

# Changement climatique et forêt méditerranéenne

## Quels impacts actuels et futurs sur la grande faune ?

par Michel VENNETIER

**Pour mieux identifier  
et comprendre les déséquilibres  
entre faune et forêt,  
il est indispensable de connaître  
les dynamiques des milieux.  
Dans cet article, Michel Vennetier  
présente quelques-uns des effets  
du changement climatique  
sur la forêt méditerranéenne  
et les impacts directs et indirects  
de celui-ci sur la faune.**

### Quelques aspects du changement climatique en région méditerranéenne

La température moyenne annuelle en région méditerranéenne française a suivi, depuis 100 ans, une tendance au réchauffement plus rapide que la moyenne mondiale (BIDET *et al.*, 2016). Les scénarios pour le XXI<sup>e</sup> siècle confirment, assez unanimement parmi les nombreux modèles utilisés, cette tendance à un réchauffement plus rapide que la moyenne (Cf. Fig. 1). Ce réchauffement n'est pas uniforme sur l'année, l'été s'étant jusqu'à présent réchauffé plus rapidement que l'hiver : +0,5°C par décennie sur les 50 dernières années contre +0,2°C, soit respectivement +2,5°C et +0,1°C depuis 1970. Si la tendance actuelle se maintenait, ce qui est optimiste, on gagnerait ainsi au minimum 5°C en été et 2°C en hiver sur le XXI<sup>e</sup> siècle. On est très au-delà des limites négociées dans l'accord de Paris sur le climat, qui paraît irréaliste, +2°C en moyenne en 2100, et qui devraient être atteintes dès 2040 au rythme actuel.

Ces augmentations saisonnières ne sont pas non plus homogènes : en été comme en hiver, les températures minimales ont jusqu'à présent augmenté plus vite que les températures maximales (de 20 à 30%). Autrement dit la nuit se réchauffe plus vite que le jour, et le froid en

### Variations de la température moyenne de 1000 à 2100

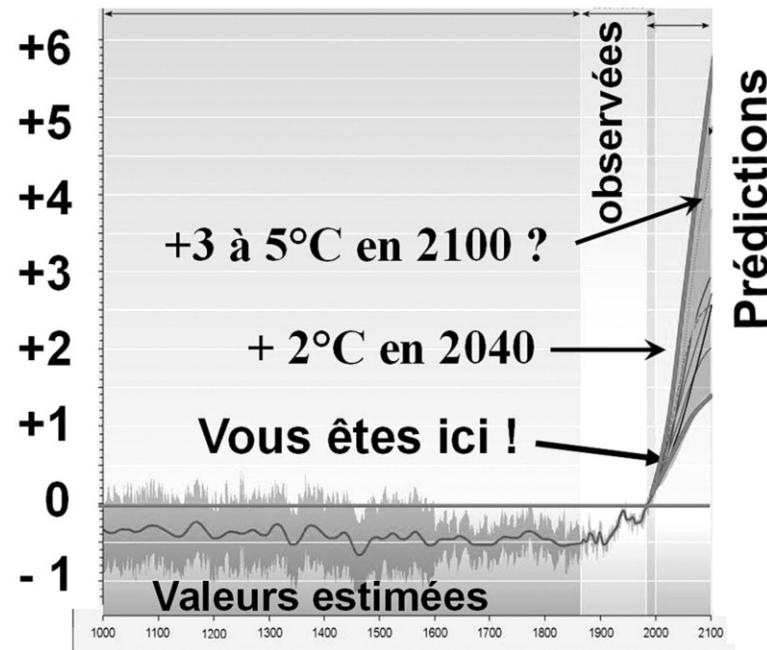


Fig. 1 :

Evolution actuelle et future probable du climat. D'après IPCC/WMO/UNEP.

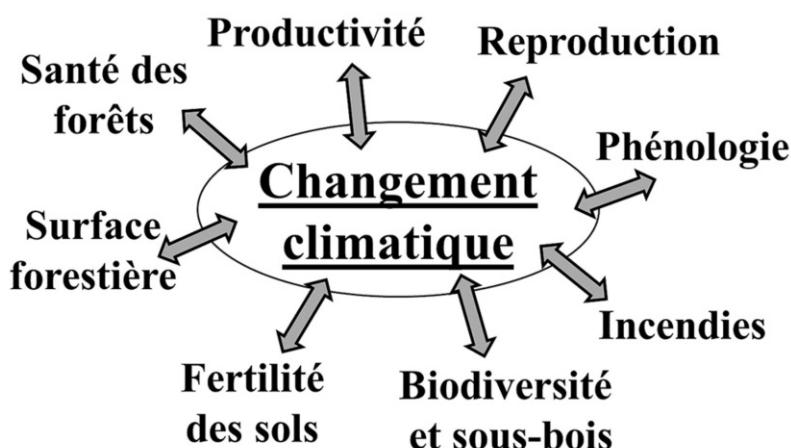
hiver se fait discret. Le nombre de jours de gel annuel pourrait diminuer de 60% dans les montagnes méditerranéennes, avec une forte baisse de l'enneigement, et devenir quasi nul dans les zones côtières.

