles buttent sur les reliefs cévenols, montent en altitude et rencontrent des masses d'air froid. La vapeur d'eau se condense alors et retombe sous forme de précipitations. Depuis plusieurs années, la question se pose : est-ce que ces aléas météorologiques extrêmes, potentiellement dévastateurs, augmentent en fréquence et en intensité dans ce contexte de changement climatique ? Cette question a longtemps fait débat et reste aujourd'hui un défi majeur pour les climatologues. En effet, au-delà des variables thermiques marines et atmosphériques, la variabilité climatique naturelle associée aux phénomènes de circulation atmosphérique, notamment les flux de sud-sud-est, joue un rôle prépondérant dans ces phénomènes. De plus, ces épisodes de pluie intense sont très courts et ponctuels dans l'espace et dans le temps, avec, pour conséquence, des observations très souvent lacunaires et hétérogènes qui compliquent les analyses.

Malgré ces difficultés, des analyses récentes ont permis de mettre en évidence des signaux d'évolution assez nets. Une des premières réalisée sur les séries pluviométriques de la période automnale (1950-2014) a mis en évidence une augmentation des précipitations journalières moyennes maximales d'environ 30 % depuis 1950 pour le massif des Cévennes. Elle montre également que la période de retour de l'événement pluvieux de 2014 (record d'intensité depuis 1950) (Figure 10) serait diminuée d'un facteur trois. Une autre étude réalisée sur l'ensemble de l'arc méditerranéen français montre qu'une augmentation de la fréquence et des intensités des précipitations extrêmes est déjà observée. L'intensité de ces phénomènes serait en hausse d'environ 22 % depuis les années 60, avec une plage d'incertitude comprise entre 7 % et 39 %. Pour les évènements dépassant le seuil

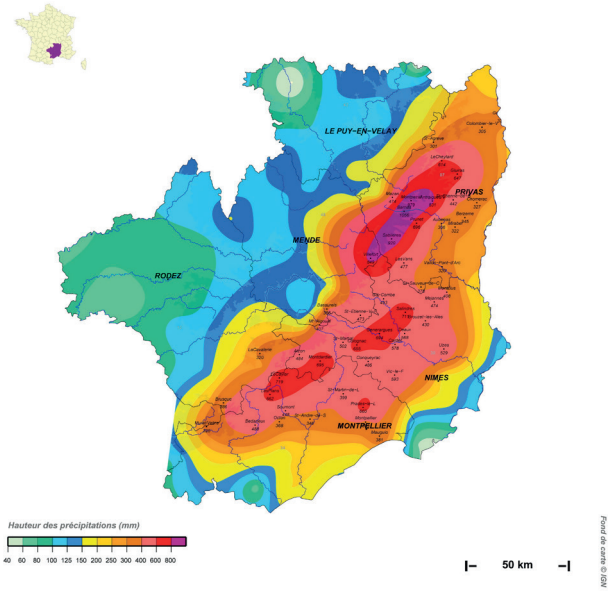


Figure 10. Cumul des précipitations (en mm) du 1er septembre 2014 au 13 octobre 2014.
Les mois de septembre et octobre 2014 sont marqués par l'intensité des épisodes cévenols, mais le caractère exceptionnel de l'année 2014 tient surtout dans la récurrence de ces événements : 4 épisodes se sont succédés (les 16-17 septembre, le 29 septembre, le 6 octobre et les 10-13 octobre). Sur cette période, il est tombé par exemple 849 mm à Villefort (48), soit 3 fois la normale. Lors du dernier épisode, le village de Valleraugue (30) a reçu 415 mm de pluie (source : Météo-France, 13/10/2014)

[10] On les retrouve également sous l'appellation « épisodes méditerranéens ».

de 200 mm de pluie par jour, les changements de fréquence sont également significatifs avec un doublement de la fréquence en général. Ces études montrent également que les surfaces touchées par ce type d'événement, ainsi que le volume d'eau précipité, présentent aussi des tendances significatives à la hausse. Malgré la difficulté, voire l'impossibilité aujourd'hui de modéliser correctement ces phénomènes, il est très vraisemblable que l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des pluies extrêmes se poursuive dans les années à venir à la faveur de la hausse des températures. Ces épisodes cévenols peuvent avoir pour conséquences des crues aux effets destructeurs, des glissements de terrain, des pertes de vies humaines et des stress post-traumatiques, des dommages sur les infrastructures de transports et les bâtiments... Cependant, les résultats d'une analyse sur les tendances et les facteurs responsables des crues réalisée sur 171 bassins versants du sud-est de la France a montré que l'augmentation observée de la vulnérabilité à ces inondations ces dernières décennies est principalement causée par l'artificialisation des bassins versants, l'urbanisation et la croissance démographique, plutôt que par les facteurs climatiques. Par exemple, l'augmentation de la surface forestière observée dans les Cévennes pourrait avoir comme effet une diminution de la vulnérabilité aux inondations, malgré une hausse de la fréquence et de l'intensité des évènements extrêmes. Ces résultats montrent que, dans une certaine mesure, nous ne sommes pas impuissants vis-à-vis de ces événements, et qu'à travers la gestion des bassins versants et l'aménagement du territoire, nous pouvons réduire sensiblement notre vulnérabilité vis-à-vis des épisodes cévenols.

2. Conséquences de l'évolution du climat sur les ressources en eau

« La fin du pétrole n'est pas la fin du monde mais l'eau, oui », Michel Serres.

Le territoire cévenol est l'un des endroits où il pleut le plus en France avec des lieux extrêmement arrosés comme le Mont Lozère et le Mont Aigoual, et il est ainsi considéré comme l'un des châteaux d'eau de la région Occitanie. Ses nappes souterraines, cours d'eau (plus de 1 000 km de cours d'eau permanents) et lacs permettent de satisfaire les besoins domestiques en eau et ceux des activités agricoles et industrielles. Il existe cependant de fortes disparités territoriales, et malgré l'abondance de l'eau qui tombe en hiver sur certains secteurs, d'autres ont du mal à être alimentés, surtout en été. Les raisons sont à la fois géologiques (fissuration de la roche calcaire sur les causses), climatiques (influence méditerranéenne avec sécheresses estivales) et sociales (besoins et usages).

Comme pour l'ensemble du territoire français, les effets du changement climatique sur l'évolution de la disponibilité en eau constituent aujourd'hui un enjeu majeur pour le territoire du Parc national, se faisant déjà ressentir en période estivale, particulièrement pour les activités agricoles. Si le changement climatique s'impose comme un important facteur de risques en termes de quantité, de qualité et de répartition spatiale et temporelle de l'eau, il ne doit pas être appréhendé indépendamment des facteurs socio-économiques tels que l'évolution de la démographie, la hausse du niveau de vie, la multiplicité des usages (eau potable, agriculture, industrie, tourisme…), la dimension culturelle des pratiques et les problématiques de gestion et gouvernance de l'eau. Les problématiques d'accès à la ressource ne doivent pas faire oublier l'importance de trouver un équilibre entre les usages anthropiques et les besoins des milieux naturels nécessaires à la qualité des eaux et au maintien de la biodiversité des cours d'eau.

2.1. L'évolution de la ressource en eau : des incertitudes qui ne doivent pas entraver la prise de conscience

Les experts du GIEC prévoient, au cours du siècle à venir, un fort impact du réchauffement global sur le cycle de l'eau avec notamment une modification du régime des précipitations, une augmentation de l'évapotranspiration et une diminution de la couverture neigeuse. Cependant, si les modèles globaux arrivent aujourd'hui à prévoir une augmentation des températures avec des probabilités satisfaisantes, l'évolution des précipitations est, quant à elle, beaucoup plus difficile à modéliser, tout particulièrement les changements de la répartition saisonnière et les disparités régionales.

Si les projections relatives aux ressources en eau sont associées à d'importantes incertitudes, plusieurs composantes du cycle hydrologique sont bien appréhendées, comme la hausse des températures, la hausse de l'évapotranspiration, la diminution des précipitations estivales, la diminution du manteau neigeux, etc. Elles fournissent des tendances assez robustes pour alimenter une réflexion commune sur les stratégies de gestion et de gouvernance adaptées et durables des ressources en eau.

Si nous ne parvenons pas à infléchir nos émissions de GES[11], les grandes tendances de l'évolution des ressources en eau sur le territoire du Parc national des Cévennes pourraient être les suivantes :

- une diminution des débits hivernaux entre 10 et 15 % et des débits estivaux autour de 30 %, voire plus, d'ici la fin du siècle ; ces diminutions n'étant pas compensées par les débits de printemps et d'automne, une diminution de l'ordre de 25 à 45 % des débits annuels serait attendue d'ici 2070 (Figure 11) ;
- les sècheresses agricoles (lorsque le taux d'humidité dans les sols est trop faible pour assurer une production agricole correcte) seraient en augmentation de 15 à 35 % sur l'ensemble du territoire du PNC, en plus d'être plus fréquentes, plus sévères et plus longues ;

[11] Scénario RCP 8.5.

■ associée à une importante augmentation de la sécheresse estivale en durée et en intensité sur les secteurs méditerranéens, une forte diminution des débits d'étiage est à attendre ; elle pourrait dépasser les 50 % d'ici la fin du siècle. Dans un contexte où la demande sera de plus en plus importante sur cette période, les situations de tensions ou de conflits d'usages (ou entre usagers et préservation des milieux aquatiques) devraient devenir de plus en plus fréquentes et les prélèvements tels qu'ils sont pratiqués pourraient être difficiles (voire impossibles) à maintenir ;

■ l'augmentation de l'évapotranspiration pourrait contribuer à diminuer l'humidité des sols et donc certainement à accroître l'aridité et le ruissellement, et ainsi limiter la part des précipitations destinées à la recharge des eaux souterraines. Associée à la réduction des débits annuels et à l'augmentation des prélèvements, une diminution des ressources souterraines est donc également fort probable.

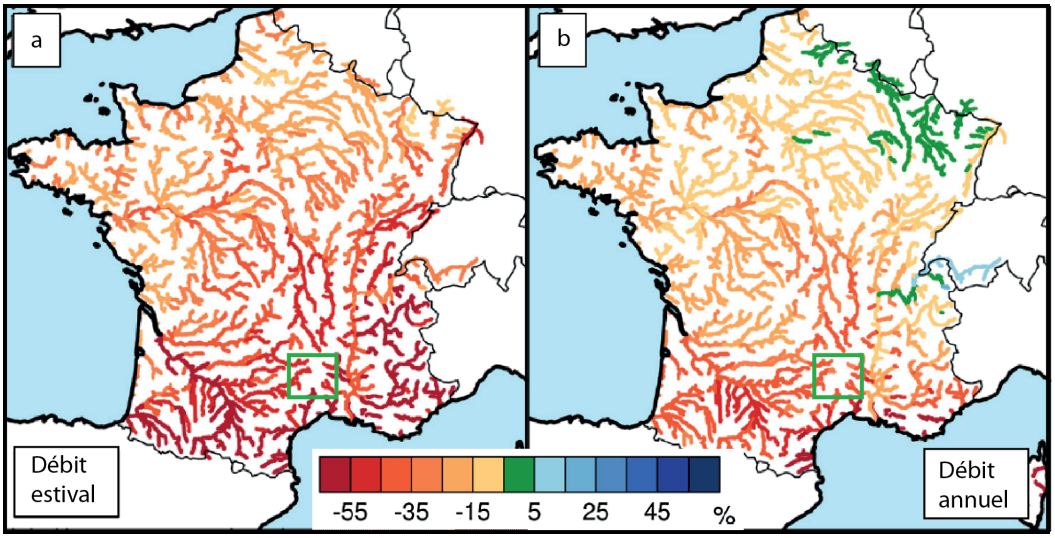


Figure 11. Variation relative (%) des débits estivaux (a) et des débits annuels (b) entre les périodes 1960-1990 et 2070-2100 si scénario RCP 8.5. La localisation du Parc est illustrée par le carré vert. Réseau hydrographique Modcou. Figure adaptée de Dayon et *al.* (2018)

Même si les connaissances sur l'évolution de ces phénomènes restent encore à affiner sur le long terme, les conséquences écologiques et socio-économiques risquent de s'accentuer. De plus, des conséquences en termes de santé publique, en lien avec la disponibilité ou la qualité des ressources en eau, ne peuvent pas être exclues d'ici la fin du siècle si nous ne réduisons pas drastiquement nos émissions de GES.

En revanche, si l'objectif des 2 °C fixé par la communauté internationale est tenu (nous n'en prenons pas le chemin à ce jour), la situation de la ressource en eau serait moins inquiétante dans les Cévennes, bien que des impacts notables seraient inévitables, essentiellement pendant la période estivale. Ainsi, quels que soient les scénarios futurs de l'hydro-climat, nous devons dès aujourd'hui anticiper ces changements, adapter et faire évoluer les pratiques, les modes de gestion et les systèmes de gouvernance en satisfaisant les usages et le respect de la qualité des milieux aquatiques. Pour ce faire, il est important d'intégrer les scientifiques dans les systèmes de gouvernance afin de favoriser des interfaces science-société et la diffusion des savoirs. La dimension « solidarité amont-aval » et celle des pratiques, même « ancestrales », ne doivent pas être écartées de ces nouvelles organisations territoriales.

Connaissances, concertations et compromis sont d'ores et déjà nécessaires pour éviter à l'avenir un accroissement des tensions autour de l'eau.

2.2. La compatibilité des pratiques séculaires avec le changement climatique : l'exemple des béals de la Haute-Cèze

Les réglementations récentes découlant de la directive-cadre européenne sur l'eau visent à assurer un bon état écologique des eaux superficielles et souterraines. Les usages de l'eau doivent alors être compatibles avec le maintien de débits minimaux, surtout en été, tout en prenant en compte la fluctuation des régimes hydrologiques dans le temps et dans l'espace. Ces enjeux autour de l'eau s'observent dans la haute vallée de la Cèze, territoire traversé par l'Homol, Le Luech et la Gardonnette. Historiquement, les habitants y développent des activités de polyculture, irrigant par gravité des centaines d'hectares à l'aide de canaux, appelés « béals ». Désormais, les eaux dérivées ne profitent qu'à quelques potagers arrosés (Photo 3). Pourtant, à la suite des études (EVP) menées pour la planification de la gestion de l'eau à l'échelle du bassin versant de la Cèze, cette pratique est définie comme peu compatible avec les nouvelles réglementations et les besoins en eau de l'aval. Les béals sont envisagés comme des prélèvements trop importants, mais aussi comme susceptibles de court-circuiter les cours d'eau. Localement, cette interprétation de la situation interroge : si habitants et gestionnaires proches du terrain observent une baisse du niveau des cours d'eau, les prélèvements en eau par dérivation ont drastiquement baissé

depuis les années 1970. Les béals ont-ils donc l'influence qu'on leur prête sur la baisse des débits observés ? Cette réflexion repose sur une étude dont l'objectif est de comprendre le devenir des béals dans un contexte de mutations réglementaires[12]. Le matériau empirique utilisé provient des enquêtes menées auprès des acteurs de l'eau[13] (habitants de Génolhac, utilisateurs de béals, décisionnaires, gestionnaires, chercheurs) et de l'étude des rapports techniques.

Quantifier les effets des mesures de réduction des prélèvements des canaux sur le niveau des rivières nécessiterait une instrumentation fine ; l'absence de cette dernière rend actuellement leur estimation approximative. Par ailleurs, d'autres facteurs sont avancés pour expliquer l'altération des régimes hydrologiques des rivières de la Haute-Cèze. Tout d'abord, elle témoigne d'un changement global des conditions climatiques. Les données météorologiques enregistrées depuis 1960 montrent une légère baisse de la pluviométrie, mais surtout une augmentation de la température moyenne de 2.5 °C (Figure 12). Cette hausse impacte les écoulements dans les cours d'eau en augmentant le processus d'évapotranspiration[14] par les plantes et en affectant le manteau neigeux du Mont Lozère dont la fonte participe au débit à l'arrivée du printemps et au début de l'été.



Photo 3. Potager arrosé par l'eau dérivée de la Gardonnette, Génolhac-vallée de la Haute-Cèze (© Audrey Viste)

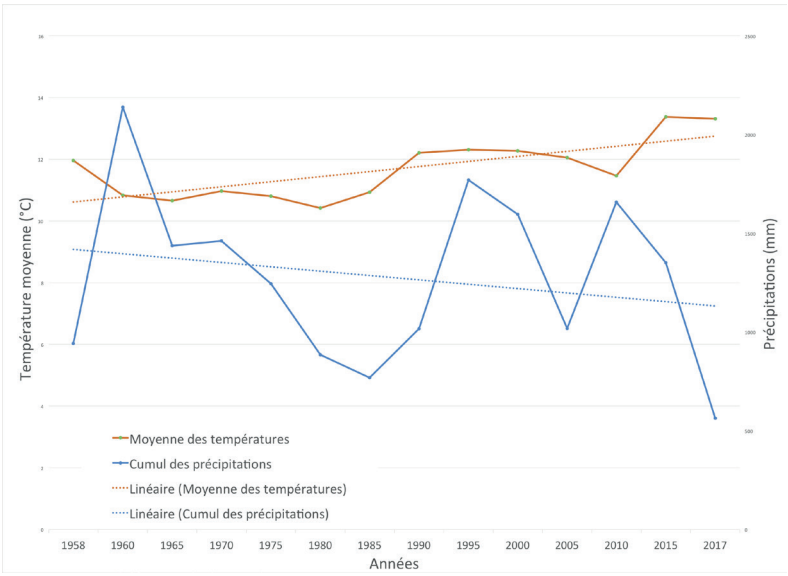


Figure 12. Évolution des températures et des précipitations de 1958 à 2017, station de Génolhac (source des données : Météo-France)

De plus, les transformations de l'économie rurale à Génolhac témoignent d'un changement de la couverture végétale et de l'occupation du sol. En effet, l'histoire locale montre qu'à partir des années 1950, les châtaigneraies sont progressivement délaissées et les pins peu à peu introduits pour répondre aux besoins de l'activité minière de la région. Or, ces arbres sont considérés comme des « pompes extrêmement efficaces »[15] pour extraire l'eau du sol surtout en été, contrairement aux châtaigniers. À cela s'ajoute, depuis quelques années, l'envahissement des berges des rivières par la renouée du Japon, plante au système racinaire étendu et avide d'eau. Ces observations empiriques interrogent l'influence de la végétation sur le régime hydrologique. Les changements du couvert végétal ne seraient-ils pas une cause de « prélèvement » à prendre en compte au même titre que les béals ?

Enfin, si la pratique d'irrigation via les béals est définie comme contradictoire avec des objectifs d'économie d'eau, elle semble pourtant participer à l'alimentation des rivières au printemps. Les prairies irriguées par gravité sont décrites localement comme des « éponges ». Les sols imbibés assurent une fonction de stockage et de retardement des écoulements puisque l'eau infiltrée est restituée à la rivière via des « sources » et des résurgences. Actuellement, les usagers des derniers béals observent l'asséchement de ces « sources » qu'ils expliquent en partie par le déclin de l'utilisation des canaux.

[12] Projet BEALS (2018-2020) financé par l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse dans le cadre de la ZABR, site atelier « Rivières Cévenoles ».
[13] Paroles d'acteurs recueillies lors des enquêtes de terrain.
[14] Il est estimé qu'une augmentation de 1° accroît l'évapotranspiration potentielle de la végétation de l'ordre de 10 à 15 %.
[15] Paroles d'acteurs recueillies lors d'enquêtes de terrain.

L'exemple de la Haute-Cèze montre que les savoirs hydrologiques sont pluriels, et leur mobilisation n'est ni neutre ni univoque. D'un côté, ils peuvent disqualifier les béals de la Haute-Cèze, devenant presque incompatibles avec les enjeux de l'eau sur le territoire, justifiant alors certaines modalités d'action réglementaire. D'un autre côté, ils valorisent le rôle hydrologique régulateur des canaux, défendant aussi leur importance sociale et patrimoniale. En outre, la rencontre entre ces savoirs interroge : la remise en cause de l'existence séculaire des béals se justifie-t-elle par un contexte de changement climatique (contribuant à la baisse des écoulements et aux tensions sur l'eau) ou/et par une construction sociale d'une rivière non « perturbée » que traduisent les nouvelles régulations environnementales ?

2.3. Vers une hydrologie populaire et participative ?

D'un point de vue hydrologique, les vallées cévenoles sont soumises à un climat subméditerranéen (chaud et sec) caractérisé par un déficit de précipitations estivales, conjugué à une faible capacité de stockage des aquifères puisque situés dans une région géologique de socle. Ainsi, en été, selon les précipitations, la ressource en eau peut être insuffisante au regard des besoins naturels (état écologique des rivières) et anthropiques (eau potable, agricole, récréative…) et sa gestion, source de tensions. Le changement climatique actuel et l'accroissement de la consommation d'eau par les populations locales et saisonnières (touristes) augmentent la fréquence et l'intensité des difficultés engendrées par cette situation récurrente.

Une solution durable à ces problèmes de disponibilité en eau ne peut être trouvée que dans un meilleur partage de la ressource mobilisable. Ceci implique, d'une part d'améliorer la connaissance de la ressource en eau (flux et stock) et, d'autre part, d'envisager, avec les usagers, comment mieux utiliser les volumes disponibles dans la mesure où celle-ci dispose d'une vraie culture de l'eau. Il y a un vrai bénéfice dans la démarche d'associer les résidents à la réflexion dans le cadre d'une science impliquée, c'est-à-dire, qui crée de nouveaux questionnements, qui accueille le pluralisme et qui rende compte du réel en explicitant le contexte. Cette science impliquée doit se doter de la capacité de répondre à, ou de répondre de choix, de prises de positions, afin de construire le cadre d'actions partagées, objectif premier de la démarche.

C'est dans cet objectif que depuis 2017, le projet HydroPop[16] a développé un programme de recherche participative visant à combiner acquisition de données, diffusion de savoirs, partage d'expériences et implication des citoyens à travers plusieurs actions :

- la production de données de débits moyens journaliers robustes pour 15 stations réparties sur les parties amont des gardons et de la Cèze ;
- la diffusion hebdomadaire de ces données (juillet-août) à la population par quatre voies : un bulletin de l'eau radiodiffusé (radio InterVal) ; des fiches hydrologiques sur l'état quantifié de la ressource (mailing list…) ; des échelles locales de gravité de la sécheresse dites « GraviSec » (Saint-Jean-du-Gard, Chambon…) traduisant les niveaux de stress hydrique de la rivière ; et une plateforme cartographique participative en ligne synthétisant tous les apports de connaissance (https://hydropop.mines-ales.fr/) ;
- une démarche participative incitant le citoyen à s'impliquer dans le suivi des basses eaux au travers de lectures de hauteur d'eau (Photo 4), d'observations à faire remonter sur la plateforme cartographique et de suivis de différents paramètres (débits de sources, températures…) en collaboration avec l'équipe de chercheurs ;
- une enquête (2017 et 2018) sur les savoirs hydrologiques partagés par les populations autochtones et saisonnières ;
- la mise en œuvre d'une simulation de gestion de crise « sécheresse » à l'échelle locale. Un premier exercice a été réalisé en juin 2019 avec la commune de Vialas[17].

La finalité de cette étude est de concourir au développement de milieux de vie riches et diversifiés, riches d'une histoire pluriséculaire et diversifiés par des trajectoires écologiquement et socialement durables, et qui doivent le rester.



Photo 4. Échelle limnimétrique permettant de mesurer le niveau de la surface de l'eau par rapport à la cote du zéro à l'échelle à destination de la population sur la Gourdouze à Vialas (© Pierre-Alain Ayral)

[16] Programme de recherche (2017-2020) sur le partage de la ressource en eau dans les Cévennes : https://hydropop.mines-ales.fr
[17] https://www.youtube.com/watch?v=FS5Y21K9jp0

ZOOM 2

L'importance des données et de leur mutualisation dans un contexte changeant

Comprendre le fonctionnement d'un territoire, c'est étudier sa manière de « vivre » et évaluer ses dynamiques. C'est un travail minutieux qui nécessite la recherche des meilleures données disponibles autant physiques, écologiques que sociales (Figure 13). Pour cela, la production d'indicateurs est nécessaire afin de s'adapter aux enjeux actuels et futurs, et prendre en compte la multitude d'interactions entre le milieu et ses habitants, au sens large. En contexte de changements climatiques, il convient de pouvoir être informé au mieux des ressources disponibles, de leur évolution, pour améliorer l'état des connaissances et permettre la prise de décisions (aménagements hydrauliques, politiques d'économies, études prospectives…).
Les données quantitatives et qualitatives liées aux ressources et à leurs usages sont à la fois hétérogènes et incomplètes au niveau local, et trop souvent difficilement comparables à d'autres jeux de données. La création d'un système d'information commun, pouvant se matérialiser en une base de données ouverte, favoriserait la co-construction d'un modèle de gouvernance intégrée et adaptative, au service de toutes les parties prenantes. C'est dans ce sens qu'agit la recherche en Cévennes, notamment au sein du Site Atelier Rivières Cévenoles (intégré à la Zone Atelier Bassin du Rhône), pour mutualiser le savoir d'un territoire que nous partageons et prolonger les efforts de projets participatifs tels que Hydropop.

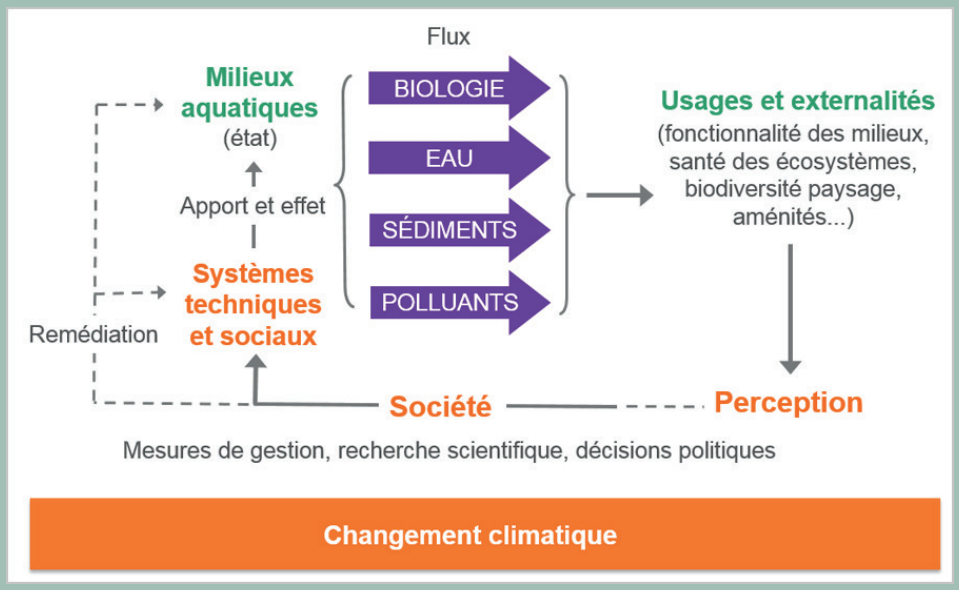


Figure 13. Organigramme schématisant la démarche de recherche de la Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR). Elle attribue une part importante aux pressions et aux régulations sociales (www.zabr.org)

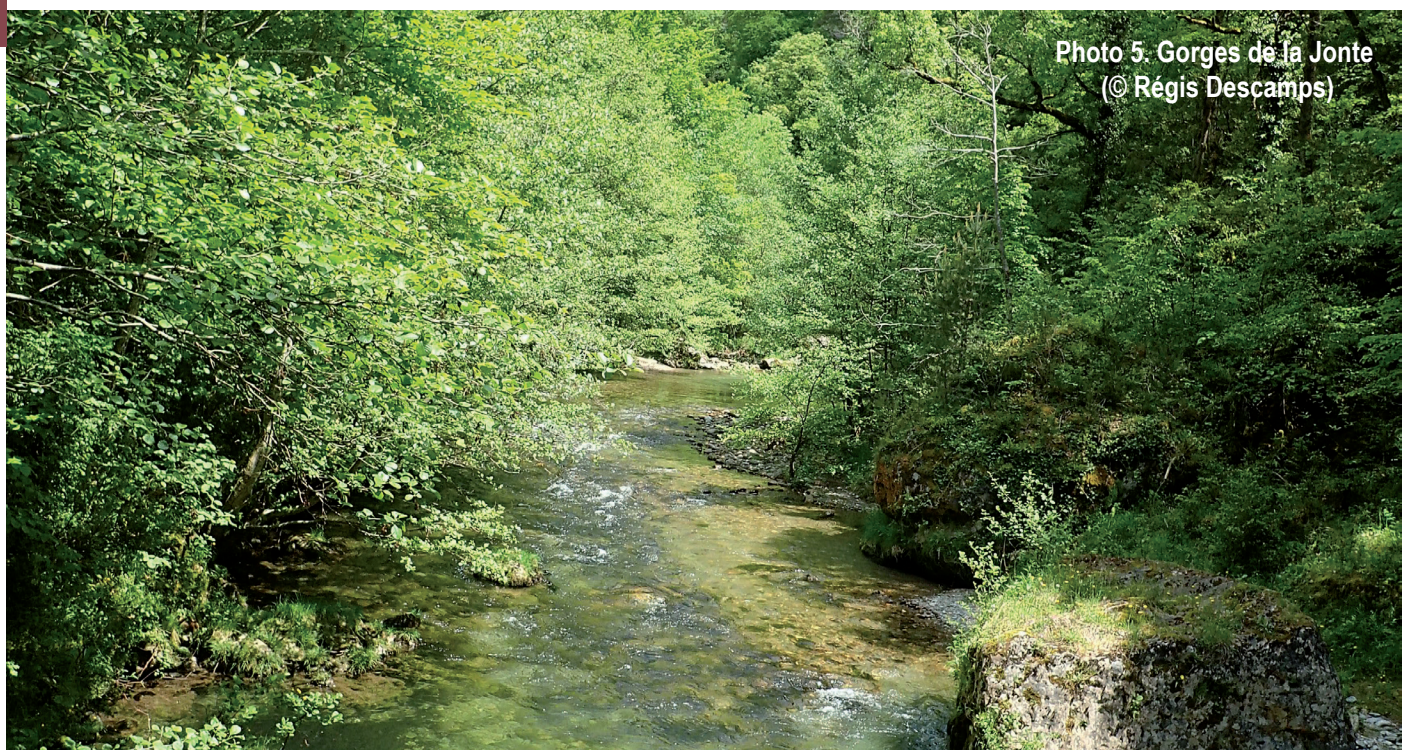


Photo 5. Gorges de la Jonte (© Régis Descamps)

3. Impacts du changement climatique sur les activités et la productivité agricoles

À l'échelle mondiale, l'agriculture a une grande part de responsabilité dans la hausse globale des températures. Au regard de l'ensemble de la filière, elle est responsable de près de 25 % des émissions de GES mondiales à travers, entre autres, les émissions de méthane (CH_4) liés à l'élevage, de protoxyde d'azote (N_2O) liés à l'utilisation d'engrais azotés et de dioxyde de carbone (CO_2) en lien avec la déforestation au profit de surfaces agricoles. Au-delà de cette responsabilité, le secteur agricole est également une des premières victimes des changements climatiques, dont les impacts n'épargnent ni les éleveurs, ni les agriculteurs du PNC.

Les effets indésirables (puisqu'il y a également des effets « désirables », comme la hausse de la productivité de certaines cultures en terrain de montagne) du changement climatique sont multiples. Les impacts climatiques affectent les rendements et la qualité des productions agricoles (aussi bien cultures qu'élevage) par une interaction complexe entre les effets physiologiques spécifiques liés à la hausse des températures (par exemple date de floraison avancée qui augmente le risque de gel), la diminution de la disponibilité des ressources en eau et l'augmentation des aléas météorologiques extrêmes (vagues de chaleur, sécheresses, tempêtes…).

L'agriculture et l'élevage sont des éléments clés pour la vitalité économique du Parc national et contribuent à la préservation de ses paysages et de sa biodiversité. Maintenir une agriculture dynamique, respectueuse de l'environnement et de la gestion de l'espace, est un enjeu majeur pour le territoire. Pour y arriver, les éleveurs et agriculteurs doivent d'ores et déjà faire évoluer leurs pratiques afin de s'adapter aux changements en cours et à venir pour augmenter la résilience et assurer la pérennité de leurs exploitations. Les mesures combinant l'adaptation aux changements climatiques, la séquestration du carbone et la préservation de la biodiversité sont indispensables. L'utilisation de la ressource en eau doit être gérée en adéquation avec l'ensemble des usages de l'eau. D'un point de vue économique, le lien avec d'autres secteurs doit être soutenu. Citons le couplage de l'écotourisme avec les activités agricoles (camping à la ferme ou « wwoofing[18] » par exemple) qui peut aider à financer les initiatives d'atténuation et d'adaptation sur une exploitation.

3.1. Systèmes pastoraux cévenols et changement climatique : impacts et pistes d'adaptation

Le territoire des causses et des Cévennes se caractérise par une présence forte du pastoralisme qui produit des aliments et des biens identitaires et de qualité, mais aussi des services, comme le maintien de paysages spécifiques de l'agropastoralisme. Les troupeaux des éleveurs pastoraux pâturent, tout ou partie de l'année, des ressources pastorales : végétations spontanées et hétérogènes dans l'espace et le temps, en complément de ressources issues des prairies ou de fourrages achetés. Les éleveurs d'ovins et de bovins allaitants peuvent également réaliser une transhumance estivale sur les massifs du Mont Aigoual, du Mont Lozère et du Mont Bougès (Photo 6). Le changement climatique affecte les systèmes cévenols sur plusieurs aspects : il a ine influence directe sur les animaux, mais aussi les ressources fourragères, que celles-ci soient sur les prairies, les parcours ou les estives. En réponse, plus ou moins dans l'urgence, les éleveurs ont été amenés à faire évoluer leurs pratiques, notamment autour de l'alimentation des troupeaux.

Tout d'abord, en ce qui concerne les impacts sur les animaux, l'augmentation de la température et de l'ensoleillement induisent un stress thermique : les animaux halètent pour évacuer la chaleur, boivent plus, cherchent de l'ombre pour se rafraîchir et à, l'instar des humains, mangent moins. Lors d'épisodes de forte chaleur, la production laitière et la croissance des animaux sont donc pénalisées. Leur bien-être et leur santé peuvent également être fragilisés. Les activités des animaux peuvent se décaler, ceux-ci réalisant leurs repas préférentiellement la nuit, comme c'est déjà le cas en été. Cependant, les modalités de pâturage mises en place en estive ne permettent pas toujours ce décalage et ainsi, peuvent avoir des conséquences négatives sur l'alimentation des bêtes.

Le changement climatique a également des effets sur la ressource alimentaire. Concernant la végétation des prairies et parcours, le démarrage de pousse au printemps est de plus en plus précoce et le pic de pousse est amélioré. Cependant, cette période favorable de printemps peut être de très courte durée et contrée avec l'arrivée précoce de l'été. La baisse de production de biomasse en été est accentuée, à cause de l'augmentation de l'évapotranspiration, et non compensée par les rares précipitations estivales. Les mêmes phénomènes se produisent en estive, posant des problématiques de qualité des végétations et de quantité de ressource accessible. Le rebond automnal est, quant à lui, plus tardif, mais peut être plus productif qu'actuellement selon les précipitations automnales.



Photo 6. Troupeau transhumant à l'estive de l'Aigoual (© Olivier Prohin - PNC)

[18] Le programme WWOOF « World Wide Opportunity in Organic Farms » permet à des volontaires de s'initier aux savoir-faire et aux modes de vie « biologiques », en prêtant main forte à des agriculteurs qui leur offrent le gîte et le couvert.

Son ampleur reste à ce jour incertaine, mais il pourrait permettre de réduire les besoins de stocks en hiver. Dans les parcours, la répartition de la ressource entre les différentes strates de végétation (herbe, broussailles, arbres) peut aussi être altérée. Par exemple, la pousse des arbres et des autres ressources ligneuses peut être ralentie.
Ainsi, même si la production peut être favorisée à certaines périodes (automne), les éleveurs font face aujourd'hui à une raréfaction de la ressource fourragère. L'autonomie fourragère des élevages est ainsi affaiblie. Face aux épisodes de sécheresse marqués du début des années 2000, les éleveurs ont réagi en diminuant les besoins du troupeau (réforme plus précoce par exemple), mais aussi en achetant des fourrages. Mais ces réactions d'urgence ne peuvent perdurer. Des adaptations à plus long terme sont également recherchées. Une enquête auprès d'éleveurs menée en 2020 dans le cadre du projet européen LiveAdapt[19] a montré que certains éleveurs considèrent qu'une utilisation plus efficace des parcours, voire la « reconquête » de parcours délaissés car trop excentrés, était une possibilité d'adaptation. En été, le pâturage de nuit est également cité comme une solution permettant d'améliorer le bien-être animal, malgré les contraintes de surveillance, notamment liées au risque de prédation. Pour ceux qui disposent de surfaces permettant la culture fourragère (prairies temporaires), l'adaptation des espèces et variétés, ainsi que leur diversification, sont des leviers importants.

Si les températures estivales sont fréquemment supérieures à 30 °C et/ou si le déficit hydrique est élevé entre avril et août, alors la survie des populations d'espèces prairiales d'origine tempérée est menacée. C'est avant tout la disponibilité en eau pour les plantes qui va conditionner l'augmentation des rendements grâce aux effets positifs du CO_2 et de la température. L'utilisation de prairies multi-espèces, notamment composées de variétés méditerranéennes, qui vont produire en hiver et rentrer en dormance pendant la période estivale – ou de mélange de variétés tempérées/méditerranéennes – est une adaptation pertinente, testée en Ardèche par exemple. Les éleveurs qui ont accès à différents types de surfaces mettent en avant la complémentarité entre celles-ci, par exemple entre des prairies qui permettent de faire des stocks de fourrages et des parcours boisés qui produisent encore en été. Sur le volet zootechnique, le décalage des cycles de production a été mentionné comme solution permettant de faire coïncider les besoins des animaux avec la production d'herbe, et/ou d'éviter d'avoir des animaux très sensibles au moment des plus fortes chaleurs. Cela peut cependant poser des problèmes au niveau des filières. Certains aussi réfléchissent à se tourner vers des races plus rustiques. Les systèmes transhumants devront également s'adapter, avec parfois une période de déficit (fin de saison d'estive plus précoce, alors que l'herbe d'« en bas » n'est pas encore repartie) qu'il faudra apprendre à gérer. Au-delà des tendances climatiques qui vont se poursuivre pour les années futures, ce sont aussi les aléas et les événements extrêmes qui préoccupent les éleveurs. Ils doivent mettre en place des sécurités individuelles et collectives pour faire face certaines années (de plus en plus fréquentes), à des événements extrêmes (printemps très pluvieux, avec une forte pousse de biomasse, mais une production de foin de piètre qualité, sécheresse estivale très précoce et longue…).



Photo 7. Troupeau de vaches (race Aubrac) sur le Mont Lozère (© Arnaud Bouissou - PNC)

3.2. Enjeux et questions à propos de la pratique des brûlages pastoraux dans le Parc national des Cévennes

Les éleveurs pastoraux cévenols font en général pâturer leurs animaux dans des parcs ou des quartiers de pâturage de grande taille permettant à ces derniers d'exprimer leurs préférences alimentaires. Cela garantit aux éleveurs à la fois un état corporel des animaux correct, mais également une relation apaisée avec leurs animaux, gage de sérénité au quotidien. Ce pâturage en tri, qui répond aux principaux besoins des éleveurs et des filières, laisse des « refus » et favorise la germination, puis la croissance de buissons et d'arbres qui, à terme, finissent par limiter la circulation des animaux et leur accès à toutes les ressources pastorales. Deux solutions sont alors utilisées : le broyage quand la parcelle est mécanisable ou le feu quand elle ne l'est pas.
Le brûlage pastoral (Photo 8) est aujourd'hui déterminant pour maintenir la majorité des espaces pastoraux cévenols accessibles aux troupeaux et ainsi limiter les incendies d'été, fortement favorisés par les espaces embroussaillés. Néanmoins, il n'est pas toujours sans impact.

■ **Impacts sur le sol.** Des feux de forte intensité, longue durée et dans des conditions peu humides/froides peuvent vaporiser une partie de l'humus du sol et de ses éléments nutritifs et, à terme, affecter sa structure et sa stabilité. De plus, en éliminant la végétation (vivante et morte) qui alimente la fabrication de l'humus et protège le sol de la dessiccation, le feu peut, à terme, priver ce dernier de deux des constituants essentiels de sa fertilité (eau et humus) et de sa résilience aux aléas climatiques.

[19] https://liveadapt.eu/fr/accueil/

■ **Impacts sur la biodiversité.** Si le feu permet l'entretien de milieux ouverts dans certains cas reconnus comme rares à l'échelle européenne, il peut également détruire certaines plantes sensibles aux perturbations (par exemple, les lichens, bases de certaines chaînes trophiques et premiers artisans de la fabrication du sol ou encore des plantes reliques de l'âge glaciaire). Certains milieux, comme les tourbières, peuvent être en quelques heures détruits par le feu, alors que des millénaires ont été nécessaires pour les constituer. Enfin, la plus forte précocité des cycles biologiques (démarrage de la végétation, nidification des oiseaux, etc.) liée au changement climatique interroge la réalisation des feux de début de printemps, pourtant nécessaires pour que les éleveurs puissent entretenir l'ensemble de leurs pâturages dans le temps imparti.

À la croisée de ses missions de soutien au monde pastoral et de préservation de la biodiversité dans toutes ses expressions, le Parc national des Cévennes agit aujourd'hui de trois façons :
1. en informant les utilisateurs du feu (éleveurs et pompiers) de la localisation des milieux ou espèces sensibles au feu ;
2. en développant avec ses partenaires du monde agricole un accompagnement technique visant à améliorer les pratiques pastorales pour augmenter le contrôle de l'embroussaillement par la dent des animaux et utiliser le feu à bon escient. Plus globalement, cet accompagnement vise à réinterroger la place des ligneux dans la chaîne de pâturage : ces derniers ont également de nombreux atouts ;
3. en interdisant les pratiques dont l'impact négatif est avéré, par exemple le brûlage des tourbières.

Des actions seraient également à renforcer pour faciliter la transmission des savoir-faire des éleveurs/bergers expérimentés et surtout pour leur apporter des moyens, notamment humains, pour pouvoir gérer des surfaces qui, au fil des réformes de la politique agricole commune (PAC), ne font que s'agrandir relativement au nombre d'actifs.



Photo 8. Écobuage sur l'estive de La Vialasse, Lozère, 2020 (© Julien Buchert - PNC)

3.3. L'agroforesterie : une pratique indispensable face au changement climatique

L'agroforesterie peut être définie par l'association sur une même surface d'arbres, de cultures et/ou d'animaux. Elle regroupe une grande diversité de systèmes, des surfaces boisées pâturées à l'introduction d'arbres au sein ou en périphérie des parcelles agricoles. À titre d'exemple, dans les Cévennes, on retrouve principalement le pâturage sous châtaigneraies et/ou chênaies, les alignements de mûriers têtards à vocation fourragère, etc. Les arbres peuvent avoir des fonctions de production valorisable (fruits, bois d'œuvre, bois-énergie, ressource fourragère, etc.), ou des fonctions de service (amélioration de la qualité des sols, maintien de la biodiversité et des services associés, etc.). Dans tous les cas de figures, il s'agit d'un système mixte qu'il faudra piloter de manière dynamique dans le temps pour gérer au mieux les complémentarités entre les arbres et les cultures et/ou animaux.

L'agroforesterie est considérée comme une piste dans la lutte contre le changement climatique car elle peut jouer un rôle à la fois dans l'atténuation de celui-ci et dans l'adaptation des systèmes agricoles. Sur le volet « adaptation », à l'échelle de la parcelle, des arbres développés peuvent tamponner les extrêmes climatiques, avec des températures journalières maximales réduites de 3 à 6 °C en été. Cet effet « tampon » peut permettre de diminuer les stress thermiques subis par les animaux ou les cultures, ainsi que les stress hydriques. À l'échelle de l'exploitation, l'agroforesterie peut être une source de diversification et peut permettre un étalage judicieux des productions par décalage phénologique dû à l'ombrage, et donc une plus grande souplesse dans la conduite des exploitations. Par exemple, le projet de recherche PARASOL[20] a permis de

[20] https://parasol.projet-agroforesterie.net/

montrer que les prairies agroforestières pâturées peuvent subir un retard phénologique et expriment leur potentiel plus tardivement en saison, avec des plantes de meilleure valeur alimentaire. Les feuilles d'arbres peuvent être d'excellentes ressources alimentaires, en particulier le mûrier et le frêne (Photos 9 et 10).

L'agroforesterie a donc le potentiel d'aider les éleveurs à piloter la disponibilité en quantité et qualité du fourrage, et favoriser le bien-être des animaux. D'autres bénéfices sont également à noter. Il a, en effet, été observé que les racines des arbres étaient généralement distribuées plus en profondeur par rapport à de simples plantations, permettant ainsi un meilleur accès aux ressources hydriques et une amélioration du cycle des nutriments. Par ailleurs, ces systèmes créent une diversité paysagère qui procure des habitats à une biodiversité potentiellement utile.