C'est l'ensemble de ces variations, et pas seulement la moyenne, qu'il faut prendre en compte pour comprendre et prédire l'impact du réchauffement climatique sur la forêt et la faune. Nous en développerons des exemples dans l'article.

Les précipitations moyennes annuelles ont suivi des tendances plus modérées jusqu'à présent. Une faible baisse a été observée dans les zones côtières, avec une relative stabilité dans l'arrière-pays. Mais comme pour la température, les variations ne sont pas

Fig. 2 :

Définitifs impacts du changement climatique sur les composantes et le fonctionnement des forêts méditerranéennes influençant la grande faune.



homogènes entre les saisons : on observe une réduction essentiellement en hiver et en été. Celle de l'été est particulièrement grave en période de stress thermique intense. Celle de l'hiver pose également des problèmes car les réserves en eau du sol peuvent être insuffisantes durant la période de croissance maximale de la végétation au printemps. Dans le futur, les prédictions sont plus floues et plus contradictoires que pour les températures. Mais une constante se dégage des modèles : plus le climat se réchauffera, moins il pleuvra. Par ailleurs, la pluviométrie moyenne est un mauvais indicateur : d'une part à pluviométrie constante, le stress hydrique pour les végétaux augmentera mécaniquement avec la température pour les végétaux, en raison d'une plus forte évaporation et transpiration ; d'autre part, il est probable que les événements extrêmes de pluies, conduisant à des pertes importantes par ruissellement, seront de plus en plus fréquents et séparés par des périodes sans pluies de plus en plus longues.

Dans cet article, nous présentons quelques-uns des impacts du changement climatique sur la forêt méditerranéenne, parmi ceux qui peuvent avoir des conséquences sérieuses sur la grande faune. Les impacts directs du changement climatique sur la faune sont également abordés.

### Santé et productivité des forêts

Le changement climatique a déjà, dans la région méditerranéenne française, des effets dévastateurs sur certaines espèces forestières. Parmi les arbres, les plus touchés sont le sapin pectiné, le pin sylvestre et le chêne-liège, qui montrent des taux de mortalité moyenne trois à quatre fois supérieurs à la normale depuis 10 à 15 ans, et un taux de déteriorisation élevé (MARTY *et al.* 2018). La mortalité est parfois généralisée à l'échelle de versants entiers, comme pour le pin sylvestre dans l'arrière-pays (Cf. Photo 1). Le chêne blanc est également touché par des déteriorisations plus modérées mais généralisées, se traduisant par une très forte proportion de branches mortes : 32% de houppier sec en 2010 en Provence, contre 15 à 20% pour les autres espèces principales (chêne vert, pin d'Alep, érables et autres feuillus).

Les espèces du sous-bois et les formations arbustives ne sont pas épargnées : en 2016 et 2017, des milliers d'hectares de garrigues se sont désséchées le long de la côte, avec des taux de mortalité allant de 20 à 90 % suivant les sites et les espèces (Cf. Photo 2). Même lorsque les arbres ou leurs branches ne meurent pas, le stress se traduit par des modifications architecturales majeures : le nombre annuel de ramifications de ces branches diminue fortement ainsi que le nombre et la taille des feuilles ou d'aiguilles. Le couvert s'éclaircit significativement.

La productivité des forêts méditerranéennes est également en baisse sensible depuis 15 à 30 ans suivant les pays et, dans chaque pays et région, suivant les conditions de milieu. Les facteurs qui concourent au bilan hydrique en modifiant température, rayonnement et pluies sont en première ligne : altitude, exposition, fertilité et profondeur du sol, topographie. Dans les milieux à bon bilan hydrique, le réchauffement (et son corollaire l'allongement de la saison de croissance), l'augmentation du CO<sub>2</sub>, certaines pollutions azotées et l'amélioration des sols avec l'ancienneté croissante de la forêt, ont conduit à une meilleure productivité des années 50 jusque dans les années 90. Depuis, on a observé un retournement de tendance, avec une baisse significative de productivité. Dans les milieux à faible bilan hydrique, l'effet positif a été de courte durée, et la tendance s'est inversée depuis les années 70. Cette baisse est alimentée à la fois par une réduction des maximums les bonnes années, et par des baisses de plus en plus spectaculaires et durables lors des épisodes de canicule ou sécheresse. Ces accidents climatiques sont de plus en plus fréquents dans l'absolu, et depuis 30 ans s'enchaînent souvent plusieurs années d'affilée, ce qui était rare dans le passé. La végétation peine à se remettre entre deux gros stress, et les effets se cumulent.