Photos 9 et 10. Exemple d'une table fourragère de trognes de mûriers blancs dans le Gard. Les mûriers, menés à la façon d'une vigne sans tuteur, peuvent être pâturés à plusieurs reprises dans l'année à condition de ne pas avoir un chargement élevé et de ne pas laisser les animaux prélever l'ensemble des feuilles.
À noter qu'au sol, en été, la ressource herbe constitue également un complément de pâturage appréciable. D'autres essences peuvent être conduites de la sorte, à commencer par la vigne, qui présente un bon potentiel fourrager (© AGROOF SCOP)

Sur le volet « atténuation », l'introduction d'arbres au sein d'une exploitation contribue à séquestrer du carbone dans la biomasse des arbres et dans les sols. Les premières estimations et modélisations montrent que l'agroforesterie intraparcellaire tempérée avec des arbres de bois d'œuvre conduirait à stocker annuellement entre 1,1 et 4 tC/ha pour des densités comprises entre 50 et 100 arbres/ha, mais des efforts sont encore à fournir pour généraliser ces chiffres à d'autres conditions. En région Occitanie, le projet de recherche DSCATT[21] se penche sur cette question. Enfin, la production de biomasse lignocellulosique dans les systèmes agroforestiers peut contribuer à limiter l'utilisation d'énergies fossiles, par substitution.

Pour conclure, si les potentiels de l'agroforesterie dans le cadre de la lutte contre le changement climatique sont importants, de nombreux travaux de recherche sont encore nécessaires pour mieux mesurer l'impact de cette pratique et imaginer, avec les agriculteurs, des systèmes agroforestiers innovants sur ces aspects.



Photo 11. L'agroforesterie maraîchère peut se pratiquer en associant des arbres forestiers ou des fruitiers aux cultures maraîchères. Ici, l'exemple d'une association maraîchage/noyers hybrides pour du bois d'œuvre (Vézénobres, Gard, © AGROOF)

[21] DSCATT : projet de recherche coordonné par UMR ECO&SOLS (2019-2023), https://dscatt.net/

3.4. L'apiculture cévenole à l'épreuve du climat

Parmi les différentes filières agricoles, l'apiculture souffre aujourd'hui de nombreux problèmes : l'acarien parasite *Varroa destructor*, les virus, les champignons et d'autres agents pathogènes, les attaques prédatrices du frelon asiatique, etc. Dans ce contexte, les changements climatiques ajoutent des difficultés en modifiant les périodes de floraison des différentes ressources de nectar et de pollen, en asséchant les sols ce qui réduit également les quantités de nectar produites par les fleurs et en causant des surmortalités en périodes prolongées de fortes chaleurs. Deux études interdisciplinaires réalisées en Cévennes ont récemment contribué à mieux connaitre ces effets.

La première montre que le déclin de la production de miel de callune sur le Mont Lozère s'explique par les changements climatiques locaux, mais aussi par la fermeture du paysage, par l'état sanitaire des abeilles et par les changements de pratiques agricoles locales. La confrontation des perceptions des apiculteurs, du savoir de spécialistes de la callune (non apiculteurs) et des données scientifiques a permis de montrer que les changements climatiques comptent parmi les facteurs les mieux évalués dans leurs impacts en Cévennes. L'augmentation de la durée et de l'amplitude des périodes de sécheresse, la réduction de celles des périodes de gel et l'irrégularité des précipitations contribuent à réduire la production de nectar par les plantes, ce qui a fait chuter la production du miel de callune par les ruches d'un facteur 5 et a contribué au déclin de ce marché apicole local.

Comme pour les humains, la qualité de l'habitat, la ruche en l'occurrence, est un élément clé pour s'adapter aux fortes chaleurs générées par le changement climatique. Ainsi, la seconde étude concerne l'évaluation du matériau bois, dont est généralement faite la ruche, pour les conditions de vie de la colonie. Les conditions hygrothermiques dans la ruche dépendent en effet de ses caractéristiques propres (nature du bois, épaisseur de la paroi, qualité de l'assemblage), mais aussi des conditions environnementales (météo, ombrage, nature du sol, relief, etc.) et du niveau d'activité des abeilles (Photo 12). Cette étude cherche à mieux connaître l'effet de chacun de ces facteurs et leur importance relative. En ventilant avec leurs ailes, les abeilles régulent la température et l'humidité intérieures de la ruche : l'influence des températures extrêmes sur leur dépense énergétique sera évaluée. Les résultats pourraient être susceptibles d'aider les apiculteurs à faire face aux nouvelles conditions climatiques en Cévennes avec moins d'incertitudes.

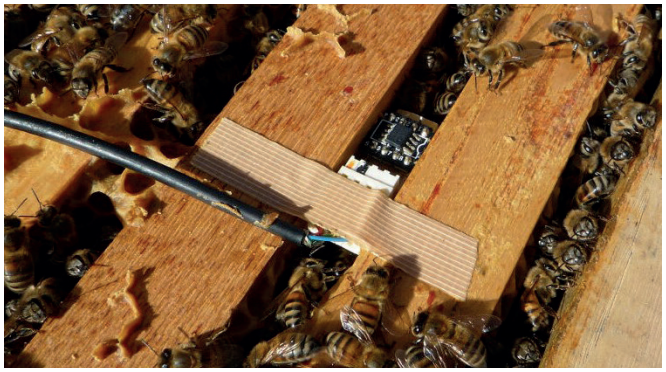


Photo 12. Détail d'un capteur de température qui enregistre les variations au cours du temps dans une ruche (© Emmanuel Ruffio)

4. Les forêts face au changement climatique : impacts et solutions

Dans ce contexte en permanente évolution, de changement climatique, de modification des paysages liée au changement d'usages des terres et de crise de la biodiversité, le maintien de la bonne santé des forêts constitue un défi majeur pour les gestionnaires et propriétaires forestiers. Ces écosystèmes forestiers sont des systèmes multifonctionnels qui fournissent de nombreux services, *i.e.* production de bois (matériaux, papier, énergie...), production de produits non ligneux (champignons, fruits…), pratique de la chasse, espaces récréatifs. Ce sont aussi de précieux alliés dans la gestion de la crise climatique. Ils participent à la protection de la ressource en eau, la régulation des épisodes de précipitations intenses, des phénomènes d'érosion et à la réduction des gaz à effet de serre en séquestrant une partie du CO_2 présent dans l'atmosphère. De plus, dans un contexte où l'on observe une diminution générale de la biodiversité, ils fournissent des habitats pour la faune et la flore, particulièrement importants dans le cas des vieilles forêts.

Si les forêts nous rendent de nombreux services, elles ne sont pas épargnées par les effets du changement climatique. Certes, la vulnérabilité des forêts n'est pas la même partout et les forêts réagissent au changement climatique de diverses manières, en fonction des conditions climatiques et de leur site, de leur histoire, du potentiel d'adaptation des arbres et des modes de gestion, mais leur vulnérabilité augmente et augmentera parallèlement à l'élévation des températures et à celle d'un changement du régime de précipitations. Plus particulièrement, un accroissement du risque incendie est attendu en zone méditerranéenne. Il en découle un risque important d'effets en cascade sur leur productivité, leur biodiversité et l'ensemble des services rendus par ces écosystèmes.

Aujourd'hui, la gestion forestière fait donc face à de nouveaux défis. Elle doit, d'une part, prendre en compte les objectifs et les intérêts multiples des parties prenantes concernant un éventail de fonctions et de services écologiques, économiques et sociaux, et d'autre part, prendre en compte les effets du changement climatique et la mise en place des mesures de gestion pour renforcer la résilience des écosystèmes forestiers suite aux perturbations. Les mesures d'adaptation doivent être envisagées comme des processus dynamiques. En effet, les forêts présentes aujourd'hui doivent affronter des conditions

climatiques qui évoluent et continueront à évoluer dans les prochaines décennies.
Les forêts couvrent aujourd'hui 72 % du territoire du Parc national des Cévennes (16 % en 1850 sur le même territoire) et reflètent dans leur composition les forts contrastes géographiques et climatiques du PNC. Le sud-est du Parc est principalement couvert par des forêts sous forte influence méditerranéenne (chênes vert et pubescent, par exemple) alors que dans le centre et le nord-ouest du Parc, on retrouve des forêts typiques de l'étage montagnard, comme la hêtraie sapinière. Ces contrastes impliquent une différence de vulnérabilité vis-à-vis du changement climatique ; les forêts sous influence méditerranéenne apparaissent aujourd'hui plus sensibles au changement climatique avec des signes de dépérissement plus marqués (notamment chez le chêne pubescent et le châtaignier) (Figure 14) et une exposition au risque incendie plus forte.

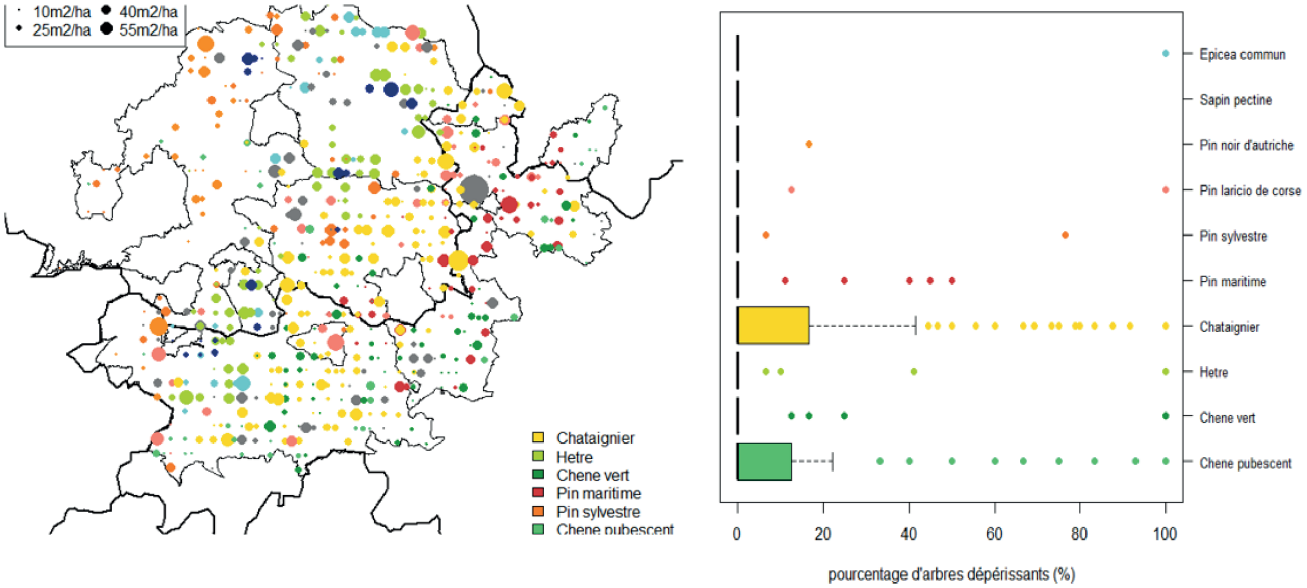


Figure 14. Observation du pourcentage d'arbres dépérissant sur les placettes inventoriées par l'Inventaire forestier national (IFN) sur le PNC

Attention, depuis les derniers inventaires, la situation s'est encore aggravée au cours des années très sèches (2017 et 2019) et ces observations sont à prendre avec précautions car réalisées sur un nombre limité de placettes qui peuvent omettre les zones les plus touchées
(© Maxime Cailleret - INRAE)

4.1. Des risques d'incendies en augmentation en lien avec les sècheresses et les canicules

Les incendies, dont l'éclosion et le développement 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 gestion des feux renforcée par la suppression agressive des incendies 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 du cumul annuel des surfaces brûlées après 1994. Cependant, il n'est pas certain que cette stratégie reste efficace dans le contexte d'accentuation du 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, aujourd'hui et par le passé, les incendies dans le sud de la France sont principalement aggravés par le vent. Ainsi, le plus grand incendie du Gard (Col de Portes), poussé par un fort mistral, a détruit le 9 septembre 1985, 4100 ha du périmètre cévenol du pin maritime. Dans les années à venir, il est fort probable que le risque incendie augmentera sur l'ensemble du territoire de par ces grands incendies « convectifs » liés à la chaleur, qui présentent un risque considérable sur les zones les plus méditerranéennes.

Ces feux induits par la chaleur sont caractérisés par la combinaison de conditions chaudes et sèches. Ils se produisent en été pendant les vagues de chaleur, soit lors d'une sécheresse modérée, de type canicule soudaine, ou d'une sècheresse intense, de type sècheresse associée à des températures élevées. Les conditions plus chaudes et plus sèches prévues sur le territoire du Parc national des Cévennes devraient ainsi favoriser cette nouvelle génération d'incendies.

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 en zone méditerranéenne française. Les surfaces brûlées seraient également en forte hausse et les zones sensibles s'étendraient vers le nord et dans les montagnes méditerranéennes, comme par exemple les montagnes cévenoles. Sur le territoire du PNC, le nombre de jours par an présentant des indices de danger élevés (Indice Forêt-Météo, IFM > 30, Figure 15), égal aujourd'hui à moins d'une dizaine sur la partie la plus vulnérable du Parc, devrait doubler dans le cas du scénario RCP 4.5 et tripler dans le cas du scénario RCP 8.5 d'ici la fin du XXIe siècle (2078-2098).

Si rien n'est fait en termes de gestion forestière et d'aménagement du territoire, l'accroissement de la fréquence et de l'intensité des incendies pourrait affecter de façon importante les écosystèmes (forêt et biodiversité en général), les humains et les infrastructures. Les grands schémas de défense des forêts contre les incendies, comme l'opération pilote concertée suite à l'incendie du Col de Portes, doivent être réévalués à l'aune de cette nouvelle donne. Sans baisser la garde sur l'effort de gestion du combustible, en combinant l'ensemble des modalités d'intervention comme le sylvo-pastoralisme et le brûlage dirigé, un recentrage au plus près des enjeux à protéger serait à privilégier pour limiter les dommages et épargner les vies.

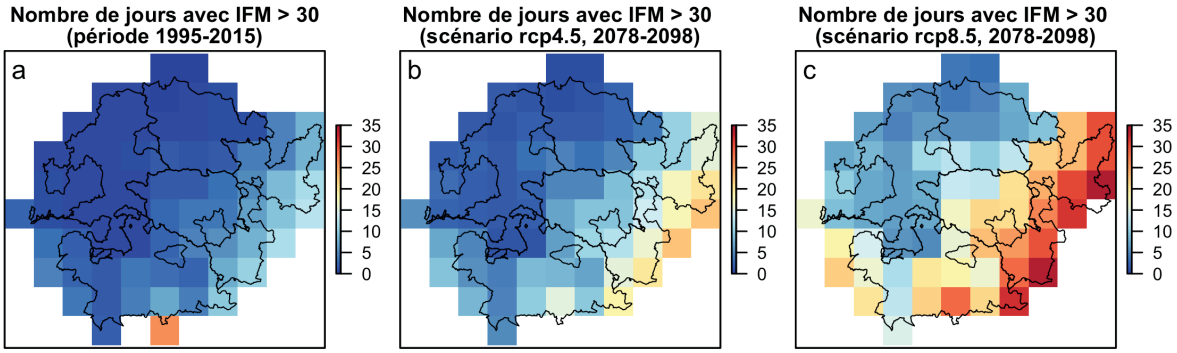


Figure 15. Nombre de jours par an présentant des indices de danger élevés (Indice Forêt-Météo, IFM > 30) sur (a) la période passée (1995-2015) et la fin du XXIe siècle (2078-2098), si (b) des mesures drastiques sont prises pour limiter les émissions de gaz à effet de serre (RCP 4.5) ou si (c) la tendance actuelle se poursuit (RCP 8.5)
(© J. Ruffault - Adaptée d'après Fargeon, 2020)

4.2. La châtaigneraie fruitière cévenole : un agroécosystème aux multiples valeurs socio-culturelles et écosystémiques face au changement climatique

Les agroécosystèmes à châtaigniers (Photo 13) ont été des piliers économiques, culturels et écologiques en région de montagne en Europe du Sud depuis le Moyen Âge. Leur abandon suite à l'exode rural a donné lieu à des taillis ou des futaies denses à l'exception d'une superficie réduite en châtaigneraie fruitière (10-20 %) liée à une forte résilience socio-culturelle et écologique. En France, de vastes châtaigneraies, en Cévennes et ailleurs (ex. : Corse, Corrèze, etc.) ont contribué à de multiples services (nourriture, bois, viande, lait, territoire social, biodiversité utile ou associée, etc.) avec un essor très significatif depuis le Moyen Âge, même si l'arbre domestiqué a vraisemblablement voyagé d'est vers l'ouest avec les Romains. La châtaigneraie fruitière s'inscrit dans un paysage co-construit entre les humains et la nature, s'appuyant sur des variations micro-topoclimatiques liées aux gradients altitudinaux et au milieu montagnard, et sur des apports humains (terrasses, apports de terre, irrigation par gravitation, fumure des animaux, etc.). Les châtaigneraies fruitières jardinées forment des populations arborées, non équiennes, associées à un milieu semi-ouvert, favorable à une biodiversité élevée (lichens rares, chauves-souris, oiseaux, insectes).
L'observation, les savoirs des castanéiculteurs et les travaux de recherche scientifique indiquent que le châtaignier est très sensible au changement climatique. L'augmentation des sécheresses estivales, ainsi que d'autres aléas (l'encre du châtaignier, chancres, le Cynips, l'enrésinement, etc.) entraînent des baisses significatives de production de certaines variétés ou encore le dessèchement des cimes, pouvant aller dans certains cas jusqu'au dessèchement de pans entiers de châtaigneraie sur des versants situés en adret (forte exposition au soleil, terrasses non entretenues au sol peu profond). L'intérêt de mieux connaître les qualités adaptatives des variétés de châtaigniers a guidé les travaux lors de divers projets depuis 2009. Cela a notamment permis d'acquérir une meilleure compréhension des pratiques locales et de la diversité variétale sur un site de référence en Cévennes (Saint-Martin-de-Lansuscle, Lozère). La diversité des variétés et porte-greffes a été précisément identifiée en s'appuyant sur les savoirs locaux et les caractéristiques génétiques.



Photo 13. Châtaigneraie de l'Ardèche cévenole
(© Antoine Nicault)

[22] ANR POULAR ; GDR Mosaïque CNRS ; Programme BioDivMeX Mistral, CNRS ; Projet ROC-CHA ADEME, Fondation de France (2020-21).

Un dispositif de mesures climatiques sur des conditions topographiques contrastées, permettant une interpolation des microclimats de la vallée de Saint-Martin-de-Lansuscle, montre des variations pouvant aller jusqu'à 4 °C d'écart de température en période estivale, en différents points de la vallée, et des variations de distribution des variétés dans la vallée laissant entrevoir des capacités adaptatives distinctes (Photo 14). Des travaux en cours dans le cadre du Projet ROC-CHA visent à créer des sites conservatoires de référence des variétés de châtaigniers *in situ* en Lozère et en Basse-Ardèche. Par la même occasion, ce projet participatif vise à favoriser le transfert des savoirs locaux entre castanéiculteurs connaisseurs et novices, à identifier les cycles phénologiques des variétés et à mettre au point un protocole de suivi de l'impact du changement climatique. Ces travaux, fondés sur une démarche de co-construction entre savoirs locaux et scientifiques, rassemblent différents acteurs de la filière dont les représentants des syndicats de castanéiculteurs, de la filière de transformation, d'associations à visée éducative, de chambres d'agriculture, ainsi que des castanéiculteurs experts locaux et des chercheurs.

Si les périodes de sécheresse se multiplient en lien avec l'évolution du climat, elles pourraient induire à brève échéance une amplification des problèmes sanitaires, avec des conséquences sur la biodiversité forestière, les paysages et l'économie cévenole. Il est donc indispensable que les gestionnaires forestiers et des groupements d'agriculteurs (telles que les chambres), puissent anticiper ces changements en mettant en œuvre des itinéraires techniques sylvicoles et agroforestiers permettant d'apporter des réponses concrètes et opérationnelles aux enjeux spécifiques de gestion et d'adaptation des peuplements et des agroécosystèmes à châtaigneraie fruitières aux évolutions du climat. Ces itinéraires doivent répondre à de multiples objectifs, mais également être techniquement réalisables, économiquement envisageables, socialement acceptables par les propriétaires locaux, sur le moyen et le long terme.



Photo 14. Dispositif de mesures des micro-topoclimats avec des piles météorologiques boutons, intégré dans un dispositif construit au CEFE (Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive)
27 piles ont été installées sur le territoire de la commune de Saint-Martin-de-Lansuscle en couvrant toutes les situations micro-topoclimatiques observables (© CEFE)

Parole d'acteur

« Je suis observateur bénévole à Saint-Martin-de-Lansuscle pour Météo France depuis 1989 et tout au long de ces années, j'ai pu constaté des changements. J'ai en particulier observé une augmentation générale de la pluviométrie sur la commune. Cinq des plus gros cumuls de pluie se sont produits depuis 2008, dont le record de 2018 avec 2364 mm sur l'année, mais ces pluies sont très inégalement réparties sur l'année avec de fortes pluies printanières et automnales, et des sécheresses de plus en plus prononcées en été. Participant aussi à des recherches sur la châtaigneraie cévenole et à des relevés faunistiques, j'ai pu observer la souffrance des châtaigniers en situation difficile, sur versant sud notamment, mais aussi leur (relative) adaptation au dessus des 800 m qui était antérieurement considérée comme leur limite altitudinale. J'ai également noté des changements concernant la faune. Dans le cadre de mes relevés, j'ai noté, depuis plusieurs années, une baisse des populations de hérissons et une légère baisse des populations d'oiseaux liée à une forte diminution du nombre d'insectes. »

Richard Bouat, agriculteur retraité, propriétaire d'une châtaigneraie fruitière (20 ha), Saint-Martin-de-Lansuscle.

4.3. Le Parc national des Cévennes et l'adaptation des forêts au changement climatique

Le Parc national des Cévennes est un mélange de forêts anciennes relictuelles fragmentées de petites tailles et d'une importante quantité de jeunes forêts dont l'origine est soit naturelle, issue de la régénération des peuplements autochtones, soit issue de plantations d'espèces ou de provenances non locales réalisées à partir de la fin du 19ème siècle. Conservation et introduction de diversité génétique sont des points clefs de la gestion sylvicole en réponse au changement climatique. L'enjeu est complexe. Comment préserver et encourager la régénération naturelle à partir de la diversité génétique des peuplements reliques, derniers survivants de la déforestation, tout en favorisant les plantations et la régénération naturelle d'essences ou de provenances adaptées au climat du futur ? La solution repose sur la connaissance de la capacité adapta-

tive des espèces et de leurs différentes provenances que les scientifiques et gestionnaires forestiers s'attellent à étudier. Les unités de conservation (UC) génétiques localisées en Europe, jusqu'ici caractérisées au niveau de gènes dits « neutres », sans effet direct sur la capacité adaptative des espèces, vont faire l'objet d'une caractérisation de leur capacité adaptative dans le cadre d'un projet européen (FORGENIUS) coordonné par l'INRAE (2021-2025). Parmi ces peuplements, l'UC de l'Aigoual du hêtre a été choisie pour caractériser finement à l'échelle du peuplement la capacité individuelle des arbres à s'adapter à l'environnement en fonction de leur génotype.
Cinq cents arbres seront séquencés au niveau de gènes aux fonctions connues et mesurés pour des traits de croissance, de résistance à des stress hydriques et de survie, et pour leur fertilité. Les mesures de la station météo de l'observatoire mise en place par l'Administration des Eaux et Forêt en 1859 permettront de caractériser finement le climat. Les résultats devraient permettre de décrire la part génétique (héritable) et environnementale (non héritable) de l'adaptation du hêtre sur l'Aigoual et seront comparés à d'autres UC partout en Europe. Concernant la partie plantée de la forêt qui a largement rempli son rôle de restauration des terrains de montagne, il est notable que certaines essences n'ont plus leur place aujourd'hui. On peut citer le cas des pins noirs d'Autriche qui dépérissent au fil des canicules successives. Une réflexion globale doit être menée dans le choix des essences qui pourront être plantées dans le futur proche. Des projets vont dans ce sens (MedFOrFutur porté par l'ONF) qui s'appuient sur les réseaux nationaux d'arboretums et des tests de provenances.

Au-dessus de 1000 mètres d'altitude, le sapin pourrait remplacer l'épicéa en favorisant sa régénération naturelle ou l'introduction de provenances plus résistantes lorsque la ressource locale est menacée. Les défis des forestiers sont difficiles. La forêt de demain est jalonnée d'incertitudes et tout doit être fait pour maintenir sa biodiversité et adopter des sylvicultures qui permettent d'alimenter la filière bois tout en augmentant le caractère naturel des forêts.



Photo 15. Hêtraie du Mont Aigoual à l'automne (© Gaël Karczewski - PNC)

4.4. Pin de Salzmann, une essence autochtone à privilégier dans les peuplements de moyennes montagnes des Cévennes.

Le pin de Salzmann est un pin noir emblématique du Parc national des Cévennes présent en moyenne montagne sur les causses et les Cévennes. On le rencontre à l'état de petits peuplements en Ardèche, dans le Gard, l'Hérault et en Lozère, la plus grande forêt étant celle de Saint-Guilhem-le-Désert, relique d'une époque passée où le pin de Salzmann devait être largement répandu depuis l'Espagne jusqu'au sud du Massif central. Sa fragmentation est le résultat ancien de la surexploitation de son bois et du défrichement au profit de l'agriculture et du pâturage, dont les conséquences écologiques désastreuses ont été reconnues à l'échelle européenne par la directive Habitats qui a décrété son habitat comme prioritaire (D. 92/43 CEE du 21 mai 1992) : *Pinèdes (sub-) méditerranéennes de pins noirs endémiques : Pin de Salzmann*.
Le pin de Salzmann, est doté d'une rusticité incontestable (Photo 16), que ce soit sur sol calcaire ou acide, et semblerait moins sensible à la sécheresse que le pin noir d'Autriche qui a montré des épisodes de dépérissement importants suite aux dernières canicules estivales. De plus, des observations récentes[23] semblent indiquer une sensibilité nettement moindre aux pathogènes (la processionnaire du pin ou la maladie des bandes rouges) que le pin noir d'Autriche et le pin laricio de Corse. Dans les stations fertiles, en France ou en Espagne, son volume et sa rectitude n'ont rien à envier au pin laricio ou au pin noir d'Autriche.



Photo 16. Pin de Salzmann accroché à la falaise dans les gorges du Tarn (© Daniel Cambon)

[23] Tests de provenances de pins noirs (INRAE, site de Pomet, Hautes-Alpes)

La conservation et la promotion du pin de Salzmann dans les peuplements de demain impliquent des choix de gestion sylvicole, soit pour favoriser la régénération naturelle dans les peuplements où la reproduction est possible (Saint-Guilhem-le-Désert ou Le bois d'Abeau en Ardèche qui vient d'obtenir le statut d'unité conservatoire, par exemple), soit pour privilégier la plantation dans les autres cas. Les gestionnaires peuvent faire le choix de privilégier la plantation de ressources locales comme dans le cadre du projet Natura 2000 au Martinet, dans la commune de Saint-Étienne-Vallée-Française, ou de favoriser le mélange de provenances pour augmenter le brassage de la diversité génétique. La capacité adaptative des différentes provenances des pins de Salzmann reste largement méconnue et mériterait d'être étudiée dans des tests de comparaison de provenances. Des arbres représentatifs de chaque groupe génétique ont par contre été greffés et clonés pour être conservés dans une collection *ex-situ* localisée dans la pépinière du Pôle national des ressources génétiques forestières de l'ONF, à Cadarache, près d'Aix-en-Provence. Cette collection conservatoire permet de produire des plants par greffage, qui sont représentatifs de la diversité génétique du pin de Salzmann, pour des projets de plantations, alors que les peuplements classés comme Banne ou Saint-Guilhem-le-Désert ciblent une région de provenance. En accompagnement au matériel disponible pour le reboisement, l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE) a développé des outils de profilage génétique pour certifier l'identité Salzmann des peuplements et permettre d'identifier les autres pins noirs ou les hybrides pour les éliminer si besoin.

Tous les feux sont donc au vert pour conserver et promouvoir le pin de Salzmann dans les Cévennes et lui redonner une place à part entière. Reste un dernier défi : donner envie aux propriétaires et aux gestionnaires de choisir cette essence, témoin vivant de l'histoire des Cévennes et, peut-être, de son avenir.

5. Biodiversité et changement climatique

« Avec un réchauffement global de 3,2 °C, des pertes de plus de 50 % de l'aire de répartition géographique sont prévues pour 49 % des insectes, 44 % des plantes et 26 % des vertébrés. À 2 °C, ces pertes s'élèvent à 18 % des insectes, 16 % des plantes et 8 % des vertébrés, et à 1,5 °C, à 6 % des insectes, 8 % des plantes et 4 % des vertébrés. » Warren et *al.* (2018), Science.

La hausse de la température, la diminution des précipitations et l'augmentation de la fréquence des événements extrêmes (périodes de canicule, pluies cévenoles, sécheresses…) sont autant de changements qui ont des effets importants et variés sur la biodiversité. Ils sont combinés à d'autres évolutions : arrivée de nouvelles espèces animales et végétales, favorisée par les nouvelles conditions, potentiellement envahissantes ; modification des paysages et des écosystèmes par nos activités agricoles et forestières, l'urbanisation ; pollutions des eaux, de l'air, des sols… Les changements de la biodiversité du Parc national des Cévennes sont significatifs, mais les espèces de plantes et d'animaux présentent des vulnérabilités différentes selon leur écologie.

Bon nombre d'interactions entre ces espèces sont aussi altérées, par exemple désynchronisées, l'évolution rapide des conditions climatiques ne permettant pas l'adaptation nécessaire des écosystèmes. Ainsi, les dates de ponte des oiseaux sont décalées avec la période d'abondance des chenilles dont se nourrissent les jeunes, et les interactions spécialisées entre plantes et pollinisateurs sont fragilisées. De nouvelles coexistences d'espèces apparaissent, avec des possibilités d'hybridation entre plantes, et de nouvelles compétitions. Ainsi, les espèces flexibles et généralistes sont favorisées aux dépens des spécialistes des écologies complexes.

Un nouvel environnement se met en place sous nos yeux face à ces changements rapides et ce chapitre en présente différents exemples. Nous avons besoin d'étudier ces changements pour en comprendre les ressorts et ainsi pouvoir favoriser l'adaptation optimale de notre environnement.

Parole d'expert

« J'ai publié en 1979, dans les Annales du Parc national des Cévennes, un article sur la dynamique des peuplements d'oiseaux dans le massif de l'Aigoual[24]. A cette époque, on ne parlait pas encore – ou si peu – de changement climatique. Alors que je faisais partie du conseil scientifique du Parc, l'idée était d'analyser les modalités de distribution d'espèces d'oiseaux en fonction de paramètres de structure des habitats.

Il s'agissait de substituer aux critères habituels de l'ornithologue une méthodologie innovante mise au point pour analyser les normes d'organisation de la végétation dans un espace à trois dimensions, le phytovolume. À l'issue d'une série de relevés d'avifaune associés à des relevés de variables de structure de la végétation jugées *a priori* importantes dans les mécanismes de sélection des habitats par les oiseaux, on calcula la moyenne des informations mutuelles avifaune-végéta-

[24] Blondel, J., 1979. *Structure et dynamique des peuplements d'oiseaux dans un secteur de moyenne altitude du Parc National des Cévennes : le versant nord-ouest de l'Aigoual.* Ann. Parc National des Cévennes, 1.

tion pour les 48 espèces d'oiseaux rencontrées. À titre d'exemple, les valeurs d'information mutuelle de la mésange huppée (Photo 17) pour la variable « formation végétale » furent de 0,57, alors que celles de l'alouette des champs (Photo 18) ne furent que de 0,29, manière « savante » de dire que la mésange noire est un oiseau des bois, alors que l'alouette est un oiseau des champs !

La morale de cette histoire, c'est que l'opération fut coûteuse en temps, en matière grise et en temps de calcul (sur un Mitra-15, ordinateur gros comme une armoire pour une puissance de calcul cent fois moindre que celle d'un PC moderne !) pour un résultat qui ressemble fort aujourd'hui à l'enfoncement d'une porte ouverte. Mais elle montre que les pratiques évoluent et pendant les 50 ans de vie du Parc, l'approche scientifique a, elle aussi, bien changé grâce aux nouvelles façons de faire la science, mais aussi en réponse aux changements climatiques. Comme pour tout secteur d'activité, elle doit savoir se remettre en question, expérimenter, faire évoluer les méthodes, les outils et réinterroger son rôle dans la société en ces temps de grands bouleversements environnementaux. **»**

Jacques Blondel, ornithologue, CEFE-CNRS.



Photo 17. Mésange huppée (*Lophophanes cristatus*) (© J.-F. Desmet)



Photo 18. Alouette lulu (*Lullula arborea*) (© J. Blondel)

5.1. Ça chauffe pour les orchidées des Cévennes !

Les orchidées attirent bien souvent l'intérêt du promeneur, du naturaliste, de l'acteur de la conservation ou du chercheur du fait de la diversité des formes et des couleurs florales, qui s'expliquent par la diversité de stratégies utilisées pour attirer leurs pollinisateurs. Cette interaction avec les pollinisateurs, mais aussi avec leurs champignons racinaires, les rend doublement sensibles aux variations de leur environnement. Sur les 170 espèces de France métropolitaine, une soixantaine est présente en Lozère avec 6 espèces protégées au niveau national. Cinquante espèces sont présentes dans le Parc national, notamment les populations les plus importantes connues de l'endémique *Ophrys aymoninii*.

Les effets des changements climatiques sur les orchidées s'expliquent tout d'abord par des évolutions de leur environnement, comme l'asséchement des zones humides surtout entre mai et juillet qui correspond à la période de floraison de la majorité des espèces fleurissant dans ces milieux, ainsi que la destruction de certains milieux lors des événements climatiques extrêmes (inondations, tempêtes, vents forts…). Le déclin généralisé de l'abondance des pollinisateurs menace aussi la pollinisation, et donc, la reproduction d'un grand nombre d'espèces, même si cet effet reste difficile à démontrer et dépendant des conditions locales.

Les effets des changements climatiques s'expliquent aussi et surtout par des effets directs sur la biologie des espèces. Une étude récente montre qu'une exposition du pollen à 41 °C pendant deux jours entraîne une réduction forte de son efficacité dans la pollinisation (réduction totale à partir de 47 °C pendant deux jours). Similairement, les périodes de fortes chaleurs (40-45 °C) peuvent aussi induire des réductions fortes des populations de leurs pollinisateurs. Cependant, l'effet le plus fréquent reste les modifications dans la floraison des espèces. Ainsi, en cas d'année chaude et donc souvent sèche, plusieurs espèces fleurissent plus tôt qu'à la normale, alors que d'autres ont moins d'individus en floraison, ou d'autres encore, fleurissent puis flétrissent rapidement. Ces derniers changements restent à bien étudier pour la plupart, mais leur conséquence correspond souvent à une réduction de la reproduction des orchidées, ce qui menace directement la conservation de ces espèces.



Photo 19. La spiranthe d'été (© Bertrand Schatz)



Photo 20. L'ophrys d'Aymonin (© Bertrand Schatz)

5.2. Souvent négligés, mais pourtant cruciaux : les insectes pollinisateurs des Cévennes

En France, les insectes pollinisateurs regroupent : 1) les abeilles sauvages dont les bourdons et autres hyménoptères méconnus (sphéciformes, vespiformes, symphytes), 2) une grande diversité de mouches (diptères) dont les syrphes, 3) les papillons nocturnes (lépidoptères hétérocères) et diurnes (rhopalocères) et 4) différents coléoptères comme les cétoines, les longicornes, les méligèthes... Trois raisons principales motivent leur conservation : 1) ce sont des éléments de la biodiversité locale (presque 1000 espèces d'abeilles sauvages et plus 500 de syrphes en France), 2) ils pollinisent une grande majorité des plantes sauvages, et 3) assurent la pollinisation des cultures destinées à l'alimentation humaine. Face au déclin généralisé de l'abondance des insectes, un plan national d'actions en faveur des pollinisateurs existe depuis 2016 et un plan régional d'actions pour l'Occitanie est en cours de création.

À l'échelle des Cévennes, le Parc national se mobilise en ce sens. Une première analyse montre l'existence d'au moins 500 espèces d'abeilles sauvages et sans doute en réalité encore davantage, avec de nombreuses espèces spécialisées sur certaines plantes (campanules, épiaires, onosma…). Des endémismes marqués ont aussi été révélés dans certains îlots géographiques ou habitats originaux qui confèrent au Parc une responsabilité majeure dans la conservation d'espèces remarquables. Plusieurs actions sont prévues comme l'augmentation de la ressource et de la diversité florale, l'accompagnement des acteurs (communes, agriculteurs, forestiers) vers davantage d'aménagements et de pratiques favorables aux pollinisateurs, et la sensibilisation à cette faune omniprésente mais méconnue.

Les abeilles sauvages sont des anthophiles : elles se nourrissent exclusivement de nectar et alimentent leurs larves d'un mélange de nectar et de pollen. Mais les périodes prolongées de forte chaleur (35-45 °C) et/ou de sécheresse impactent fortement la disponibilité de la ressource nutritive et l'efficacité pollinisatrice du pollen. Elles désynchronisent également et perturbent durablement l'activité des pollinisateurs, et induisent parfois des fortes mortalités et/ou des chutes drastiques de reproduction surtout chez les abeilles montagnardes. En Cévennes, les années de fortes chaleurs estivales rendent aussi difficiles les cultures dont se nourrissent les pollinisateurs, comme la luzerne qui fleurit parfois très peu ; de plus, d'autres espèces nectarifères et pollinifères comme divers trèfles, sainfoin ou sarrasin sont de moins en moins cultivées. Enfin, la conservation des chardons s'avère cruciale pour l'alimentation estivale de nombreuses espèces. Par exemple, en été, l'abeille *Megachile lagopoda* se nourrit quasiment que sur les chardons (Photo 21) entre 800 et 1200 m d'altitude à l'instar de nombreuses autres espèces. Là encore, la combinaison de la hausse des températures (occasionnant une remontée en altitude des espèces) et de la réduction de la ressource (notamment par échardonnage local) est très impactante sur l'abondance de ces espèces, et à court ou moyen terme, sur leur conservation.



Photo 21. *Megachile lagopoda* femelle, une espèce d'abeille strictement inféodée aux Astéracées. (© David Genoud)

La présence, l'abondance et le maintien de populations de gros chardons (ici Cirsium eriophorum*), tout au long de la période de reproduction, conditionnent la présence des populations locales de cette espèce et assurent une ressource essentielle à bien d'autres taxons (bourdons, halictes, Tetraloniella…).*

5.3. Changement climatique et espèces emblématiques : le cas du papillon Apollon

L'Apollon (Photo 22) est un lépidoptère de grande taille présent dans tous les massifs de montagne de France continentale à des altitudes supérieures à 800 m. Il existait autrefois des populations à des altitudes inférieures (populations « abyssales ») qui ont toutes presque disparues. Là où il est encore présent, l'Apollon fréquente les habitats très ouverts, pelouses ou éboulis ensoleillés riches en Crassulacées (*Sedum* et *Semperivum*) dont se nourrissent les chenilles. Le cycle de développement de ce papillon est largement soumis aux conditions climatiques : les chenilles au stade larvaire passent la saison hivernale en diapause à l'intérieur d'un œuf. Cette diapause est levée après un séjour au froid de quelques mois.

Actuellement protégé, l'Apollon a pendant longtemps fait l'objet de prélèvements par des collectionneurs de papillons, ce qui a permis de relativement bien documenter la distribution de cette espèce tout au long du 20ème siècle. Les premières extinctions ont été observées dans le Jura à partir des années 60, et dans les Vosges et le Forez en 1976 (année de sécheresse). Largement distribuée dans les Préalpes, les populations y ont aussi fortement régressé au début des années 90. Mais c'est dans le Massif central que les disparitions de populations historiques ont été les plus marquées avec plusieurs populations éteintes en Corrèze, Cantal, Puy-de-Dôme, Haute-Loire et Ardèche. Sur le Mont Lozère, les dernières observations remontent au début des années 80. Dans les causses méridionaux, l'importante population du Causse du Larzac a disparu à la fin des années 80, et sur le Causse noir, autour de 2010. Dans le cadre d'un suivi mis en place par le

Parc national des Cévennes sur le massif de l'Aigoual, sa régression année après année et sa disparition en 2018 ont pu être observées. L'Apollon subsiste actuellement dans les Cévennes uniquement sur le Causse Méjean et le Causse de Sauveterre, avec des populations encore relativement importantes.

Le changement climatique est fortement suspecté pour expliquer ces disparitions locales, même si les paramètres climatiques explicatifs restent à être étudiés et identifiés. Sur une espèce proche de l'Apollon, une équipe de recherche canadienne a montré que l'absence de couverture neigeuse exposait les œufs à des températures hivernales trop basses pour qu'ils puissent survivre. Les changements climatiques peuvent nous révéler bien des surprises !



Photo 22. L'Apollon, *Parnassius apollo* (© Régis Descamps)

5.4. Pour les reptiles et amphibiens, le changement climatique reste une menace difficile à évaluer

Comme souligné à de multiples reprises, le climat a évolué de façon marquante au cours des 40 dernières années, avec des spécificités saisonnières marquées, notamment au niveau des températures printanières (Cf. §1.2), mars-avril étant une période clé pour les amphibiens et les reptiles. Dans le même temps, les pluies se sont faites moins abondantes avec un déficit de près d'un tiers aux alentours des années 2000 et la fréquence des épisodes caniculaires s'est par ailleurs fortement accrue, avec pour conséquence un assèchement précoce des pièces d'eau temporaires favorables à la reproduction des amphibiens.

Les effets de ces évolutions sur les amphibiens et les reptiles restent largement méconnus.

Le premier effet concerne le cycle de vie des espèces, avec un avancement notable des dates de sortie d'hivernage, en moyenne plus précoces de 20 jours (± 14,4) en Languedoc chez les amphibiens et de 14 jours (± 8,5) chez les reptiles (observations réalisées sur la période 1983-2014). Durant cette période, les dates moyennes de sortie d'hivernage se sont largement ajustées aux températures de février-mars et aux modifications climatiques observées à grande échelle. L'écart le plus marqué s'observe chez l'alyte accoucheur[23] (Photo 23), avec 43 jours de décalage entre 1983 et 2014 ! L'analyse inter-espèces de ces décalages montre que les reptiles méditerranéens ajustent mieux leur activité post-hivernale aux variations de températures que ne le font les reptiles médio-européens ou euro-sibériens, dont la plupart modifient pas ou peu leurs dates de sortie d'hivernage. On peut noter que l'espèce qui suit au plus près les changements de température est la couleuvre de Montpellier, seul serpent d'origine tropicale présentant un cycle sexuel de type vernal et non estival. Les amphibiens, quant à eux, répondent de manière hétérogène, sans qu'il soit possible d'en dégager une interprétation biogéographique ou biologique. Les effets éco-physiologiques de cet ajustement ou de cette absence d'ajustement restent à ce jour inconnus.

Le second effet concerne la démographie des espèces. Malgré le peu d'éléments à notre disposition, il semblerait que la survie des tritons crêtés adultes (espèce présente dans le Gard, mais absente du PNC) soit affectée par les variations climatiques observées, de même que le recrutement chez le sonneur à ventre jaune (espèce de crapaud) et la salamandre tachetée.

De façon générale, on peut penser que les amphibiens subissent de façon plus marquée le changement climatique, en raison des contraintes liées à la mise en eau des sites de reproduction. Cela concerne tout particulièrement les espèces à long développement larvaire, inféodées aux pièces d'eau temporaires dépourvues de prédateurs (poissons, écrevisses américaines) : tritons marbré et crêté, alyte accoucheur, pélobate cultripède et dans une moindre mesure, rainettes méridionale et verte. L'étude, durant 12 ans, d'une population de tritons crêtés située dans le Gard montre que la reproduction échoue au moins une année sur trois avec la fréquence actuelle des assecs. Les modélisations démographiques menées sur cette population suggèrent une probabilité d'extinction supérieure à 50 % sur 20 ans si le rythme d'assecs passe de 0,33 (valeurs actuelles) à 0,50. Ce risque, élevé, vaut sans doute pour bon nombre d'espèces à long développement larvaire, c'est-à-dire tributaires de l'eau au moins jusqu'à fin juin-début juillet. De fait, presque toutes les espèces d'amphibiens présentes dans la région sont face à un dilemme : une mise en eau assez longue pour se développer, mais avec des assecs suffisamment réguliers pour éliminer les prédateurs régulièrement introduits par l'homme !



Photo 23. Le crapaud accoucheur mâle (*Alytes obstetricans*) stimule « l'accouchement », récupère les œufs, les féconde et les place entre ces pattes arrières (© Bruno Descaves - PNC)

[23] Aussi appelé « crapaud accoucheur ».