On constate également une prolifération de maladies et insectes (cf. rapports annuels et synthèses du Département Santé des forêts) : profitant des automnes et printemps très chauds en conjonction avec les périodes pluvieuses, et de l'affaiblissement des végétaux, certains champignons pathogènes deviennent épidémiques : *Sphaeropsis* et *Crumenulopsis* par exemple sur les résineux, ou *Oidium* sur les régénérations de chêne. La chenille processionnaire des pins est très représentative de la progression spatiale



d'un parasite avec le réchauffement climatique : en quelques dizaines d'années, elle a gagné plusieurs centaines de mètres en altitude, plusieurs centaines de kilomètres vers le nord, et sa dernière prolifération dans le sud-est de la France a battu des records de nombre de nids et d'intensité d'attaques. Sur le même principe, le gui, parasite important de plusieurs résineux et feuillus, gagne régulièrement en densité et étendue : il contribue à affaiblir chroniquement les arbres, ce qui les rend plus sensibles aux extrêmes climatiques, ou à les achever quand un évènement climatique les a affaiblis. Le pin sylvestre et le sapin pectiné sont particulièrement touchés.

La mortalité diffuse ou généralisée d'arbres et arbustes, ainsi que l'éclaircissement du couvert, ont des conséquences importantes pour la faune, favorables ou défavorables. Dans les sous-bois des peuplements

**Photo 1 :**  
Dépérissement du pin sylvestre dans la vallée du Verdon (commune de Courchon, 2006).  
© Michel Vennetier.

**Photo 2 :**  
Nappe de chêne kermès entièrement desséchée sur la Côte bleue (Bouches-du-Rhône), octobre 2017.  
© Michel Vennetier.



denses, ils favorisent la multiplication des herbacées, des petits ligneux et des semis d'arbres, au moins les années humides. Ils augmentent donc en principe la quantité de nourriture disponible pour les herbivores. Mais les plantes herbacées et semi-ligneuses sont au contraire plus sensibles au dessèchement dans les milieux très ouverts. Dans les Maures par exemple, à la suite des cinq années de sécheresses 2003-2007, on a observé une augmentation de 30% des herbacées héliophiles sous les suberaies denses, conservant une ambiance forestière ; mais la diminution dans les mêmes proportions de ces herbacées en maquis clair et dans les zones récemment brûlées, où elles prolifèrent habituellement (VENNETIER *et al.* 2008). Les dépérissements forestiers pourraient, à terme, avoir finalement un effet négatif sur la ressource herbacée des forêts.

De façon générale, une baisse de la production végétale se traduit par une baisse des ressources de bases pour la chaîne alimentaire, et donc pour la faune herbivore et carnivore. En particulier, ces dépérissements et mortalités, toutes espèces confondues, diminuent sensiblement la production de fruits (notamment glands, faines, fruits charnus) et graines diverses qui alimentent la grande faune directement, ou indirectement via les chaînes alimentaires. Certains fruits comme les glands sont essentiels pour la survie des animaux en hiver.

Finalement, une baisse de productivité et les mortalités ralentissent à long terme l'apport de matière organique dans le sol, et donc le fonctionnement de celui-ci. La diminution ou même la perte d'activité de la faune et flore du sol se traduit par une dégradation de ses caractéristiques phy-

siques et chimiques, donc une moins bonne croissance des végétaux, un cercle vicieux qui s'auto-alimente.

## Reproduction

Indépendamment des dépérissements et mortalités, il a été démontré que pour certaines espèces clefs de la forêt méditerranéenne, la reproduction était affectée par divers aspects du changement climatique. Ainsi le pin d'Alep (Cf. Fig. 3) subit-il à la fois les effets d'années caniculaires et sèches, qu'elles soient isolées ou successives, mais aussi ceux des gels printaniers suivant des hivers trop chauds (voir paragraphe suivant sur la phénologie).

Si le pin d'Alep, suivi à long terme dans des dispositifs expérimentaux, peut servir de référence, d'autres études ponctuelles sont disponibles. Ainsi la floraison printanière d'une grande partie de la végétation de Basse Provence a été détruite par le gel de février 2012, qui a marqué le pin d'Alep. Sur un ensemble de 100 placettes suivies de 2009 à 2013, pour évaluer l'impact du débroussaillage sur la flore mellifère (VENNETIER *et al.* 2013), on a observé les dégâts du gel de 2012 : une perte de 80 à 90% des floraisons printanières pour les plantes forestières et de garrigue, en comparaison avec les années normales.