De façon moins attendue, il est probable que l'affaiblissement des pluies soit également préjudiciable aux reptiles, principalement au moment des naissances en fin d'été. Chez la plupart des espèces, les éclosions se font en effet à la suite de bonnes pluies, soit pour profiter d'une humidité ambiante (les nouveaux-nés sont très sensibles à la dessiccation), soit pour quitter leur cavité de ponte. Certains étés très secs, on a pu en effet observer que les jeunes tortues cistudes mouraient piégées dans la cavité de ponte en raison de pluies trop tardives. Le retard des pluies de milieu-fin d'été a donc très probablement eu des conséquences sur la dynamique des populations de reptiles.

Du point de vue de l'avenir des espèces, le réchauffement climatique reste une menace potentielle encore difficile à évaluer. Il en va différemment des autres changements, et tout particulièrement de la reconquête forestière, très active dans le sud de la France sous l'effet de la déprise rurale. Plusieurs études montrent en effet l'assujettissement des amphibiens et des reptiles méditerranéens aux milieux ouverts, et leur faible présence dans les milieux boisés. Compte tenu de cela, on assiste, depuis une cinquantaine d'années, à un retrait des espèces méridionales et à une progression des espèces médio-européennes, en contradiction avec les attendus du changement climatique.

ZOOM 3

Le lézard vivipare témoin de la réaction des populations de reptiles au changement climatique

Dans le PNC, le lézard vivipare (Photo 24) est en limite méridionale de son aire de distribution. Cette espèce recherche donc les secteurs les plus froids en altitude et, sur le territoire du Parc, il ne semble présent que dans les massifs du Mont Lozère et du Bougès. Suivies depuis plus de 30 ans, ces populations sont des témoins-clés de la réaction des populations de reptiles aux changements climatiques.



Photo 24. Lézard vivipare, *Zootoca vivipara* (© Bruno Descaves - PNC)

Les importantes études dont il fait l'objet ont montré que les effets de la hausse importante des températures sur la morphologie, la physiologie et la démographie du lézard vivipare sont, d'une façon générale, positifs à haute altitude et négatifs à basse altitude. Le scénario suivant, c'est-à-dire avancement de la date de ponte (jusqu'à un mois) et accroissement plus rapide avec comme conséquences une plus grande taille de ponte et une survie adulte réduite, semble se confirmer. Le bilan démographique, positif ou négatif, dépend de la balance entre l'augmentation de la fécondité et la baisse de survie. Les populations situées en dessous de 1100 mètres d'altitude montrent aujourd'hui un bilan démographique négatif, avec une forte probabilité d'extinction d'ici 10 à 20 ans. Au-delà de cette altitude, la probabilité d'extinction est moindre, mais se situe malgré tout autour de 50 ans.

5.5. Les chauves-souris, sentinelles des changements climatiques et environnementaux dans les Cévennes d'hier, d'aujourd'hui et de demain

Les chauves-souris sont une composante majeure de la biodiversité notamment en raison de leur rôle dans la régulation des populations d'insectes nuisibles, la dispersion des graines et la pollinisation. Insectivores en Europe, elles peuvent consommer jusqu'à 70 % de leur masse corporelle chaque nuit. Depuis environ une décennie, les services écosystémiques qu'elles rendent en faveur de l'agriculture et de la sylviculture en consommant les insectes nuisibles sont scrutés. Or, dans le monde, 25 % des espèces de chiroptères sont menacées ou quasi-menacées d'extinction. Il est attendu que l'intensification agricole et les changements climatiques provoquent une perte des aires de répartition des insectes. À l'échelle de la planète, dans un des scénarios les plus optimistes de +2 °C et 50 % de perte d'aire de répartition, 18 % des insectes pourraient disparaître. Dans le contexte des Cévennes, on s'attend à une perte de 80 % des espèces végétales en lien avec la

réduction de la disponibilité en eau[26]. Ces conditions constituent une menace pour les chiroptères. La conservation des espèces menacées doit s'accompagner de la connaissance des climats et de l'environnement sur différentes échelles spatio-temporelles. L'analyse[27] des déjections (guano) et poils des chiroptères, comme indicateurs d'écologie et de climat, permettent d'accéder à ces connaissances. Une campagne d'échantillonnage a démarré en 2018 (collaboration PNC et ISEM[28]). Une bâche étendue sous la toiture d'une magnanerie localisée dans les Cévennes a permis de collecter mensuellement le guano du Petit rhinolophe. En parallèle, des poils de 40 chauves-souris (5 espèces différentes) ont été prélevés.

Les premières données recueillies montrent que le Grand rhinolophe et le Murin de Natterer consomment des insectes terrestres. Le Murin à oreilles échancrées se situe au niveau trophique le plus bas et se nourrit d'insectes terrestres (*i.e.* araignées et diptères) dans les milieux les plus humides des Cévennes. Les insectes consommés par le Petit rhinolophe (Photo 25) et le Murin de Daubenton semblent provenir principalement de milieux aquatiques (diptères). Enfin, les résultats issus des analyses de guano du Petit rhinolophe montrent des changements saisonniers importants qui pourraient être dus soit à des variations physiologiques saisonnières tout le long de la chaîne trophique (arbre-insecte-chiroptère), soit à la consommation du Petit rhinolophe visant des insectes de niveaux trophiques différents selon les saisons.

Les déjections des chauves-souris qui s'accumulent pendant des milliers d'années dans les grottes contiennent entre autres des restes d'insectes. Grâce à elles, les chercheurs identifient les changements de communautés d'insectes au cours du temps à partir desquels ils reconstruisent le régime alimentaire des chauves-souris, mais aussi l'évolution des paysages et du climat dans les Cévennes. L'importance des premiers résultats à partir de ces analyses sur les chauves-souris suggère qu'elles sont les sentinelles des changements du climat et de l'environnement dans les Cévennes d'hier, d'aujourd'hui et de demain, et qu'un observatoire des chiroptères-insectes-végétation s'impose.



Photo 25. Petit rhinolophe, *Rhinolophus hipposideros*, en hibernation dans une mine des Cévennes (© Jean-Pierre Malafosse)

5.6. Conséquences du changement climatique sur l'avifaune du Parc national des Cévennes

Il est souvent difficile d'expliquer dans les modifications de distribution des espèces observées la part relevant du changement climatique de celle des changements d'usages des terres. Ces changements d'usages ont été marqués depuis le milieu du 18ème siècle en Cévennes par un exode rural important, dont les conséquences ont été un abandon des terres les plus difficiles à exploiter. Cette déprise agricole a initié une reconquête de la forêt et une forte réduction des habitats agro-pastoraux. Ce sont ces changements de paysages qui ont été jusqu'à présent les plus visibles pour expliquer les changements de distributions des espèces.

Par ailleurs, même si l'avifaune est sûrement le groupe biologique le mieux connu et documenté, nous manquons de dispositifs de suivi historique pour renseigner précisément les changements d'abondance et de distribution de la grande majorité des espèces d'oiseaux. Dans le cadre du changement climatique, sont attendues une progression des espèces d'oiseaux d'affinité méditerranéenne et une régression des espèces d'affinité montagnarde. Certaines espèces suivent bien ce schéma global et un accroissement des effectifs des fauvettes d'affinité méditerranéenne est observé sur le territoire du Parc, comme c'est le cas de la Fauvette orphée (Photo 26) et de la Fauvette à lunette, ainsi qu'une remontée en altitude de la Fauvette pitchou et même l'apparition de la Fauvette mélanocéphale. On constate aussi une régression des espèces d'altitude comme le Bouvreuil pivoine ou le Venturon montagnard. Par contre, le maintien des petites populations d'altitude du Pipit spioncelle, du Merle à plastron et du Tarier des prés, trois espèces présentes sur le Mont Lozère, est menacé dans un avenir proche avec l'élévation attendue des températures. Il est par ailleurs fort probable que la population de Grand tétras, réintroduite par le Parc national des Cévennes depuis la fin des années 70 (époque où on ne parlait pas de réchauffement climatique), pâtisse déjà de cette élévation des températures.



Photo 26. Les fauvettes orphée (*Sylvia hortensis*) sont de plus en plus nombreuses sur le territoire du Parc (© Régis Descamps)

[26] D'après une étude réalisée à l'échelle européenne sur la distribution, à la fin du 21ème siècle, de 1350 espèces de plantes selon sept scénarios de changement climatique (Thuillier et *al.,* 2005).

[27] Grâce à l'étude des isotopes stables (carbone, azote, souffre, oxygène, hydrogène) des guanos.

[28] Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier (ISEM), Université de Montpellier (CNRS, IRD, EPHE, CIRAD, INRAP).

Toutefois, quelques espèces échappent à ce schéma classique. Les premiers contacts de la Chouette de Tengmalm, espèce boréo-alpine, datent de la fin des années 80 dans les Cévennes. On assiste depuis à un accroissement de sa population dans les forêts de l'Aigoual et du Mont Lozère. Le Traquet oreillard, espèce méditerranéenne dont il existait une petite population connue de longue date sur le Causse Méjean, a disparu récemment. La forte médiatisation du réchauffement climatique et de ses conséquences sur la biodiversité a occulté le fait que la distribution des espèces n'est pas uniquement dépendante des données climatiques, mais aussi localement de la qualité des habitats. En effet, les dynamiques de recolonisation des ligneux, en lien avec la déprise agricole et le vieillissement de certaines forêts de montagne, ont permis d'offrir de nouveaux habitats favorables à la Chouette de Tengmalm et peut-être d'altérer les habitats ouverts du Traquet oreillard.

5.7. Conséquences du changement climatique sur les rapaces nécrophages du Parc national des Cévennes

L'histoire du Parc national des Cévennes est intimement liée à celle du retour des grands nécrophages dans les Grands Causses. La réintroduction du Vautour fauve (Photo 27), initiée à la fin des années 60 par des naturalistes passionnés, fondateurs du Fond d'intervention pour les rapaces rattaché depuis, à la Ligue pour la protection des oiseaux, fut appuyée très tôt par le PNC naissant, dont des agents suivront ce programme, pour certains même tout au long de leur carrière. Après un lâcher infructueux au début des années 70, un « stock » d'oiseaux (constitué grâce à des programmes d'élevage en captivité) fut créé dans les gorges de la Jonte et 61 individus, majoritairement adultes, furent relâchés de fin 1981 à 1986. Depuis 1982, cette population connaît une croissance exponentielle naturelle typique pour une réintroduction conduite dans des habitats favorables et non limitants. Aujourd'hui, plus de 700 couples de Vautours fauves nichent le long des Grands Causses (Méjean, Sauveterre et Noir). Ce retour fut suivi, de façon spontanée et sans intervention humaine, de celui du Vautour percnoptère dès 1983, puis de la réintroduction du Vautour moine dès 1992 et du Gypaète barbu depuis 2012, restaurant ainsi la guilde des quatre vautours européens au sein du PNC.

Le suivi démographique de ces réintroductions permet de mieux comprendre l'écologie de ces espèces et les conditions de la viabilité à long terme de ces populations, d'autant plus important que les changements globaux en cours et à venir, notamment climatiques, n'épargnent pas le territoire du PNC. Ainsi, la longévité du Vautour fauve a pu être estimée pour la première fois en nature grâce à ces suivis, révélant une sénescence à partir de l'âge de 28 ans qui s'avère liée aux fluctuations climatiques subies tout au long de la vie. Concernant la reproduction, la disponibilité d'habitat de nidification de bonne qualité semble pérenne pour le Vautour fauve, le percnoptère et le gypaète qui nichent en falaises. En revanche, le Vautour moine niche, lui, en cime des arbres et la modélisation de la disponibilité future de ses habitats favorables sous l'effet du changement climatique semble montrer une évolution positive dans le PNC, situé en limite nord de son aire de répartition, mais qui dépendra aussi de la gestion des milieux forestiers. *In fine,* ces nécrophages contribuent fortement à la réduction du bilan carbone des activités d'équarrissage en recyclant naturellement et localement les cadavres d'animaux sauvages, mais aussi et surtout, domestiques dont ils s'alimentent. Si cet argument utilitaire contribue à l'acceptation de leur retour dans les zones agropastorales, il ne peut pourtant pas en constituer l'unique justification. Dans la filiation de l'esprit des pionniers qui ont pensé leur réintroduction, ces rétablissements de populations doivent d'abord être compris comme une nouvelle forme de respect du vivant, une chance redonnée aux trajectoires écologiques et évolutives des formes de vie qui nous entourent. Les 50 ans du PNC ont ouvert la voie de cette coexistence renouvelée. Souhaitons que les 50 prochaines années en assurent la pérennité.



Photo 27. Vautours fauves (*Gyps fulvus*) et moines (*Aegypius monachus*) s'alimentant avec une carcasse de brebis sur une placette d'équarrissage naturel, Causse Méjean (© Olivier Duriez)

5.8. Sciences participatives et espaces protégés : une complémentarité à ne pas négliger

Les effets du changement climatique sur la biodiversité sont encore mal connus, car ils sont parfois difficiles à percevoir et à dissocier des autres facteurs anthropiques. Ils sont aussi très variables selon les profils des territoires et les capacités d'adaptation des espèces. Améliorer nos connaissances reste une clé fondamentale pour mieux comprendre et évaluer les impacts du changement climatique sur la biodiversité. En une trentaine d'années, les sciences participatives sont devenues incontournables, permettant de documenter la dynamique de la biodiversité sur des étendues spatiales et temporelles qu'aucun laboratoire de recherche, ou qu'aucune agence de gestion de la nature, n'aurait les moyens de réaliser. En outre, elles ciblent souvent des espèces communes dont le suivi n'est pas prioritaire au sein des espaces protégés. Pourtant, la biodiversité commune est essentielle à la conservation, car elle assure une grande majorité des interactions écologiques qui structurent les écosystèmes.

Début 2020, une étude visant à évaluer l'effet des réserves du programme Man and Biosphere (MAB) de l'UNESCO sur la biodiversité commune a été entreprise à partir des données de Vigie Nature. Vigie Nature regroupe un ensemble de programmes participatifs de suivi de la biodiversité, coordonnés par le Muséum national d'Histoire naturelle, et déclinés à différents groupes taxonomiques : plantes, invertébrés, oiseaux ou chauves-souris. Ces programmes, dont le plus ancien concerne les oiseaux communs depuis 1989, visent la collecte des données standardisées et s'adressent à tous types de publics, des amateurs aux naturalistes aguerris. Sur la base de ces données a été conduite une tentative de comparaison des tendances temporelles d'abondance des espèces communes à l'intérieur et à l'extérieur des réserves de biosphère, dont le Parc national des Cévennes, reconnu à ce titre par l'UNESCO depuis 1985. Le résultat le plus surprenant ne concerne pas les tendances en elles-mêmes, ni la capacité des aires protégées à améliorer l'état de la biodiversité, mais l'impossibilité de tirer de telles conclusions à partir des données disponibles. En effet, si les données récoltées à l'extérieur des réserves MAB permettent de calculer des tendances d'abondance temporelles robustes, celles à l'intérieur des réserves sont insuffisantes pour la plupart des groupes taxonomiques sur l'ensemble des réserves du réseau MAB français. À l'échelle du Parc national des Cévennes par exemple (Figure 16), certains suivis sont trop récents (chauves-souris), anecdotiques (flore) ou insuffisants depuis 2014 (oiseaux communs).
L'origine exacte de ce manque de données n'est pas claire : démobilisation des participants aux programmes Vigie Nature, données collectées mais non transmises… Quoiqu'il en soit, un message important peut être dégagé : dans les réserves de biosphère, la collecte de données participatives suivant des protocoles nationaux à long terme doit être renforcée. La coordination d'une animation durable et soutenue des suivis participatifs garantirait une veille de la dynamique de la biodiversité commune, importante dans la perspective des changements climatiques, à coûts très réduits. L'implication du public dans de tels programmes contribue par ailleurs à la sensibilisation et l'éducation à la nature. Enfin, ces données de protocoles standardisés permettraient de comparer l'état de la biodiversité des espaces protégés avec celui d'autres territoires, en France ou à l'international, seul véritable moyen de mesurer leur capacité à remplir une de leurs vocations premières : protéger la Nature.

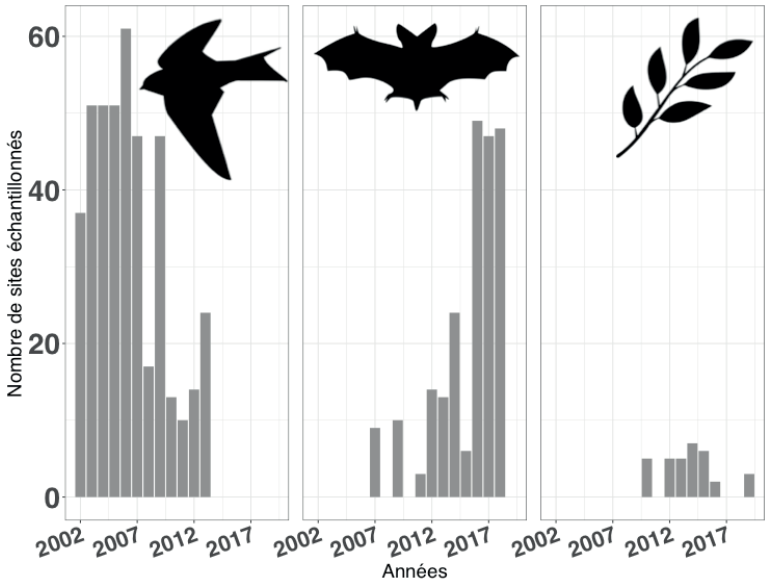


Figure 16. Nombre de sites échantillonnés de 2002 à 2019 dans le Parc national des Cévennes à travers les programmes de sciences participatives Vigie Nature (MNHN), pour le suivi des oiseaux communs, des chauves-souris et de la flore.

ZOOM 4

Technologies mobiles et identification automatisée pour le suivi de la flore : l'application Pl@ntNet-Cévennes

La grande diversité des habitats naturels du Parc national des Cévennes héberge une flore riche, composée de plus de 2300 espèces (plantes à fleurs et fougères), soit plus du tiers de la totalité de la flore française sur seulement 0,5 % du territoire national. Le Parc national, le collectif Fiesta Botanica et le consortium de recherche Pl@ntNet se sont associés pour établir un dispositif participatif de recensement et suivi de la biodiversité végétale. Celui-ci s'appuie sur une plateforme web et mobile, permettant à toute personne intéressée, de produire, déterminer et partager des observations illustrées de plantes, contribuant ainsi à affiner la connaissance de la flore locale. L'identification des espèces, qui s'appuie sur les techniques les plus récentes de reconnaissances visuelles automatisées (« intelligence artificielle »), permet ainsi aussi bien à des spécialistes (gardes, guides, agriculteurs, etc.) qu'à des non-spécialistes (élèves, randonneurs, etc.) de participer à cet inventaire collaboratif. L'adaptation de la plateforme Pl@ntNet à la flore des Cévennes a été rendue publique au début du mois de juin 2020. Grâce à une approche à la fois exhaustive, ludique et largement accessible de la flore, elle permettra, nous l'espérons, une forte contribution du public à l'étude de l'évolution de la flore tout en renforçant la formation et l'éducation à l'environnement. Le Parc des Cévennes est ainsi le premier parc national de métropole à s'approprier ce type de démarche, à la frontière entre sciences citoyennes, numériques et végétales.

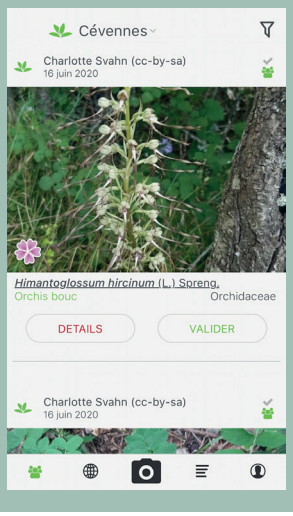


Photo 28. Exemple de contribution sur l'interface mobile de Pl@ntNet-Cévennes

6. Le changement climatique : quelles conséquences sur nos pratiques et nos modes de vie ?

Les chapitres précédents ont permis de mettre en évidence que le changement climatique est une réalité présente, avec des conséquences déjà visibles sur les ressources en eau, les activités agricoles et les écosystèmes en général. Même si nous réduisions drastiquement dès aujourd'hui les émissions mondiales de gaz à effet de serre, la tendance au réchauffement continuera *a minima* jusque dans les années 2050. Il n'est donc plus question aujourd'hui d'opposer les politiques d'atténuation (réduction des gaz à effet de serre) aux mesures d'adaptation. Augmenter la résilience de nos activités socio-économiques et plus largement de nos territoires est nécessaire, mais ce ne sera efficace que si nous arrivons à limiter la hausse de la température moyenne globale à 2 °C. Faire évoluer nos habitudes, nos savoir-faire, nos pratiques et nos systèmes de gouvernance est donc aujourd'hui incontournable dans ce contexte de changement global (climat, biodiversité, crises sociales et sanitaires). Incontournable, mais très complexe à mettre en œuvre. Les sciences humaines et sociales en étudiant nos façons de faire, nos perceptions, etc., mais aussi en expérimentant sur la mise place de nouvelles pratiques ou de nouvelles formes de gouvernance multi-acteurs et participatives, sont susceptibles d'apporter des réflexions, voire des outils capables d'accompagner les acteurs de ces changements dans la mesure où les connaissances acquises seront transmises de la façon la plus efficace possible et facilement appréhendables. Comme les parcs naturels régionaux, les parcs nationaux doivent aujourd'hui jouer ce rôle de facilitateurs dans le transfert des connaissances scientifiques, d'accompagnateurs, voire d'expérimentateurs.
Ce chapitre présente de façon transversale, mais non exhaustive à l'instar des autres chapitres, des réflexions et des retours d'expériences sur les différents leviers nécessaires à la transformation écologique et énergétique dans le territoire du Parc concernant les problématiques énergétiques, de mobilité, d'alimentation et de santé, de tourisme et de gouvernance.

6.1. L'adaptation aux changements climatiques : cadrage théorique

Face aux changements climatiques qui émergeaient peu à peu comme une problématique prioritaire dans les agendas politiques internationaux, il a d'abord été évoqué d'établir une « stratégie de riposte ». Le terme « adaptation » a davantage été consacré dans les années 90, notamment dans le 2ème rapport du GIEC (1995) où on note son apparition. À cette époque d'incertitudes scientifiques sur l'ampleur des impacts du phénomène, il a été choisi de distinguer les actions s'attaquant aux causes du problème de celles ayant pour vocation de se charger de ses conséquences. La dichotomie entre « mitigation » et « adaptation » était née, entraînant avec elle une distinction entre experts, chercheurs, fonds ou priorités politiques se vouant à l'une ou à l'autre des réponses. Toutefois, ces cloisonnements se sont progressivement estomper au fur et à mesure des cumuls d'expériences et de connaissances liées à la mise en œuvre d'actions de terrain. Parallèlement, les

réflexions théoriques sur les contours de l'adaptation aux changements climatiques continuaient au sein de disciplines scientifiques de plus en plus interconnectées et s'enrichissant des travaux portant sur le développement durable, sur la gestion des risques ou encore sur l'interrelation avec d'autres problématiques environnementales.