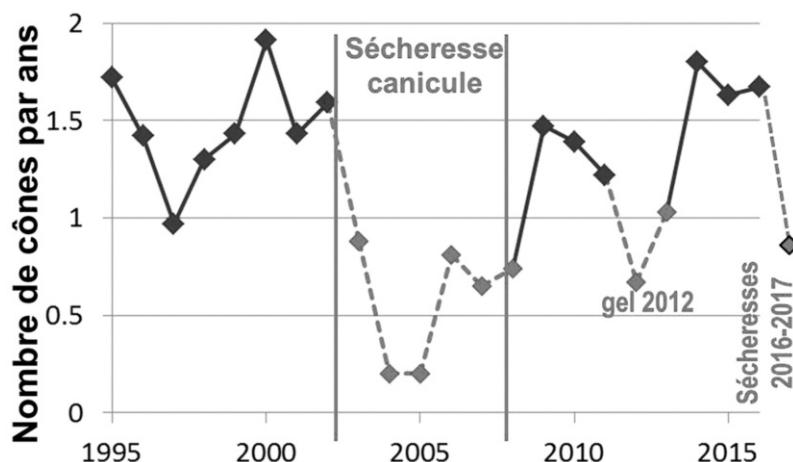
L'absence ou la perte de fleurs et de graines, en raison de sécheresses ou de gels, affectent le potentiel des milieux pour la faune de plusieurs façons :

- elles limitent la régénération des végétaux, notamment des herbacées annuelles et semi-ligneux, et donc la ressource directement disponible pour les herbivores. Cette réduction différée s'ajoute à celle créée par les années sèches elles-mêmes, dont les effets sont donc pluriannuels ;

- elles réduisent aussi les ressources directes pour les frugivores et granivores de toutes tailles (par ex. sangliers, oiseaux, fourmis) et par la suite celles de leurs prédateurs ;

- elles limitent drastiquement les ressources mellifères, donc la survie de l'ensemble des polliniseurs vivant du nectar et du pollen. Cela réduit d'autant le potentiel de pollinisation, donc de reproduction de la flore concernée.

**Fig. 3 :**  
Evolution de la production annuelle de cônes de pin d'Alep sur les axes principaux des branches, au cours des 20 dernières années.



Par le manque de fleurs, graines et fruits, c'est toute la chaîne alimentaire qui est affectée, des herbivores aux carnivores, dont la grande faune carnivore qui se trouve en haut de cette chaîne. Autre exemple récent : l'absence de glands suite aux grandes sécheresses de 2016 et 2017 en Provence a réduit les populations de sanglier ;

– au-delà des effets à court terme, des effets à long terme sont possibles : après les feux de 2017 la régénération des pins d'Alep a été très rare, parfois absente sur des massifs entiers. D'autres espèces pionnières habituellement abondantes après les incendies ne se sont pas manifestées, ou sont restées disséminées. C'est donc tout l'équilibre et la composition de la flore qui peut se modifier radicalement avec la combinaison de sécheresses extrêmes et d'incendies.

## Phénologie

La phénologie est l'étude des cycles annuels de naissance, croissance et reproduction des espèces animales et végétales. Ces cycles sont contrôlés par différentes composantes de l'environnement : la photopériode (alternance jour/nuit), les températures en toutes saisons, la disponibilité en eau et en nourriture, etc. Le changement climatique dérègle donc les cycles de nombreuses espèces, mais pas toutes de la même façon. Cela provoque des décalages parfois lourds de conséquences entre une espèce et les ressources dont elle dépend, ou entre une espèce et les contraintes climatiques. Par exemple, trop de chaleur en automne empêche les végétaux et certains animaux de se mettre en dormance pour résister au froid de l'hiver. De même les températures élevées de milieu et fin d'hiver favorisent un démarrage précoce de l'activité au printemps, voire une activité continue en hiver (Cf. Photo 3).

Dans les deux cas, ce décalage rend les espèces concernées très vulnérables à des gels précoces ou tardifs. Certains végétaux ont besoin d'une quantité importante de froid en hiver pour préparer leur démarrage du printemps, et notamment leur floraison : s'ils n'ont pas assez de froid, leur démarrage peut être fortement retardé, et leur floraison peut se produire de façon très étalée au lieu d'être massive, ce qui complique beaucoup la fécondation des fleurs. Certaines espèces



habituellement très dépendantes les unes des autres se retrouvent en difficulté : par exemple, des plantes dépendant d'une espèce précise d'insecte pollinisateur fleurissent alors que l'insecte n'est pas encore éclos (ou a déjà fini son cycle). Des oiseaux dont une chenille assure une grande partie de la nourriture à un moment de leur cycle se trouvent décalés par rapport à l'éclosion de cette chenille, dont le cycle dépend d'autres facteurs



**Photo 3 :**  
Pousses de pin pignon en pleine croissance mi-décembre 2011.  
Ces pousses ont été sévèrement atteintes par le gel de février 2012.

**Photo 4 :**  
Dégâts de gel sur un citronnier en mars 2018 (Carros, 06).  
Le gel a été léger mais l'arbre avait débourré et était en pleine croissance et en fleur.

que le sien. Des herbivores naissent alors que les principales ressources herbacées dont ils dépendent ne sont pas encore assez développées, ou au contraire sont trop avancées et coriaces.

Ces dernières années, les cas de dégâts de gel se sont multipliés en région méditerranéenne, malgré la réduction du nombre de jours de gel. Le gel de 2012 a été cité précédemment, pour ses conséquences sur la reproduction des végétaux. Mais il a aussi largement contribué à défolier de nombreuses plantes, brûlant massivement leur feuillage et les jeunes pousses, qui étaient déjà en pleine activité à cause d'un hiver trop chaud (Cf. Photo 4). C'est ce gel qui a décimé les floraisons de printemps citées plus précédemment.

Plus sournoisement, ces dégâts de gel brûlent partiellement les tissus sans les tuer, laissant les champignons finir le travail en s'introduisant facilement dans ces tissus lésés. Des mesures réalisées au printemps 2012 par l'IRSTEA ont montré que la conjonction du gel et des pathogènes opportunistes avait réduit de 30% la surface foliaire du pin d'Alep et de nombreuses autres espèces en Provence en 2012.

### Incendies, sécheresses et fertilité des sols

Le risque d'incendie se développe rapidement dans les régions méditerranéennes, avec la conjonction de nombreux facteurs liés aux changements climatiques et territoriaux : (a) allongement des périodes de sécheresses et augmentation de leur fréquence et de leur intensité ; (b) production régulière de grandes quantités de biomasse morte, très inflammable et combustible, lors de ces sécheresses intenses ; (c) accumulation de biomasse dans les milieux naturels peu entretenus et création de continuités spatiales de ce combustible à grande échelle ; (d) multiplication des interfaces entre les zones urbaines ou d'activités humaines et les milieux naturels, d'où partent la majorité des incendies.

La combinaison d'incendies fréquents et de sécheresses répétées est hautement probable dans le futur. L'étude des effets de cette combinaison (VENNETIER *et al.* 2008), montre que l'on s'acheminerait vers un seuil critique de dégradation des écosystèmes forestiers. Cette dégradation serait irréversible à moyen terme après une série rapprochée d'incendies, ou avec la conjonction d'un feu et d'une série de sécheresses consécutives, comme celles qui se sont enchaînées de 2003 à 2007 en Provence. C'est notamment à travers un affaiblissement de la richesse et de la vie du sol (Cf. Photo 5), que peut se produire un effondrement de l'écosystème. La disparition d'une partie importante de la faune et microfaune du sol limite la régénération de ses propriétés physiques (porosité,



#### Photo 5 :

Activité intense des vers de terre dans une suberaie de 50 ans dans les Maures (Var). On a dénombré initialement 14 vers adultes de 5 à 8 espèces différentes par  $m^2$ . Le sol était couvert à plus de 50%, et parfois jusqu'à 100%, d'un horizon d'agrégats issus des turricules de ces vers, ce qui le protège de l'érosion. La vie du sol se concentre dans ces déjections riches en matière organique, alors que le reste du sol est pauvre. Cette activité est essentielle au maintien des qualités du sol. Après incendie et plusieurs années de sécheresse, on ne trouve plus que 1 vers/ $m^2$  d'une ou deux espèces, et plus 50% de la surface du sol ne présente plus aucune activité, le reste n'étant couvert qu'à quelques pourcents.

infiltrabilité, agrégation, résistance à l'érosion). Elle est associée à un appauvrissement fonctionnel des communautés microbiologiques (bactéries, champignons), ce qui ne permet plus d'assurer pleinement les cycles essentiels des éléments nutritifs. La productivité du système décroît, renforçant l'appauvrissement en matière organique lié aux incendies et l'appauvrissement général de l'écosystème. Les conséquences sur la grande faune risquent d'être importantes : elles peuvent modifier radicalement la structure, la composition et la distribution spatiale de la végétation, et réduire fortement la productivité de toutes ses composantes constituant les ressources de la faune : herbacées, fleurs, fruits.

## Biodiversité végétale et sous-bois

Le suivi de placettes permanentes en Provence a montré qu'entre 1998 et 2008, la flore avait subi des transformations significatives, clairement liées au changement climatique : d'une part la disparition partielle et la forte réduction en couvert des espèces les plus exigeantes en humidité et en fraîcheur ; d'autre part l'expansion spatiale et des gains de recouvrement des espèces les plus résistantes à la chaleur et à la sécheresse (Cf. Fig. 4). Les milieux les plus touchés sont les zones d'altitude élevée, les versants nord, les fonds de vallons, et les sites avec les sols les plus profonds. Ces milieux habituellement favorables à la productivité végétale, grâce à un bon bilan hydrique, ont subi de plein fouet les récentes sécheresses et canicules extrêmes : les conditions locales n'arrivent plus à compenser, comme c'était le cas dans le passé, le déficit en eau estival d'origine climatique qui se creuse inexorablement. Un seuil critique a été franchi. Cette perte se traduit parallèlement par une réduction du nombre total d'espèces, donc de biodiversité, de l'ordre de 15% dans les milieux les plus riches.