En 2014, le 5ème rapport du GIEC diffusait plus largement le résumé de ces évolutions, dévoilant un glossaire dans lequel l'adaptation tenait plus de place que lors de ces deux précédentes moutures (2001 et 2007), témoin des influences, des enjeux et de la mosaïque d'interprétations de ce que la notion renvoyait au sein des diverses communautés de chercheurs. Encore aujourd'hui, la notion d'adaptation est régulièrement discutée et mise en comparaison avec d'autres concepts tout aussi complexes (vulnérabilité, résilience, transition) utilisés dans le champ des changements climatiques, et nul doute que le 6ème rapport du GIEC (2021) ouvrira de nouvelles perspectives théoriques.

Quoiqu'il en soit, l'adaptation aux changements climatiques est aujourd'hui habituellement présentée sous deux formes : l'adaptation dite « incrémental » et l'adaptation appelée « transformationnelle ». La première, définie par le GIEC comme des « mesures d'adaptation ayant pour objectif principal le maintien de la nature et de l'intégrité d'un système ou d'un processus à une échelle donnée » ont pour caractéristiques de produire des réorganisations « à la marge », répondant au coup par coup et sur le court terme aux aléas climatiques dans le souci principal de « se protéger » et gérer les impacts climatiques. La seconde, définie par le GIEC comme des actions qui « changent les éléments fondamentaux d'un système en réponse au climat et à ses effets » appelle davantage un système à se réorganiser de manière plus radicale et sur le long terme, en prenant en compte les enjeux dans une optique systémique et décloisonnée. Que ce soit l'une ou l'autre des réponses, l'enjeu d'adaptation aux changements climatiques réside avant tout dans le degré et l'intention de transformation (Figure 17).

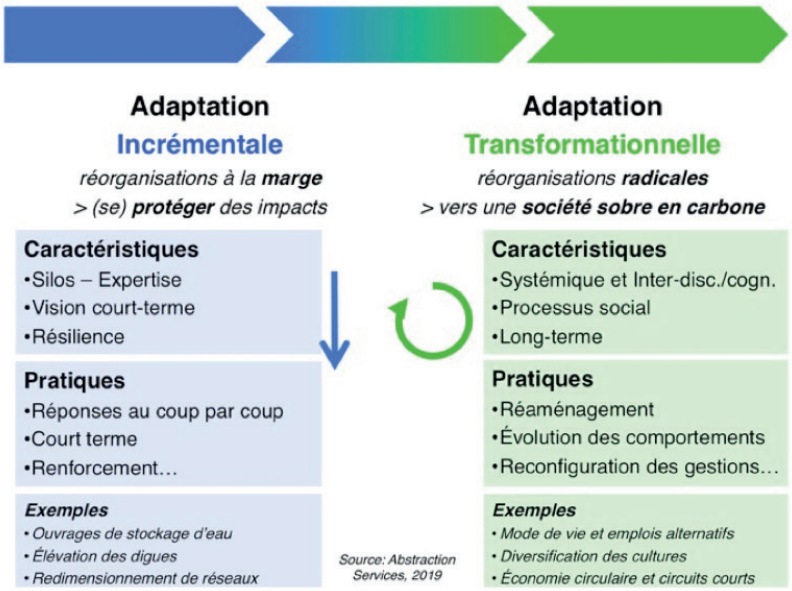


Figure 17. Adaptation incrémentale et adaptation transformationnelle (source : Abstraction Services, 2019)

Parole d'acteur

Face à l'urgence climatique, le maire d'une petite commune rurale de 980 habitants peut-il contribuer à la transition sociale énergétique vers le monde d'après ?

« Je me souviens, il y a quelque années, nous avions lancé une étude concernant la restauration de la châtaigneraie sur notre territoire. Il a fallu se rendre à l'évidence, la limite basse de la culture du châtaigner remonte inexorablement et cela a contrarié notre projet. Nous l'avons perçu comme un exemple concret du changement climatique. Cette année, la crise de la COVID-19 nous a permis de redécouvrir l'agriculture de proximité et de nous éclairer sur le besoin de la repenser en lien avec les zones agricoles parfois abandonnées et le développement d'une filière locale. Se poser la question de la fabrication sur place avec des produits locaux dans notre restaurant scolaire est un acte fort, hautement symbolique et porteur d'espoir pour une économie locale fragile.
Ces exemples concrets nous encouragent à persévérer dans le développement de programmes à l'échelle de la commune, mais aussi à l'échelle de la communauté de communes du Pays des Vans en Cévennes qui est la bonne taille (10000 habitants) pour réfléchir à la mise en œuvre de programmes de rénovation énergétique, au développement de l'énergie renouvelable et au maintien de la biodiversité.

Nous devons situer notre action en continuant à sensibiliser les habitants sur des gestes simples quotidiens comme le tri des biodéchets, de leur éventuelle valorisation sous forme de compost ou de méthanisation, ou comme sur une utilisation économe et citoyenne de l'eau. D'autre part, la revitalisation et l'aménagement du centre du village doivent être repensés collectivement et participer au bien-être des habitants en prenant en compte la mobilité au quotidien, en laissant une large place aux vélos, en favorisant des zones de fraîcheurs et en veillant un maintien des services publics de proximité.
Il faut aussi un peu compter sur la sagesse de l'homme. Avec les habitants de nos communes rurales, nous sommes des petits colibris qui apportons notre contribution modeste, mais nous faisons notre part ! »

Thierry Bruyere-Isnard, maire de la commune de Saint-Paul-le-Jeune et vice-président de la communauté du Pays des Vans en Cévennes[29].

[29] En charge de la transition énergétique, de l'économie, de l'économie sociale et solidaire et des énergies renouvelables.

6.2. Le pacte territorial, un droit pour une résilience à l'échelle de l'intercommunalité

« Il est trop tard pour le développement durable, il faut se préparer aux chocs et construire dans l'urgence des petits systèmes résilients », Dennis Meadows, 2013[30].

La notion de pacte, qui vient de « *pax* » (la paix en latin), désigne une convention de caractère solennel. On passe du conflit à la paix en évitant le recours à la force, ce qui ramène à la définition de la négociation. L'enjeu du pacte pastoral se situe dans un projet de territoire générant un commun territorial où tout le monde gagne à une mobilisation collective pour une communauté de destin.
Deux questions se posent vis-à-vis de l'urgence écologique/climatique pour y faire face : celle de l'échelle d'action (le « où ») et celle du modèle démocratique (le « comment »). Nos travaux ici privilégient l'échelle territoriale, comme « systèmes résilients » que sont les intercommunalités dont la gouvernance pourrait se définir par une « intendance territoriale ». Le comment est une démocratie davantage contributive que participative (instance de concertation), portée par le droit international, européen et national. La jonction des deux, l'échelle du territoire et la démocratie participative, a conduit les chercheurs à s'interroger sur une régulation juridique territoriale négociée ; négociée, car discutée entre acteurs intervenant sur le territoire, directement ou indirectement.

Co-construire le droit par un pacte territorial

On part d'un processus de négociation conduisant à définir un entre-deux : une combinaison entre droit local (territorial) et droit commun (national) à travers un projet de territoire. Le résultat est une régulation co-construite conçue comme révisable et évolutive, voire souple et flexible. L'objet en question est bien la régulation elle-même : règles et normes sont discutées entre deux ordres de conduite, État et territoire. Les deux se retrouvent sur une intersection aboutissant à la formation d'un droit négocié qui peut être identifié comme un droit dit « de régulation », c'est-à-dire d'orientation des décisions, des actions et des pratiques. L'enjeu se situe dans la mise en relation des légitimités locales avec la légalité nationale et ce, au moyen d'une boucle de rétroaction : car le local et le global ne sont pas séparables et interagissent entre eux.

Dans l'échelle normative, par son adoption à travers une délibération locale, le pacte constitue un acte administratif dont les effets sont territoriaux. Ici, il se définit dans du droit plus souple que coercitif tout en étant prescriptif, et constitue une création normative qui oblige l'ensemble des acteurs par la légitimité procurée dans sa formation même. Dans le paysage juridique, le pacte naît d'un processus de délibération (droit local) et sa création se réalise par un processus de co-construction reposant sur une mise en forme d'interactions entre des acteurs, pour « construire ensemble ».
L'adoption d'un pacte territorial est issue du champ de compétences conférées par le législateur aux intercommunalités « en lieu et place des communes pour la conduite d'actions d'intérêt communautaire » dans l'aménagement de l'espace, la protection et mise en valeur de l'environnement et le développement économique (art. L5214-16 du code général des collectivités territoriales). Un processus expérimental de pacte adopté est entré en vigueur en Occitanie, et nulle part ailleurs (ce qui fait son caractère expérimental) : le texte du pacte se trouve sur le site de l'intercommunalité Causses Aigoual Cévennes[31]. Cette dernière le fait vivre par un programme d'actions dirigé par une animatrice dédiée.

Penser le droit comme projet de territoire

Le projet de territoire constitue une feuille de route surtout pour les prises de décisions et les politiques publiques aux échelles communale et intercommunale. La rédaction du pacte ne relève pas de la gestion (il n'est ni un plan de gestion, ni un code de bonne conduite), mais d'une régulation juridique, une production de règles génératrices de contraintes consenties et légitimées par le processus de co-construction. Le pacte, comme droit négocié, traduit une autorégulation associée au droit commun, comme réponse à l'adaptation du droit aux contextes socio-écologiques. L'expérimentation du pacte pastoral intercommunal matérialise une nouvelle forme de gouvernance en dépassant la participation par des procédures de concertation pour un processus d'apprentissage d'une démocratie contributive.

[30] D'après Meadows Dennis, il est trop tard pour le développement durable, in Agnès Sinaï (dir.). *Penser la décroissance, politiques de l'Anthropocène,* 2013, Les Presses de Sciences Po, 195-210.
[31] https://caussesaigoualcevennes.fr/competences/pacte-pastoral/

6.3. Mieux prévenir les crises sanitaires à l'échelle des territoires : l'exemple des maladies transmises par les tiques en Occitanie

Les maladies infectieuses, telles qu'Ébola, celles causées par des coronavirus (comme la COVID-19 par exemple) ou encore les maladies à transmission vectorielle, qu'elles touchent l'homme ou l'animal, sont en expansion en raison des transformations économiques, politiques et sociales accentuées par les bouleversements climatiques et écologiques globaux. Dans ce contexte, les résultats issus de la recherche constituent une base pour co-construire, avec les acteurs de la société, des recommandations visant à mieux gérer, localement notamment, les dynamiques qui sont liées à ces nouveaux risques sanitaires dans un cadre systémique reconnectant les domaines économique, environnemental et sanitaire.

La crise COVID-19 nous a amenés à repenser les liens que nous établissons, collectivement et individuellement, entre la santé des hommes et celle des animaux, mais aussi celle des écosystèmes dans lesquels nous vivons. Si la gestion de ce type de crise appelle bien-sûr des réponses immédiates, des mesures urgentes et des moyens pour contrôler la maladie et ses effets, elle implique également de concevoir des mesures de prévention à long terme. De profonds changements de pratique, dans le cadre de la transition agroécologique et des changements climatiques notamment, contribueraient à mieux nous prémunir collectivement contre les crises sanitaires, environnementales et sociales à venir. En effet, les crises sanitaires telles que celles que nous vivons avec la COVID-19 nous poussent à nous interroger sur les choix que fait une société à propos de ses systèmes de production, agricoles notamment. Dans ce cadre, comment le fait de mettre en œuvre une transition agroécologique pourrait contribuer à mieux nous prémunir contre les crises sanitaires et environnementales à venir ? Comment prendre pleinement en considération la dimension sociale et économique de cette transition ? Comment évaluer les liens de cause à effet entre pratiques agroécologiques et amélioration globale de la santé au niveau d'un territoire ? Et comment, sur cette base, engager les habitants d'un territoire dans un changement de pratiques qui serait le fruit d'une négociation collective ?

La problématique particulière de la présence de tiques et de la diffusion de maladies transmises par les tiques sur un territoire rural soulève ce type de questionnement et appelle à une collaboration avec les acteurs du territoire. Ces méthodes et les outils qu'elles génèrent sont le fruit d'une collaboration transdisciplinaire. Leur mise en œuvre s'appuiera sur la coopération entre des acteurs de la santé, de l'agriculture, de l'environnement, du secteur privé et public dans le cadre d'une approche intégrée de la santé de type « Une seule Santé » (One Health), au niveau de dispositifs territoriaux de type « Living Labs ».

Un projet en cours dans le cadre d'un financement MSH-Sud (projet SANSEO[32]) explore la pertinence d'une telle démarche au niveau du Parc naturel régional des Grands Causses (espace protégé sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO en tant que paysage culturel de l'agropastoralisme méditerranéen). SANSEO s'attache à comprendre la perception des enjeux (écologiques, environnementaux, sanitaires et économiques) associés aux tiques et aux maladies transmises par les tiques par les acteurs du territoire, ainsi que le lien qu'ils font avec la santé globale de leur territoire. Le projet souhaite également explorer des pistes de gestion collective des risques associés aux tiques dans un contexte où les activités agropastorales (production de lait dans le « système Roquefort » et élevage extensif pour la production de viande ovine) et le tourisme constituent les piliers de l'économie locale.

Cette démarche participative permet de comprendre les processus socio-écologiques à l'œuvre et leur impact sur la santé des hommes, des animaux, des végétaux et de l'environnement au sens large, à l'échelle des territoires. Elle a surtout pour vocation de se doter de moyens pour définir collectivement ce que l'on entend par « un territoire en bonne santé » (quels en sont les attributs et les propriétés, au-delà des seuls indicateurs biologiques ou économiques) et pour négocier sur cette base les changements qui s'imposent.



Photo 29. *Ixodes ricinus* (© Erik Karits-Pixabay)

Sur le territoire du Parc, 2 espèces de tiques sont présentes : **Ixodes ricinus** *(tique du mouton) présente en climat méditerranéen dégradé et montagnard, qui peut transmettre la maladie de Lyme et* **Hyalomma marginatum** *présente en climat méditerranéen, qui peut transmettre à l'homme le virus de la fièvre hémorragique Crimée-Congo (FHCC)*

[32] https://www.mshsud.org/programmes/equipes-projets-msh-sud/216-sanseo

6.4. L'énergie citoyenne, levier pour la transition énergétique ?

La transition écologique des territoires peut s'organiser à partir de multiples leviers. L'autonomisation des territoires en matière d'énergie en est un[33]. Dès lors que l'on se focalise sur le volet énergétique de la transition écologique, une des voies pour l'accélérer consiste alors à impliquer les habitants dans le développement de projets participatifs et/ou citoyens d'énergie renouvelable (EnR).
Dans un cas, il s'agit de projets contributifs (participation financière), dans l'autre, il s'agit plutôt du soutien à l'émergence de ce que l'on tend à nommer « les communautés d'EnR » ou « les communautés citoyennes d'énergie ». Ces communautés impliquent de façon concrète (production, consommation maîtrisée, mais aussi partage de l'énergie) et sur le temps long, les acteurs locaux (dont les habitants) dans la gouvernance du projet.
L'Europe a récemment reconnu ces communautés comme une opportunité pour accroître la participation des citoyens à la transition écologique. Il ne s'agit plus de construire des projets sur les territoires, mais bien davantage de penser et coproduire des projets de territoire, avec les territoires[34]. L'article 22 de la directive EnR de 2019 préfigure la conception de stratégies nationales de soutien aux acteurs de l'énergie citoyenne et au déploiement des initiatives locales. Cela représente un réel soutien à la réappropriation citoyenne des questions énergétiques.
C'est ainsi qu'en France, on recense un grand nombre de projets de production d'énergie locale en plein développement. Ils prennent la forme de coopératives locales, de centrales villageoises, de toits solaires, de groupements de fermes solaires ou de parcs photovoltaïques citoyens, de parcs éoliens participatifs, de groupements d'éoliennes citoyens, de microcentrales hydro-électriques en énergie partagée, de collectifs de production de chaleur à partir de déchets, etc.
L'enjeu de ces formes d'appropriation locale de production d'EnR est triple :

- totalement ancrées sur le territoire, elles constituent une réelle opportunité pour monter en compétences et sensibiliser dans les réseaux de proximité aux questions liées à l'énergie ;

- centrées sur les habitants et une culture énergétique partagée, elles les investissent d'une mission de porte-parole de la transition énergétique ;

- enfin, elles mobilisent l'épargne de proximité et garantissent des retombées économiques locales : emploi, financement de travaux de MDE, proposition de services énergétiques, restauration-conservation du patrimoine local, installation de nouveaux arrivants (agriculteurs, artisans…).

Dans un territoire comme le Parc des Cévennes, on peut citer :

- Energ'Ethic dans la commune du Vigan (30) : trois toitures de 100 kWc sont concernées. Le projet coopératif a été pensé dans un esprit de démocratie énergétique avec l'ambition de combiner la transition écologique et le développement local, social et solidaire ;

- on peut également citer l'association collégiale Les survoltés d'Aubais dans le Gard qui porte un parc solaire de 250 kWc construit sur une ancienne décharge grâce à une aide de la Région Occitanie, ainsi qu'aux investissements de plus de 270 sociétaires citoyens. Ce parc solaire permet d'approvisionner les besoins en énergie (hors chauffage) de 150 foyers ;

- dans la zone périphérique du Parc des Cévennes, on trouve aussi le projet Cévennes durables à Saint-Michel-de-Dèze (Photo 30), commune adhérente à la charte du Parc. Il s'agit de la mise en exploitation de trois centrales photovoltaïques portée en collaboration avec des collectivités lozériennes. Cévennes durables vend son énergie à Enercoop et développe quatre autres projets depuis 2019 ;

Énergie Partagée et Enercoop jouent un rôle central pour accompagner ces initiatives. Énergie Partagée examine et garantit la démarche citoyenne des projets à partir des 4 piliers de sa charte (soit 23 critères) : ancrage local, exemplarité environnementale, gouvernance transparente et démocratique, visée non spéculative. Un suivi permet de vérifier cette démarche tout au long du projet. Enercoop, rachète l'électricité produite selon un tarif de rachat qui garantit une certaine rentabilité aux projets.



Photo 30. Toit photovoltaïque dans le cadre du projet Cévennes durables à Saint-Michel-de-Dèze (© Cévennes durables)

[33] Dans le cadre de sa charte (4.3/4.3.2) le Parc national des Cévennes peut contribuer au développement des énergies renouvelables en accordant la priorité aux équipements de production d'énergies renouvelables domestiques. Les projets d'énergies renouvelables à grande échelle sont par contre encadrés. Les fermes éoliennes et les éoliennes individuelles ayant un mât de plus de 12 mètres de haut, ainsi que les champs photovoltaïques de plus de 250 kWc sont exclus du périmètre inscrit au patrimoine mondial de l'humanité (Unesco), car jugés en contradiction avec sa valeur universelle exceptionnelle.
[34] Carte des projets accompagnés par Énergie partagée en 2020 : https://energie-partagee.org/energie-citoyenne/tous-les-projets/

6.5. Transition énergétique : le regard des acteurs du territoire sur la mobilisation des biomasses

La biomasse d'origine forestière, agricole ou urbaine représente plus de 55 % de la production française d'énergie finale. Sa mobilisation est avant tout une affaire locale : les territoires sont au cœur de l'action climat-air-énergie à travers les documents de planification territoriale et la coordination des actions locales en termes de transition énergétique. Le projet CAP-BIOTER[35] avait ainsi pour objectif d'évaluer l'impact et la capacité d'adaptation de 3 territoires labellisés « réserves de biosphère » à une mobilisation accrue des biomasses, parmi lesquels le Parc national des Cévennes.

On estime à environ 116 000 m^3 par an la récolte de bois rond dans le périmètre du PNC, dont 25 % environ seraient utilisés en bois-énergie (bois bûche, plaquettes et granulés). La filière bois-énergie, si elle reste minoritaire sur le territoire, tend à se développer avec l'installation de chaufferies bois collectives et d'usines de cogénération. La circulation de la biomasse-énergie produite dans les Cévennes dépasse le seul territoire du Parc, en intégrant les villes-portes de Mende et d'Alès, voire des départements limitrophes (Figure 18). Ainsi, par exemple, si le bois bûche est majoritairement exploité et valorisé localement en circuit court, la plaquette forestière et une partie des connexes de scierie proviennent principalement de flux importés depuis des régions voisines. Sur la base de ces estimations, 910 GWh seraient générés par an, par la combustion et la cogénération dans le périmètre du Parc.

La forêt occupe près de 58 % de la surface du Parc national des Cévennes. Il s'agit d'un gisement potentiel de biomasse-énergie qui reste faiblement exploité : les prélèvements annuels représentent moins de 15 % de l'accroissement naturel de la forêt. Il faut dire que la réalité de terrain est complexe. Sur la base des hypothèses formulées dans le cadre de ce projet de recherche, et si l'on prend en compte les enjeux d'accessibilité, de morcellement foncier et de pente, l'exploitabilité actuelle ne permettrait d'envisager qu'une faible marge de progression (environ +2 % de l'accroissement naturel récoltable).

À travers la conduite de trois campagnes d'entretiens menées entre 2016 et 2017, la parole de plus de 60 acteurs du territoire a pu être recueillie en vue d'identifier des dynamiques de transition énergétique du territoire pouvant fortement influer le développement des Cévennes à l'horizon 2030. En janvier 2018, un atelier participatif a réuni une vingtaine de participants (élus, agriculteurs, institutionnels) afin de co-construire des futurs possibles en se basant sur ces dynamiques. Trois récits des futurs possibles ont émergé de ces réflexions :

- scénario « Technologie et Savoir-faire » : en 2030, le recours à de nouvelles technologies, améliorant l'exploitation durable de la forêt et le rendement du bois-énergie, permettra une meilleure extraction et valorisation du bois. Ces technologies articulées aux savoir-faire locaux permettront de valoriser la ressource locale, en favorisant le développement de micro-projets de valorisation énergétique ;
- scénario « Projet Territoire Innovant » : en 2030, les Cévennes développeront un projet de territoire innovant basé sur le renforcement de la solidarité territoriale. Cette solidarité s'exprimera à l'échelle du hameau, par la mise en place d'équipements mutualisés favorisant une consommation locale des biomasses ;
- scénario « Information et Sensibilisation » : en 2030, pour améliorer les connaissances et motiver les élus, des animations, échanges de savoirs et conseils seront organisés au regard des enjeux de mobilisation des ressources naturelles. Cette sensibilisation croissante permettra le développement de la demande (émergence de micro-projets citoyens), de l'offre (regroupement de propriétaires forestiers), et ainsi, de la structuration d'une filière locale.