Paradoxalement, les milieux déjà défavorables (versants chauds, sols superficiels, basses altitude) ont plutôt bien résisté jusqu'à récemment : les espèces présentes à l'origine sur ces sites connaissaient déjà régulièrement des privations d'eau prolongées. Elles étaient donc adaptées, génétique-

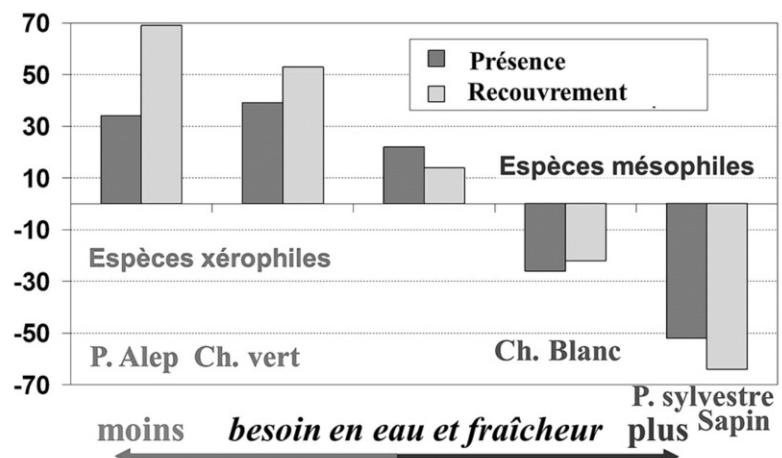


Fig. 4 :

Variations de l'occurrence (fréquence) et de l'abondance-dominance (somme des coefficients de Braun-Blanquet) de la flore forestière en Provence entre 1997 et 2008 dans un réseau de placettes permanentes. Les plantes sont classées en 5 groupes, allant de gauche à droite des plus résistantes aux moins résistantes à la chaleur et la sécheresse. Au total près de 200 espèces sont prises en compte. Les principaux arbres de la forêt méditerranéenne (chênes, pins et sapin) sont situés à titre indicatif dans leur groupe d'espèces.

ment et morphologiquement, à des niveaux élevés de stress. Par contre, lors de la grande sécheresse de 2017, on a constaté des déperissements importants dans ces zones chaudes et sèches, y compris pour des espèces réputées très résistantes : là encore, un seuil critique a été franchi. Dans le futur, l'accentuation du stress hydrique devrait faire gagner en surface les zones touchées par une modification et un appauvrissement de la flore, dans des milieux de plus en plus secs.

Les conséquences de ces changements de flore, et des déperissements associés, sont significatives pour les ressources de la grande faune, notamment des herbivores :

- d'une part la productivité des milieux mésophiles étant plus élevée que celle des milieux xérophiles, c'est globalement une réduction de la biomasse végétale qui est observée ;

- d'autre part, la majorité des espèces mésophiles qui disparaissent est constituée d'herbacées ou semi-ligneux appétants. Ces espèces sont remplacées par des xérophiles plutôt ligneuses et coriaces, moins intéres-



**Photo 6 :**

La réduction des ressources directes va impacter les frugivores et granivores de toutes tailles, dont le sanglier.

© B. Hamann.

santes en moyenne pour la faune. La perte de diversité végétale diminue aussi la diversité et la continuité temporelle des ressources en feuilles, fruits et racines.

### Surfaces forestières

La forêt méditerranéenne continue lentement mais sûrement à gagner en surface, au détriment des zones ouvertes, pâturages et zones agricoles. Cette perte de milieux riches en herbacées, associée avec les pertes de ressources liées aux sécheresses, accentue la pression des herbivores sur les zones de culture restantes, les zones périurbaines et le réseau routier, mais aussi les régénérations forestières. Même si les déperissements forestiers plus ou moins marqués ouvrent en



**Photo 7 :**

La perte des ressources alimentaires des zones ouvertes déplace la pression des herbivores, ici chevreuil.

© François Sabathé.

partie les peuplements, ils ne compensent pas entièrement les ressources perdues. La régénération des forêts, notamment des feuillus mais aussi des sapins, devient très difficile, car soumise aux contraintes croisées des sécheresses et de l'abrutissement. L'avenir de certains peuplements est plus qu'incertain.