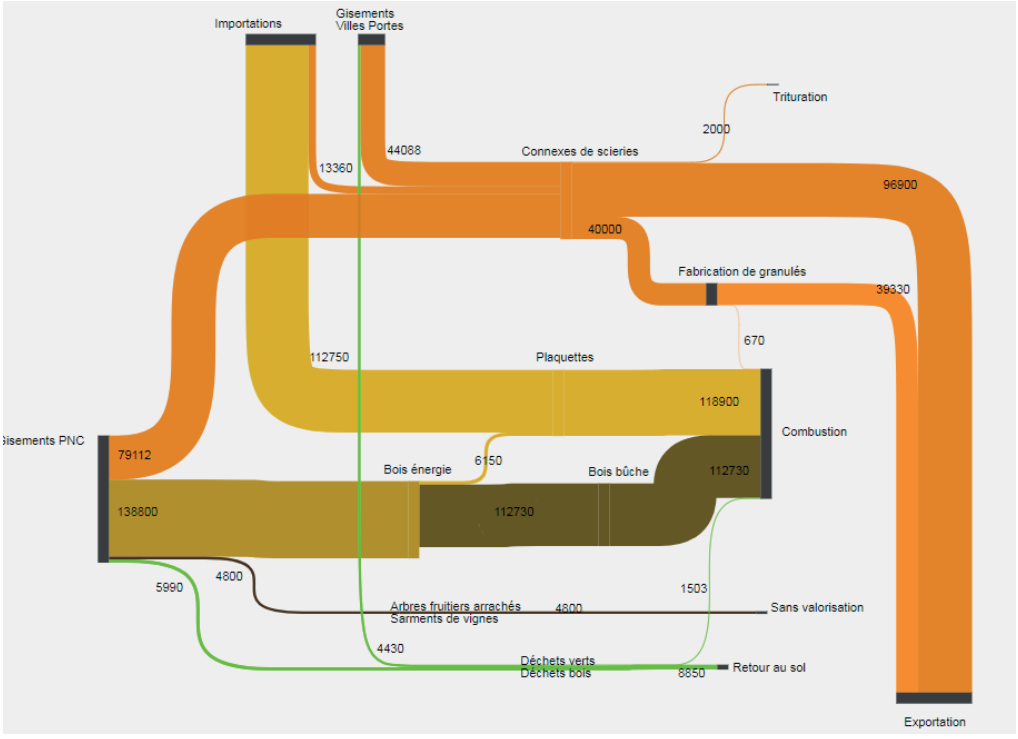


Figure 18. Circulation des flux de biomasses forestières (en tonnes) à destination des filières bois-énergie dans les Cévennes (source : projet CAP-BIOTER, 2019)

[35] CAP-BIOTER, un programme de recherche (2016-2019) sur les impacts de la transition énergétique dans les Cévennes.

6.6. La mobilité en milieu rural à faible densité

Le système de mobilité majoritairement basé sur l'autosolisme qui prévaut en milieu rural est de plus en plus décrié : en raison de ses conséquences environnementales (le transport, notamment routier, étant responsable d'environ 30 % des émissions nationales de GES), mais également pour des raisons sanitaires et sociales (une partie de la population étant exclue de ce système et vivant des situations « d'assignation territoriale[36] »).

Comment développer un autre système de mobilité qui laisse une vraie place à d'autres modes de transport, vélo, marche à pied, véhicules partagés, transports en commun ? Les « recettes » sont bien connues : il s'agirait à la fois de développer des infrastructures et services de mobilité permettant une pratique confortable et sécurisée des modes « alternatifs », les rendant ainsi véritablement compétitifs face à la voiture ; d'encourager les évolutions de pratiques individuelles en mettant en œuvre des actions de sensibilisation, des formations ou en favorisant les expérimentations ; de planifier, définir des stratégies de long terme et intégrer réellement les questions de mobilité dans les projets de territoire, dès le début de leur élaboration.

Ces dernières années, les réflexions et projets de mobilité durable se sont multipliés en milieu rural : des projets qui remettent en question la dépendance à la voiture des territoires et des populations, qui cherchent à impulser d'autres pratiques de mobilité et d'autres usages des espaces publics. Les collectivités du Parc national des Cévennes s'inscrivent dans cette dynamique : par exemple, un projet de pôle d'échanges multimodal est prévu dans le PETR[37] Causses et Cévennes ; la communauté de communes du Pays des Vans en Cévennes propose la location de vélos à assistance électrique et le PETR Sud Lozère a mené une étude sur le covoiturage et l'autostop. Mais, dans d'autres territoires, la mobilité durable n'est pas encore à l'agenda. Pourquoi ? Un argument souvent avancé est le manque de financements ou d'ingénierie dédiés, mais on observe également, en amont, un manque d'intérêt porté à la question de la mobilité durable, lui-même largement lié à un sentiment d'impuissance vis-à-vis d'une situation considérée comme immuable.

Pour dépasser ces *a priori* et ces réticences, et enclencher des actions, ces territoires doivent donc être accompagnés et rassurés, en particulier par les services de l'État, à l'image de ce que propose France Mobilités. Il sera ensuite temps de mettre en œuvre de vrais projets de mobilité durable : construction de pistes cyclables, création de services de location de vélos ou d'autostop de proximité, accompagnement personnalisé, etc.

Pour conclure, il faut souligner le contexte triplement favorable dans lequel nous nous trouvons, qui devrait encourager les territoires à agir en faveur de mobilités plus durables : d'une part, la mobilité durable a pris une large place dans les débats des municipales, ce qui souligne l'importance que la question revêt pour les citoyens ; d'autre part, la toute nouvelle loi d'orientation des mobilités encourage les communautés de communes à prendre la compétence « mobilité », ce qui leur permettrait de gagner en légitimité et en agilité sur la question ; enfin, le confinement et la crise sanitaire ont semble-t-il suscité des envies de changement ou de ralentissement[38] chez certains citoyens, qui pourraient faciliter les évolutions comportementales, notamment en matière de mobilité.



Photo 31. La CC du Pays des Vans en Cévennes a investi dans un réseau de piste cyclable qui sera reliée au Gard par les anciennes voies ferrées exploitées par les mines de charbon (© Thierry Bruyère-Isnard)

[36] Définie notamment par E. Le Breton (2002), l'assignation territoriale est une situation vécue par des ménages qui ne sont pas, ou difficilement, mobiles pour des raisons financières, physiques, culturelles ou comportementales. Elle se traduit notamment par des difficultés d'accès aux commerces, services ou à l'emploi.

[37] Pôle d'équilibre territorial et rural (PTER).

[38] https://fr.forumviesmobiles.org

6.7. Les circuits courts alimentaires, un levier pour lutter contre le changement climatique ?

Les circuits courts alimentaires sont définis officiellement en France, depuis 2009, comme des modes de vente mobilisant au plus un intermédiaire entre producteur et consommateur. La plupart de ces circuits existent depuis bien longtemps en France (vente à la ferme, sur les marchés…), mais cette date a créé un tournant dans leur histoire, encourageant leur développement. Aujourd'hui inscrits dans les projets alimentaires territoriaux (PAT), leur contribution à la préservation de l'environnement et à la lutte contre le changement climatique en particulier reste l'objet de débats.

Le premier débat concerne les émissions de GES liées au transport des produits et des consommateurs. Pour certains, les circuits courts multiplieraient les déplacements de produits en petite quantité, par des moyens de transport sources d'émissions (camionnette, voiture individuelle). Ramenées au kilo de produit, les émissions en circuit court peuvent alors être bien supérieures à celles d'un circuit long. Toutefois, si les transports en circuit court restent à optimiser, selon l'ADEME, les émissions de GES liées à l'alimentation ne proviennent qu'à 17 % du transport, et plus de la moitié aux modes de production.

Le second débat, le plus intéressant, concerne alors l'impact du circuit court sur les pratiques agricoles. Une étude récente[39] a ainsi montré que l'entrée en circuit court a un effet significatif sur l'écologisation des pratiques agricoles, dans le cas de maraîchers conventionnels à la tête d'exploitations de taille moyenne. Ceci pour trois grandes raisons : en sécurisant les débouchés, le circuit court permet de prendre des risques et de moins traiter ; le circuit court recrée du dialogue technique entre producteurs, essentiel pour enclencher et maitrîser un changement de pratiques ; la relation avec le consommateur exerce une pression et/ou encourage à travailler mieux, et ce d'autant plus que la relation est directe, donc le circuit est non seulement court, mais aussi local ou « de proximité ».

En ce sens, acheter en circuit court et de proximité, c'est favoriser la transition agroécologique près de chez soi et contribuer ainsi à lutter contre le changement climatique. Toutefois, pas dans n'importe quel circuit court : les légumes vendus en supermarché, par exemple, restent soumis à la norme « zéro défaut », même lorsqu'ils sont directement achetés à un producteur local, et cette norme suppose de traiter la production en amont. C'est tout l'intérêt des circuits courts et de proximité qui permettent de dialoguer, à l'image des boutiques de producteurs telles que Terres d'Aigoual en Cévennes : le circuit court permet alors de se réapproprier son alimentation et de mieux en maîtriser les impacts sur l'environnement, comme sur l'économie.



Photo 32. Marché de Florac (© Bruno Daversin - PNC)

6.8. Le tourisme dans les Cévennes : quelle évolution ?

Les impacts croissants des changements climatiques obligent les territoires à se questionner sur la viabilité des activités récréotouristiques en place et à repositionner leur offre touristique à travers de nouveaux modèles économiques. Le défi réside à la fois dans la diversification des activités proposées et dans leur moindre dépendance aux aléas météorologiques. Les stations de sports d'hiver de moyenne montagne sont au front de cette gageure, comme c'est le cas de celle de Prat Peyrot (commune de Valleraugue), installée sur les pentes du Mont Aigoual depuis 1971 (photo 33, page suivante). Générant de nombreux emplois directs et indirects contribuant à l'activité économique locale, sa fréquentation touristique est tributaire des conditions d'enneigement. Or, depuis 1980, l'augmentation des températures moyennes atteint 0,4 °C par décennie au Mont Aigoual, tendance qui s'accélère, avec pour conséquence une forte diminution de l'enneigement.

Pour faire face à ces évolutions, la communauté de communes Causses Aigoual Cévennes « Terres Solidaires » a lancé une étude cofinancée par le département du Gard et le Fonds européen agricole pour le développement rural (FEADER) afin d'évaluer les options possibles, amenant la collectivité à être lauréate d'un appel à projet lancé par le Commissariat général à l'égalité des territoires (CGET) en 2012 : le développement d'un Pôle nature 4 saisons était né. L'été 2015 vit les premiers aménagements concrétisés par de nouveaux parcours de raquettes et de trails qui complètent désormais l'offre touristique hivernale auprès des traditionnelles pistes de ski alpin. Concernant les autres saisons, plusieurs parcours VTT balisés ont été créés, tout comme des circuits multi-activités (trails, pédestres, équestres), des parcours de géocache/chasse au trésor, des sites de course d'orientation, des sentiers d'interprétation, un observatoire du mouflon ou encore des circuits de cyclotourisme. De manière à renforcer l'attractivité de l'ensemble du territoire, ces réorganisations ont été intégrées dans un réseau multi-activités qui continue à se développer depuis.

En 2017, une nouvelle phase s'ouvre avec la décision de transformer l'observatoire météorologique géré par Météo-France situé au sommet du Mont Aigoual en un centre d'interprétation et de sensibilisation aux changements climatiques, travaux en

[39] Étude INRAE/ADEME menée par S. Millet-Amrani.

cours de finalisation. Ce site, réhabilité afin d'accueillir un public dans des conditions optimales, souhaite offrir une exposition (en cours d'élaboration par un comité scientifique) sur les causes et les mécanismes des changements climatiques, ainsi que sur des exemples et des outils pouvant être utilisés par tout un chacun pour limiter son empreinte climat.

En 2019, la communauté de communes Gorges Causses Cévennes[40] se lance dans un projet de recherche-action en faveur de l'entrepreneuriat récréa-sportif en milieu rural (RECREATER[41]). Ce projet déployé sur trois années vise à lier plus intimement la pratique des sports et loisirs et de nature à la culture et aux modes de vie locaux pour être en mesure de dessiner une stratégie d'attractivité touristique et résidentielle ambitieuse ancrée dans l'identité du territoire.

Ces trois réorganisations – diversification de l'offre touristique, reconfiguration de l'observatoire du Mont Aigoual, recherche-action en faveur de l'entrepreneuriat récréa-sportif en milieu rural – face aux impacts des changements climatiques constituent un exemple fort de démarche d'adaptation, au point d'être un exemple cité parmi les 33 fiches actions élaborées par l'ADEME. Le portage politique fort, l'engagement d'une pluralité de partenaires ou encore l'élaboration d'actions basée sur des atouts territoriaux (infrastructures existantes, nature préservée, inscription à l'UNESCO) sont autant de facteurs-clés de succès d'une démarche d'adaptation du secteur du tourisme aux changements climatiques dans les Cévennes[42].



Photo 33. Mont Aigoual (© Gaël Karczewski)

[40] www.gorgescaussescevennes.fr/sports-et-loisirs-de-nature_fr.html

[41] www.facebook.com/RecreaterGCC, porté par la communauté de communes Gorges Causses Cévennes, accompagné par le laboratoire PACTE et l'Université Grenoble Alpes (CERMOSEM), cofinancé par le GIP Massif central via le fonds européen de développement régional, l'État via le fonds national d'aménagement et de développement du territoire, la Région Occitanie Pyrénées Méditerranée et le Conseil départemental de la Lozère.

[42] ADEME, 2015. *Diversifier l'offre touristique pour anticiper et sensibiliser aux effets du changement climatique* : https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/ademe-fiche-aigoual-1606.pdf

ZOOM 5

2020, une année charnière pour la transition touristique ?

Si les effets du changement climatique imposent des évolutions du secteur touristique, la crise sanitaire liée au COVID-19 intensifie les remises en question des pratiques de loisirs, du sens qu'elles portent et des effets néfastes qu'elles peuvent engendrer. L'ensemble des médias s'est emparé de la question de la transition touristique. Aussi, on peut lire dans la presse généraliste comme spécialisée des articles titrant « *Tourisme, année zéro* » (Le Monde diplomatique), « *Réinventer ce que signifie vacances et voyage* » (Le Monde), « *Fin du tourisme* » (Télérama) ou encore « *Spécial Environnement* » (mensuel d'escalade Grimper). Pour sûr, le tourisme est amené à se réinventer totalement.
En clouant les avions au sol, cette crise internationale aura totalement bouleversé le secteur du voyage et des loisirs. En réponse au confinement et aux restrictions de déplacements, les estivants de 2020 éprouvent un réel besoin de reconnexion avec la nature et convoitent désormais les territoires les plus ruraux. On observe un net engouement pour les séjours en itinérance favorisant les modes de déplacement doux, le renouveau du bivouac ou les micro-aventures à vivre près de chez soi. Ces dynamiques écoresponsables illustrent un besoin des individus d'être acteurs de leur séjour et à donner du sens aux expériences vécues.



Photo 34. Randonnée sur l'estive du Mont Lozère (© Olivier Prohin)

Les destinations rurales de moyenne montagne pourraient tirer leur épingle du jeu en attirant plus régulièrement et sur une période plus étendue, cette clientèle émergente. En complément des loisirs culturels et sportifs de nature, les voyageurs s'intéressent aux filières courtes, aux modes de vie de la population locale et souhaitent s'imprégner de l'esprit des lieux. La découverte du terroir et de la culture locale couplée à la pratique des sports et loisirs de nature paraît être un mariage d'avenir pour renforcer l'attractivité des territoires ruraux de moyenne montagne. C'est dans ces espaces que se réinvente le voyage et où la créativité locale permet de s'adapter aux changements globaux.

6.9. Agriculture ou habitat, les pratiques ancestrales cévenoles peuvent continuer à nous inspirer

La force tectonique est omniprésente dans les paysages cévenols : causses, vallées, plateaux. La domestication du territoire n'en est que plus âpre, mais il fournit aussi les matériaux supports de la vie humaine. Il y a quelques millénaires, des cévenols ont, à partir de ces pierres, bâti à sec des murs dans les pentes abruptes des Cévennes. La pierre calcaire, granitique ou schisteuse visible partout en est la marque. Derrière ces murets, entassant de la terre, ils ont créé des terrasses, fixant la terre, rare, remontée du fond des vallées. De ces rocs, ils ont également bâti des canaux d'irrigation, des bâtiments et des voies de communication. C'est de cette ressource locale que vient l'harmonie entre l'espace domestiqué et la nature. Là aussi, élément graphique du paysage inimitable et particulier, rien ne définit mieux les Cévennes que ces murets de pierres, assemblés avec beaucoup de savoir-faire. Mais l'agriculture contemporaine a tendance à oublier ces savoir-faire et l'utilité des terrasses.

Ces jardins sont en effet aussi des retenues. Lors des épisodes cévenols, quand l'eau évaporée de la Méditerranée déverse sur le premier relief qu'elle trouve sur son passage de formidables quantités de pluie, ces jardins retiennent et absorbent une partie des précipitations. Ils freinent l'érosion et abreuvent la terre en surface et en profondeur, puis nous nourrissent en retour. Comme une éponge, ils retiennent, sans la séquestrer, l'eau. C'est grâce à cet écosystème que les paysages cévenols comprennent encore de la terre, donc des végétaux, donc des animaux, et donc des humains.
Le bâti cévenol en pierre (Photo 35), issu du mode de vie rural et austère des siècles passés, semble loin des exigences du confort attendu aujourd'hui. Si le confort d'été y est toujours acquis, l'inertie et la faible étanchéité des parois induisent un inconfort hivernal. La terre à bâtir, quasiment jamais utilisée en Cévennes, mais exploitée dans les piémonts, pourrait par sa complémentarité être une aubaine, surtout si elle est associée

à des isolants de la filière agricole locale. Ce recours à un produit biosourcé de proximité, pourrait être un bon moyen de préserver la qualité patrimoniale de ces constructions en pierre.
S'il est vrai que tous les savoir-faire « ancestraux » ne sont pas sources de solutions dans un monde qui a profondément changé, ces exemples restent néanmoins des sources d'inspiration et des exemples garants des paysages cévenols que nous ne devons pas négliger dans le réaménagement des territoires et l'évolution de nos pratiques.



Photo 35. Habitat traditionnel en pierre à Castagnols sur la commune de Vialas, Lozère (© Guy Grégoire - PNC)

Parole d'acteur

« L'architecture vernaculaire (indigène) que l'on doit protéger et conserver dans le Parc national des Cévennes savait respecter les critères de l'économie d'énergie et de moyens. Ce bâti s'adaptait au terrain naturel, aux modes de vies, en utilisant simplement les matériaux disponibles sur le site et les techniques accessibles à l'homme. Aujourd'hui, notre enjeu est de restaurer ces bâtiments tout en les adaptant aux besoins actuels ou de construire très exceptionnellement de nouveaux bâtiments en les intégrant aux paysages.
Nos modes de vie ont considérablement évolué. Comme nous passons beaucoup plus de temps à l'intérieur, nous avons entamé un travail pour faire évoluer nos missions sur la transition énergétique. Les bâtiments doivent être économes en énergie, en eau potable, tout en garantissant un confort satisfaisant pour une utilisation permanente des lieux. Le challenge est de réussir ce pari en pérennisant toutes les techniques que les anciens avaient su mettre en place : inertie des bâtiments, utilisation de matériaux locaux (voir du site), économie de l'eau potable, gestion des déchets, gestion des eaux usées, sans oublier les techniques anciennes qui nous donnent encore des leçons sur l'économie de moyens.
En ce sens, nous sommes en train de mettre en place des brochures à destination des habitants du Parc sur l'architecture écologique et sur les techniques anciennes, pour aider, sensibiliser et conseiller les personnes dans leurs travaux. L'ambition est de montrer que l'architecture du Parc national peut rimer avec restauration du patrimoine, confort, économie, et intégration au paysage. »

Nathalie Crépin, architecte, chargée de mission architecture et travaux au Parc national des Cévennes.

6.10. Analyse des enjeux liés au changement climatique dans les perceptions des paysages cévenols

Appréciées comme territoire de nature, les Cévennes subissent les effets des changements climatiques qui perturbent les repères des habitants et des visiteurs. Une enquête lancée par des chercheurs du Centre d'économie de l'environnement de Montpellier (CEE-M) a permis de recueillir et d'analyser leurs perceptions de l'évolution de ces paysages originaux. Vingt-trois forums ont permis à 238 personnes (123 en Cévennes, 115 dans l'agglomération montpelliéraine) d'exprimer leurs perceptions dans un contexte délibératif.

La diversité des paysages, source de résilience et élément du « caractère » cévenol

Pour les populations, la diversification des forêts et le rétablissement d'essences emblématiques favorisent la résilience du paysage face au réchauffement climatique. Ralentir, voire inverser la tendance à la banalisation des forêts avec la multiplication de résineux inflammables contribue à la prévention des incendies liés aux sécheresses plus fréquentes.

Un tourisme raisonné : les Cévennes comme refuge climatique

La diversité s'exprime au travers des paysages, mais aussi de leur attrait : le tourisme est vu comme porteur d'avenir s'il joue la carte de l'authenticité d'un territoire complexe. Le tourisme de proximité est perçu comme vertueux par une population soucieuse de conserver le caractère du pays. Le développement de la conscience du réchauffement climatique confère à ce territoire de moyenne montagne, au relief spécifique, une image de refuge permettant de fuir la canicule, de retrouver une agriculture de proximité pour se nourrir en circuit court, de parcourir des espaces peu fréquentés pour fuir la congestion des plages... Les séjours et activités responsables, plutôt que le tourisme de masse, sont aussi plébiscités : ce désir est partagé par les résidents, souhaitant préserver une « terre d'exception », et les visiteurs en recherche de découvertes rurales.

Une convergence des perceptions

Les résultats témoignent d'une forte convergence entre les regards des personnes établies, des nouveaux arrivants et des visiteurs. Une politique favorisant la diversité des paysages et s'appuyant sur les perceptions de leur caractère serait soutenue par les groupes de résidents ou visiteurs qui se sont exprimés. Le changement climatique est vu comme un défi pour la résilience des paysages, mais aussi comme une opportunité de dynamisation de ces territoires.