### Discussion et conclusion

Lorsqu'elles se cumulent, les conséquences du changement climatique sur la forêt méditerranéenne ont plutôt un impact négatif sur la valeur du milieu pour la grande faune (et toute la faune en général). Elles conduisent à une réduction moyenne des ressources en termes de quantité et de diversité. Mais elles conduisent aussi à des ruptures temporelles de ces ressources, ce qui est tout aussi néfaste.

Une autre ressource vitale pour la faune disparaît progressivement avec le changement climatique : l'eau. Depuis des années, on observe le tarissement de sources que l'on pensait permanentes ainsi que l'assèchement prolongé des rivières et des plans d'eau temporaires en été, mais aussi à d'autres saisons avec des sécheresses d'hiver ou de printemps. La survie et la répartition spatiale des animaux sont directement impactées. Ces phénomènes ne peuvent que s'aggraver dans le futur. La création et l'alimentation de points d'eau artificiels peuvent corriger partiellement la pénurie, et peuvent être indispensables au maintien de nombreuses espèces : c'est le cas notamment pour les plus petites et les moins mobiles qui dépendent de territoires bien délimités. Mais concernant la grande faune, ces mesures ne pourront qu'accentuer le déséquilibre entre les populations surnuméraires et des ressources en nourriture limitées.

Face à une pénurie attendue de ces ressources, aux déperissements observés et attendus, une gestion plus dynamique de la forêt serait utile. Sur l'ensemble des pays méditerranéens, et dans tous les climats où la sécheresse est une forte contrainte, les études scientifiques récentes démontrent qu'une diminution de la concurrence entre arbres, ou entre les arbres et le sous-bois, réduit considérablement les risques de mortalité de toutes les strates de végétation. Par

ailleurs, les peuplements jeunes se montrent plus résistants et plus résilients que les anciens. Préserver nos forêts méditerranéennes dans le futur exigerait donc de les éclaircir et de les rajeunir, et de gérer l'ensemble de la biomasse. Cette approche aurait de multiples avantages :

- limiter les risques de mortalité diffuse ou massive, et donc préserver à la fois une ressource économique importante, les paysages, la protection des sols et des ressources en eau ;
- créer de nombreux emplois locaux dans le milieu rural ;
- nourrir la filière bois-énergie en limitant le recours aux énergies fossiles, donc en limitant l'effet de serre et ses conséquences ;
- en limitant la biomasse, limiter l'intensité et la vitesse de propagation des incendies ;
- multiplier les ressources pour la grande faune, à la fois par l'accroissement de la flore herbacées, et le maintien de la production de fruits, qui est plus forte dans les milieux plus ouverts ;
- limiter la pénurie d'eau : il est en effet démontré, en climat semi-aride, qu'une forêt moins dense utilise moins d'eau et permet de limiter la durée et la sévérité des étages en saison sèche, tout en continuant à jouer son rôle de contrôle des crues en période pluvieuse.

Une telle politique doit bien entendu prendre en compte des contraintes écologiques : milieux originaux, vieilles forêts, espèces rares, espaces sensibles, îlots de vieillissements, besoin de bois morts pour la biodiversité. Le défi pratique lié à l'éclatement foncier limite notre marge d'action, mais il faut convaincre les propriétaires qu'ils ont beaucoup à gagner, car le risque est grand par endroits de tout perdre. Une politique de gestion plus intense se heurte aussi à des contraintes sociales, notamment à une acceptation de plus en plus difficile des coupes de bois. On connaît par ailleurs les difficultés de rentabiliser et simplement mettre en œuvre une gestion sophistiquée dans ces milieux difficiles et souvent peu productifs. Enfin, le rajeunissement des forêts se heurte par endroits à la surdensité des grands herbivores, qui interdit toute régénération des espèces principales.

Mais ne rien faire nous expose à perdre bien plus encore : à ne rien couper mainte-

nant, on risque de n'avoir plus grand-chose à couper, ni même à regarder dans certains secteurs.

En conclusion, les forêts méditerranéennes françaises sont menacées d'une dégradation importante par le changement climatique, et des déprésissements massifs sont probables avant la fin du XXI<sup>e</sup> siècle. Les conséquences de ces changements vont peser lourdement sur la grande faune, directement et indirectement, à travers une réduction des ressources et une modification de leur répartition spatiale et temporelle. L'équilibre entre grande faune et régénération forestière est déjà un enjeu majeur. Il sera encore plus difficile à obtenir dans un milieu plus contrariant, où les années favorables à la régénération se feront plus rares.

Si la gestion plus intensive de nombreuses forêts est une partie de la solution, une gestion des populations herbivores dans la limite des ressources forestières et de leur pérennité est tout aussi importante.

Michel VENNETIER  
IRSTEA  
Centre  
d'Aix-en-Provence  
3275 Route de  
Cézanne  
CS 40061  
13182  
Aix-en-Provence  
Cedex 5  
Tél. : 04 42 66 99 10  
michel.vennetier@  
irstea.fr

**M.V.**

## Bibliographie

- Y. Bidet, E. Brache, P. Carrega, C. Demarque, G. Dubois, X. Giraud, J. Guiot, N. Martin, P. Rossello, C. Yohia, 2016, Climat et changement climatique en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, Les cahiers du GREC-PACA, Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR), mai 2016, 44 pages.
- Département santé des forêts : cas du *Crumenulopsis soraria*  
[http://draaf.paca.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/no78-CRUMSOR\\_PIN\\_ALEP\\_cle43a521.pdf](http://draaf.paca.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/no78-CRUMSOR_PIN_ALEP_cle43a521.pdf)
- Marty P., Vennetier M., Lemaire J., Poncelet M., Perri H., Jourdan A. - 2018. Forêts méditerranéennes et alpines face aux changements climatiques : le cas du pin sylvestre en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. CNPF, Irstea, IDF. Rapport final, 83 pages.
- Vennetier M. et al. (49 co-auteurs), 2008. Etude de l'impact d'incendies de forêt répétés sur la biodiversité et sur les sols : recherche d'indicateurs. Rapport de synthèse. Cemagref, Union Européenne, Ministère de l'Agriculture et de la pêche, 32 p.
- Vennetier M., Bodin J., Baudel J., Piana C., Celse R., Ripert C., Estève R., Lopez J.-M., Gerra F., Martin W., Lemoine T. - 2013. *Débroussaillage réglementaire et apiculture en forêt méditerranéenne, guide technique*. Irstea et Cardère édition, Aix-en-Provence, 40 p.

### Résumé

---

#### Changement climatique et forêt méditerranéenne - Quels impacts actuels et futurs sur la grande faune ?

La forêt méditerranéenne est en première ligne face au changement climatique. Les déclinements de nombreuses espèces (chênes, pins, sapins) y ont fortement augmenté au cours des 30 dernières années. La combinaison de sécheresses répétées avec des incendies plus fréquents et plus violents menace la survie même de certains écosystèmes. En 2017, même les garrigues et des maquis, composés d'espèces réputées très adaptées à des sécheresses extrêmes, et à des sols superficiels, ont décliné par endroits sur des dizaines d'hectares. Des modifications significatives de composition de la flore, et en général des pertes de biodiversité, ont été démontrées. Les cycles de vie et de reproduction des plantes sont perturbés, la qualité et la fertilité des sols se dégradent.

Dans cet article, nous interprétons ces phénomènes en termes de ressources pour la faune : les espèces gibier en première ligne, mais de façon générale tous les animaux, des herbivores aux carnivores, des polliniseurs aux vers de terre, qui tous concourent à l'équilibre de la nature. Nous alertons en retour sur les effets que le manque de ressources pour les animaux, des plus grands aux plus petits, peut avoir sur le fonctionnement et l'avenir de la forêt.

Reprendre la gestion de ces forêts, les éclaircir, les rajeunir et anticiper les changements futurs d'espèces dominantes sont des mesures nécessaires, autant pour la forêt elle-même que pour sa faune. Un équilibre doit être retrouvé, et adapté en permanence, entre végétation et grands herbivores, car la régénération des peuplements âgés, les plus sensibles aux stress climatiques et donc la plus urgente, est déjà menacée.

### Summary

---

#### Climate change and Mediterranean forests: what present and future impact on big wildlife?

Mediterranean forests are in the front line of climate change. The dying-off affecting numerous species (oaks, pines, firs) has worsened considerably over the last thirty years. The combination of drought periods and ever more frequent and violent wildfire even threatens the survival of certain ecosystems. In 2017, the bushland *garrigue* and *maquis* themselves, formed of species held to be very well adapted to extreme aridity and thin soils, deteriorated in some areas over many tens of hectares. Significant modifications in the species make-up of the flora have been clearly shown, as well as a widespread loss of biodiversity. The life cycles and reproduction of plants have been affected; the quality and fertility of soils have also been degraded.

In this article, we interpret these phenomena from the perspective of resources available to wildlife: game species first of all but, more generally, to all animals, be they herbivorous or carnivorous, pollinating insects or earthworms, all of which contribute to nature's overall equilibrium. We show the impact that a lack of resources for wildlife (large or small) may itself have by highlighting this lack as it rebounds on the functioning of forests and on their future.

Rethinking the management of these forests -thinning them out, renewing them, foreseeing the changes to come in dominant species- are all essential measures as much for the forests as for the wildlife itself. A balance must be restored and adapted continuously between the big herbivores present and the plant cover because the regeneration of ageing stands, which are the most sensitive to climate change and as such form the most urgent case, is already under threat.