Photo 36. VTT dans les Cévennes, Causse Méjean (© Nathalie Thomas)

Conclusion

Le système climatique subit un réchauffement global qui provoque des réactions en chaîne. L'évolution rapide du climat (hausse des températures, modification du régime des précipitations, augmentation des aléas météorologiques extrêmes…) a des incidences majeures sur la santé des écosystèmes naturels et le fonctionnement des systèmes socio-économiques qui restent fragiles. Le changement climatique atteint aujourd'hui une telle ampleur qu'il est perçu et ressenti par la majorité des habitants de la planète, sous des formes et des degrés variés selon leur lieu et leur mode de vie, leur situation sociale et leur activité professionnelle. Sur le territoire du Parc national des Cévennes, les impacts sont de plus en plus marqués et les conséquences sur l'économie locale deviennent perceptibles et mesurables.

Dans ce contexte, il est urgent de mieux comprendre l'évolution du climat au niveau régional et les dynamiques associées, afin d'évaluer la vulnérabilité du territoire aujourd'hui et demain. À cette nécessité s'ajoute désormais la dimension du « comment faire » ? Pour lutter contre le changement climatique, accéder aux connaissances scientifiques et rapprocher les décideurs des scientifiques (et inversement) s'avèrent nécessaires. Ce cahier contribue à la transmission des savoirs sur les enjeux du changement climatique et au renforcement de l'interface science-société au sein du territoire du Parc national des Cévennes. La mobilisation de près d'une centaine de scientifiques a permis d'établir un état des lieux territorial, de souligner les impacts des changements, de valoriser les réflexions et expérimentations relatives à la transition écologique.

Les effets du changement climatique déjà visibles sur le territoire du Parc national des Cévennes

Ces dernières années, l'augmentation constante des températures, la multiplication des vagues de chaleur, la succession des épisodes de sécheresse, la tendance à l'augmentation des épisodes cévenols bousculent les activités et les paysages du PNC. Les secteurs sous influence méditerranéenne paraissent les plus touchés, mais, en réalité, l'ensemble du territoire du Parc est concerné.

Ce cahier met en avant des conséquences multiples et variées :

- tensions sur les ressources en eau de plus en plus fréquentes, principalement en été ;
- nombre croissant de signes de dépérissement dans les forêts. Les espèces les plus touchées sont le châtaignier et le chêne pubescent. Le risque incendie est également en augmentation ;
- impacts marqués sur la biodiversité jusqu'ici relativement épargnée par le changement climatique : les espèces méditerranéennes semblent persister, mais on observe une régression des espèces en altitude, certaines présentant de forts risques de disparition au sein du territoire ;
- stress thermique subi par le bétail, réduction de la quantité et de la qualité des ressources fourragères qui inquiètent les éleveurs ;
- diminution de l'enneigement liée à la hausse des températures avec des conséquences sur l'alimentation printanière des rivières cévenoles, mais aussi sur l'activité des stations de ski (Aigoual-Prat Peyrot au Mont Aigoual et Bleymard au Mont Lozère) qui doivent repenser leur modèle économique…

Les exemples sont nombreux et la tendance est clairement à l'aggravation de ces phénomènes et des conséquences écologiques et socio-économiques qui en découlent.

Il est nécessaire d'anticiper les changements dès aujourd'hui

Il n'est plus question de réagir aux changements climatiques déjà avérés et à leurs impacts les plus visibles, mais de les anticiper afin de réduire la vulnérabilité des territoires. L'équation est complexe car notre monde change perpétuellement et l'évolution du climat selon les scénarios socio-économiques accentue les incertitudes. La prise de décision à l'échelle globale et locale n'est donc pas facile, mais les connaissances actuelles sont suffisantes pour préserver l'essentiel. La transformation des territoires ne peut se concevoir aujourd'hui sans prendre en compte les dimensions climat et biodiversité.

S'adapter au changement climatique se conçoit avant tout à l'échelle des territoires. Des solutions existent et doivent se combiner pour gagner en efficacité. D'autres restent à inventer. L'urgence climatique doit inciter les acteurs territoriaux à agir vite, mais il faut prendre le temps aussi de co-construire des projets à la fois acceptables et viables sur le long terme. Quelles que soient les initiatives développées sur les territoires, elles gagneront en efficacité et durabilité si elles s'accompagnent des orientations suivantes :

■ **valoriser les co-bénéfices** : il est important d'appréhender les mesures d'adaptation en favorisant les synergies, ou co-bénéfices, en termes de réduction de gaz à effet de serre (atténuation), mais aussi de biodiversité, de santé publique, de mobilisations citoyennes… Par exemple, le développement de l'agroécologie permet le plus souvent d'augmenter la résilience des cultures au changement climatique, et plus particulièrement aux sècheresses. De ce fait, l'agroécologie est plus économe en eau ; elle séquestre également plus de carbone dans les sols et limite l'emploi des produits phytosanitaires. Elle est favorable à la santé et au maintien de la biodiversité, et associée aux circuits courts, elle permet de sensibiliser le consommateur ;

■ **privilégier les solutions fondées sur la nature (SFN)** : basées sur la notion de co-bénéfices, les SFN sont définies par l'UICN comme « des actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés pour relever directement les défis de société de manière efficace et adaptative, tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité ». Elles sont particulièrement recommandées et efficaces dans le cadre de la gestion des risques naturels (inondations, sécheresses, canicules, incendies…) : par exemple, la restauration écologique des cours d'eau ou des zones humides pour réduire la vulnérabilité aux inondations, et le développement de la nature en ville pour limiter les phénomènes d'îlots de chaleur urbains en période de forte chaleur ;

■ **favoriser la co-construction, comme souligné en amont** : la transition écologique est l'objet de tous. La construction et la mise en œuvre des projets territoriaux doivent articuler l'expertise scientifique et technique des gestionnaires, les savoirs professionnels, les connaissances scientifiques, mais aussi l'expérience des usagers et citoyens. Les mesures d'atténuation et d'adaptation doivent s'appuyer sur le partage d'expériences, la transversalité et la concertation. De ce fait, elles nécessitent de nouvelles formes de gouvernance et incitent à repenser la démocratie locale au quotidien ;

■ **renforcer la recherche scientifique au niveau territorial** : les connaissances scientifiques locales sont utiles et nécessaires pour appréhender les particularités territoriales du climat d'aujourd'hui et de demain, évaluer l'ampleur des perturbations à venir sur les écosystèmes naturels et agricoles, et nos modes de vies. Ces connaissances sont à renforcer et à partager. Le recours à la recherche participative est aussi un moyen de les enrichir, et la sensibilisation et l'éducation des acteurs et citoyens restent déterminantes. Les sciences humaines et sociales devront être au cœur des enjeux et des dispositifs pour faire évoluer les modes d'organisation et les pratiques ;

■ **être solidaire et juste** : la transition écologique et énergétique sera possible si elle ne pèse pas sur les personnes les plus précaires qui sont déjà, et seront les premières affectées par le changement climatique. La transition devra également prendre en compte les disparités territoriales et intégrer l'ensemble des acteurs dans la démarche. La justice sociale est à insérer dans la transition. Comme résumé dans le dernier rapport du Haut Conseil pour le climat en 2020 : *« La transition juste se traduit aussi par une gestion des disparités régionales et sociales pour l'application des mesures de transition. Il faut regarder où la transition aura les impacts les plus importants pour mettre en place les mesures économiques et sociales nécessaires. L'État reste le garant des politiques publiques climatiques et de leur équité ».*

Pour construire son projet de territoire adapté aux spécificités locales, le Parc national des Cévennes doit non seulement constituer un espace d'action, mais aussi un espace de réflexion, de débat et d'éducation citoyenne.

Ensemble, les acteurs territoriaux sont en capacité de résoudre les problèmes complexes de la transition environnementale !



Photo 37. Vue du Serre de la Toureille, massif de l'Aigoual (© Gaël Karczewski - PNC)

Contributeurs

- **Antoine Affouard** (Zoom 4), AMAP, Université de Montpellier, CIRAD, CNRS, IRD et INRIA Sophia-Antipolis-ZENITH team, LIRMM-UMR 5506, Montpellier
- **Martine Atramentowicz** (§5.8), Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation (CESCO-UMR 7204), Muséum national d'Histoire naturelle, CNRS, Sorbonne Université, Paris
- **Yildiz Aumeeruddy-Thomas** (§4.2), Université de Montpellier, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE), UMR 5175, CNRS, UM/UPV/EPHE/IRD, Montpellier
- **Pierre-Alain Ayral** (Zoom 1, §2.3), Eau, Ressources et Territoires (ERT), LGEI, IMT Mines d'Alès, Alès
- **Jean-Yves Barnagaud** (§5.4), Université de Montpellier, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE), UMR 5175, CNRS UM UPV/EPHE/IRD, Montpellier
- **Olivier Barrière** (§6.2), IRD, Département Sociétés et Mondialisation (SOC) et associé au CRIDEAU-OMIJ (Université de Limoges), Montpellier
- **Laurent Bélier** (§5.5), Parc national des Cévennes, Florac-Trois-Rivières
- **Ilham Bentaleb** (§5.5), ISEM, Institut des Sciences de l'évolution, Université de Montpellier, CNRS/IRD/EPHE, Montpellier
- **Camille Béral** (§3.3), AGROOF SCOP, Anduze
- **Aurélie Binot** (§6.3), CIRAD, UMR Astre, Montpellier
- **Elisabeth Blanchet** (§1.3), chargée de mission, AIR Climat, Marseille
- **Pierre Bonnet** (Zoom 4), CIRAD, UMR AMAP, Université de Montpellier, CNRS, INRAE, IRD, Montpellier
- **Jérôme Boyer** (§5.5), Parc national des Cévennes, Florac-Trois-Rivières
- **Nathalie Brachet** (§2.3), Université d'Avignon, UMR ESPACE, Avignon
- **Julien Buchert** (§3.2), Parc national des Cévennes, Florac-Trois-Rivières
- **Nicolas Buclet** (§6.5), Laboratoire PACTE, Université Grenoble Alpes, Grenoble
- **Maxime Cailleret** (§4, Fig. 14), UMR Risques, ÉCOsystèmes, Vulnérabilité, Environnement, Résilience, INRAE, Aix-en-Provence
- **Sandrine Canal** (§5.5), ISEM, Institut des Sciences de l'évolution, Université de Montpellier, CNRS/IRD/EPHE, Montpellier
- **Juliette Cerceau** (§6.5), Eau, Ressources et Territoires (ERT), LGEI, IMT Mines d'Alès, Alès
- **Marc Cheylan** (§5.4), École Pratique des Hautes Études (EPHE), Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE), UMR 5175, CNRS UM/UPV/EPHE/IRD, Montpellier
- **Yuna Chiffoleau** (§6.7), Département Sciences pour l'action et le développement, INRAE, Montpellier
- **Catherine Cibien** (introduction du §5, §5.8, §6.5), Réseau MAB France, INRAE CEFS, Castanet-Tolosan
- **Patricia Cicille** (§2.3), CNRS, UMR ESPACE, Arles

- **Jean Clobert** (§5.4, Zoom 3), CNRS, Station d'Écologie Expérimentale du CNRS, Moulis
- **Anne-Laure Collard** (§2.2), UMR GEAU, INRAE, Université de Montpellier, Montpellier
- **Géraldine Costes** (§5.5), Parc national des Cévennes, Florac-Trois-Rivières
- **Bruno Descaves** (§5.5), Parc national des Cévennes, Florac-Trois-Rivières
- **Jean-François Didon-Lescot** (Zoom 1, §2.3), Université de Nice, UMR ESPACE, station de recherches CNRS, Saint-Christol-les-Alès
- **Jean-Marc Domergue** (§2.3), Université de Nice, UMR ESPACE, station de recherches CNRS, Saint-Christol-les-Alès
- **Annick Douguedroit** (§2.3), Aix-Marseille Université, UMR ESPACE, Aix-en-Provence
- **Edmond Dounias** (§3.4), Université de Montpellier, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE), UMR 5175, CNRS UM/UPV/EPHE/IRD, Montpellier
- **Nathalie Dubus** (§2.3), Université Grenoble Alpes, UMR ESPACE, Grenoble
- **Franck Dugueperoux** (§5.5), Parc national des Cévennes, Florac-Trois-Rivières
- **Anna Dupleix** (§3.4), Laboratoire de Mécanique et Génie Civil (LMGC), UMR 5508 CNRS, Université de Montpellier
- **Olivier Duriez** (§5.7), Université de Montpellier, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE), UMR 5175, CNRS UM/UPV/EPHE/IRD, Montpellier
- **Laura Étienne** (§3.1), Institut de l'élevage (Idele), Sup Agro, Montpellier
- **Bruno Fady** (§4.4), Unité de Recherche Écologie des Forêts Méditerranéennes (URFM), INRAE, Avignon
- **Philippe Feldmann** (§5.1), CIRAD, TA 179/04, et association Abiome, Montpellier
- **Élena Filaiti** (§5.5), ISEM, Institut des Sciences de l'évolution, Université de Montpellier, CNRS/IRD/EPHE, Montpellier
- **Jocelyn Fonderflick** (§5.3, §5.5, §5.6), Parc national des Cévennes, Florac-Trois-Rivières
- **Benoît Fontaine** (§5.8) Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation (CESCO-UMR 7204), Muséum national d'Histoire naturelle, CNRS, Sorbonne Université, Paris
- **François Fourel** (§5.5), Université de Lyon 1, LEHNA, Lyon
- **Antoine Fricard** (Zoom 2), Eau, Ressources et Territoires (ERT), Laboratoire de Génie de l'Environnement Industriel, IMT Mines d'Alès, Alès
- **Philippe Geniez** (§5.4), CNRS, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE), UMR 5175, CNRS UM/UPV/EPHE/IRD, Montpellier
- **David Genoud** (§5.2), DGE, Ambazac
- **Maxime Gillet** (§2.3), Université de Nîmes, EA CHROME, Labo GIS, Nîmes
- **Nadine Grard** (§2.3), Université de Nice, UMR ESPACE, station de recherches CNRS, Saint-Christol-les-Alès
- **Éric Grenier** (§6.9), Envirobat Occitanie, Montpellier
- **Émilien Hérault** (§5.5), Parc national des Cévennes, Florac-Trois-Rivières

- **Frantz Hopkins** (Zoom 4), Parc national des Cévennes, Florac-Trois-Rivières
- **Marie Huyghe** (§6.6), consultante en mobilité associée au laboratoire CNRS-CITERES, Tours
- **Alexis Joly** (Zoom 4), INRIA Sophia-Antipolis-ZENITH team, LIRMM, UMR 5506, Montpellier
- **Didier Josselin** (Zoom 1), UMR Espace, CNRS, Université d'Avignon, Avignon
- **Delphine Jullien** (§3.4), Laboratoire de Mécanique et Génie Civil (LMGC), UMR 5508, CNRS, Université de Montpellier, Montpellier
- **Marcus Kieslish** (§6.10), SupAgro Montpellier, Montpellier
- **Tommaso La Mantia** (§5.5), SAAF - Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali, Università degli Studi di Palermo, Italie
- **Corinne Legallasalle** (§2.3), Université de Nîmes, EA CHROME, Labo GIS, Nîmes
- **Ameline Lehébel-Péron** (§3.4), Université de Montpellier, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE), UMR 5175, CNRS UM/UPV/EPHE/IRD, Montpellier
- **Célanie Lewis** (§5.5), ISEM, Institut des Sciences de l'évolution, Université de Montpellier, CNRS/IRD/EPHE, Montpellier
- **Jean-Christophe Lombardo** (Zoom 4), INRIA Sophia-Antipolis-ZENITH team, LIRMM, UMR 5506, Montpellier
- **Christian Lopez** (§2.3), Étude des Risques et de la Qualité de l'Air (EUREQUA), Laboratoire des Sciences des Risques (LSR), IMT Mines d'Alès, Alès
- **Aurélie Madrid** (§3.1), Institut de l'élevage (Idele), Service fourrages et pastoralisme, projet Life LiveAdapt, INRAE, Auzeville
- **Jean Pierre Malafosse** (§5.5), Parc national des Cévennes, Florac-Trois-Rivières
- **Alain Marcom** (§6.9), Envirobat Occitanie, Montpellier
- **Philippe Martin** (§2.3), Université d'Avignon, UMR ESPACE, Avignon
- **Jean-Baptiste Mihoub** (§5.7, §5.8), Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation (CESCO-UMR 7204), Muséum national d'Histoire naturelle, CNRS, Sorbonne Université, Paris
- **Pascale Moity-Maïzi** (§3.4), UMR Gouvernance, Risques, Environnement, Développement (GRED), IRD, Université Paul-Valéry, Montpellier
- **François Molle** (§2.2), UMR GEAU, IRD, Université de Montpellier, Montpellier
- **Sylvie Morardet** (§2.3), UMR G-EAU, INRAE, Université de Montpellier, Montpellier
- **Florent Mouillot** (§4.2), IRD, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE), UMR 5175, CNRS UM/UPV/EPHE/IRD, Montpellier
- **Charles-Henri Moulin** (§3.1), Montpellier SupAgro, UMR SELMET, Montpellier
- **Antoine Nicault** (coordination générale, introduction générale, introductions §1, §2, §3, §4 et §6, §1.4, §2.1, conclusion générale), coordinateur et animateur du GREC-SUD, AIR Climat, Marseille
- **Tifenn Pédron** (§5.2), Parc national des Cévennes, Florac-Trois-Rivière
- **Hervé Picq** (§5.5), Parc national des Cévennes, Florac-Trois-Rivières

- **Francois Pimont** (§4.1), Unité de Recherche Écologie des Forêts Méditerranéennes (URFM), INRAE, Avignon
- **Billy Pottier** (§2.3), Étude des Risques et de la Qualité de l'Air (EUREQUA), Laboratoire des Sciences des Risques (LSR), IMT Mines d'Alès, Alès
- **Serge Rambal** (§1.2), Université de Montpellier, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE), UMR 5175, CNRS UM/UPV/EPHE/IRD, Montpellier
- **Anais Ramet** (§4.2), Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE), Université de Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, Université Paul Valéry, Montpellier
- **Éric Rigolot** (§4.1), Unité de Recherches Écologie des Forêts Méditerranéennes (URFM), INRAE, Avignon
- **Philippe Rossello** (§1.1, §1.3), GeographR, coordinateur et animateur du GREC-SUD, Avignon
- **Typhaine Rousteau** (§5.7), Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation (CESCO-UMR 7204), Muséum national d'Histoire naturelle, CNRS, Sorbonne Université, Paris
- **Julien Ruffault** (§4.1), Unité de Recherches Écologie des Forêts Méditerranéennes (URFM), INRAE, Avignon
- **Emmanuel Ruffio** (§3.4), I2M/TREFLE (Transfert Fluide Énergétique), UMR 5295 CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux
- **Jean-Michel Salles** (§6.10), CNRS, SupAgro Montpellier, Montpellier
- **François Sarrazin** (§5.7), Sorbonne Université, Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation (CESCO), UMR 7204, MNHN-CNRS-SU), Paris
- **Sophie Sauvagnargues** (§2.3), Étude des Risques et de la Qualité de l'Air (EUREQUA), Laboratoire des Sciences des Risques (LSR), IMT Mines d'Alès, Alès
- **Bertrand Schatz** (§3.4, coordination et introduction §5, §5.1, §5.2,) Université de Montpellier, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE), UMR 5175, CNRS UM/UPV/EPHE/IRD, Montpellier
- **Soline Schetelat** (§3.1), Institut de l'élevage (Idele), Service « fourrages et pastoralisme », projet Life LiveAdapt, Campus INRAE, Auzeville
- **Ivan Scotti** (§4.3), Unité de Recherche Écologie des Forêts Méditerranéennes (URFM), INRAE, Avignon
- **Caroline Scotti-Saintagne** (§4.3, §4.4), Unité de Recherche Écologie des Forêts Méditerranéennes (URFM), INRAE, Avignon
- **Pauline Sidawy** (§3.4), Université de Montpellier, Université Paul Valéry, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE), UMR 5175, CNRS UM/UPV/EPHE/IRD, Montpellier
- **Guillaume Simonet** (coordination générale, §6.1, §6.8), consultant et chercheur indépendant, coordonnateur du RECO, Toulouse
- **Rosario Spinelli** (§2.3), Étude des Risques et de la Qualité de l'Air (EUREQUA), Laboratoire des Sciences des Risques (LSR), IMT Mines d'Alès, Alès
- **Florian Tena-Chollet** (§2.3), Étude des Risques et de la Qualité de l'Air (EUREQUA), Laboratoire des Sciences des Risques (LSR), IMT Mines d'Alès, Alès
- **Vincent Thibeaud** (§6.8, Zoom 5), RECREATER, communauté de communes Gorges Causses Cévennes, Florac-Trois-Rivières
- **Michaël Tropé** (§6.10), Centre d'économie de l'environnement (CEE-M), INRAE, Montpellier

- **Marie-Christine Zélem** (§6.4), CERTOP-UR5044, CNRS, Université Toulouse Jean Jaurès, Toulouse

- **Clara Zemman** (§5.8), Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation (CESCO-UMR 7204), Muséum national d'Histoire naturelle, CNRS, Sorbonne Université, Paris

Remerciements

Nous tenons à remercier **Joël Guiot** (CNRS, Cerege), **Philippe Rossello** (GeographR, coordinateur GREC-SUD), **Julie Gattacceca** (consultante indépendante GREC-SUD) et **Aurore Aubail** (AIR Climat) pour la relecture générale, mais aussi tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce cahier (données, conseils, orientations) : **Olivier Roulle** (Météo-France), **Régine Merle** (Météo-France), **Isabelle Chuine** (CNRS, CEFE), **Jean-Michel Boissier** (Ecosylve), les agents du Parc national des Cévennes, tout particulièrement **Claire Dutray**, **Dany Laybourne**, **Virginie Boucher**, **Franck Duguépéroux** et la directrice **Anne Legile**.

Comment citer cette publication ?
GREC-SUD & RECO, 2020, *Adaptation du Parc national des Cévennes au changement climatique et à ses impacts*, ouvrage collectif co-édité par l'Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR Climat) et le Réseau d'expertise sur les changements climatiques en Occitanie (RECO), 56 p. ISBN : 978-2-491380-00-7

Parc national des Cévennes

Le Parc national des Cévennes a vu le jour il y a 50 ans, au même moment où émergeaient les mouvements précurseurs de protection de l'environnement. Un demi-siècle d'exploitation immodérée des ressources plus tard, le climat et la biodiversité sont devenus les enjeux incontournables d'une société au mode de vie profondément transformé. Face à l'urgence de réorganiser autrement, les citoyens et les acteurs locaux cévenols s'interrogent sur le devenir de leur territoire, sur la pérennité de leurs activités et sur l'évolution de leurs paysages. Commandé par le PNC et réalisé en collaboration par le GREC-SUD et le RECO, ce cahier thématique propose un état des lieux des connaissances scientifiques sur les tendances climatiques observées, l'ampleur des impacts en cours et à venir et les pistes d'adaptation possibles pour y faire face.



air | GREC SUD

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 978-2-491380-00-7