

Peut-on gérer les romarins pour améliorer leur santé et leur floraison ?

par Maxime CAILLERET, Mathieu AUDOUARD, Jean-Michel LOPEZ, Roland ESTÈVE, Nicolas MARTIN-ST-PAUL et Michel VENNETIER

Ces dernières années, les phénomènes de dépérissement de la végétation méditerranéenne se sont multipliés avec l'augmentation des sécheresses estivales.

Les effets s'en ressentent sur les garrigues à romarin, avec une diminution des floraisons qui s'accompagne de problèmes de compétition entre abeilles domestiques et sauvages, entraînant des baisses de production de miel. Cet article retrace une expérimentation de gestion menée dans l'objectif d'améliorer la santé des romarins.

Introduction

Situé entre Marseille et Martigues, le long de la mer Méditerranée et de l'étang de Berre, le massif calcaire de la Côte Bleue est un haut lieu de l'apiculture en Provence. Une forte concentration de ruches est constatée chaque printemps pour la floraison des espèces de la garigue, et notamment du romarin (*Rosmarinus officinalis*). Certaines de ces garrigues sont très anciennes, entretenues depuis des siècles par le pâturage et le feu. D'autres résultent du passage fréquent des incendies qui ont progressivement fait disparaître la forêt de pin d'Alep (*Pinus halepensis*), qui prédominait par endroit au milieu du XX^e siècle, et qui recolonise le milieu à proximité des semenciers. En plus du pin d'Alep, les espèces forestières telles que le chêne vert (*Quercus ilex*) et le genévrier cade (*Juniperus oxycedrus*) sont présentes par bouquet ou par individu isolé donnant au site une formation végétale ouverte. Les espèces arbustives dominantes sont le chêne kermès (*Quercus coccifera*), le ciste de Montpellier (*Cistus monspeliensis*) accompagné d'autres cistes, le romarin et l'ajonc de Provence (*Ulex parviflorus*), alors que le brachypode penné (*Brachypodium retusum*) domine la strate herbacée dans les zones ouvertes. De nombreuses autres plantes se trouvent disséminées en proportion globalement faible, mais peuvent être localement abondantes : elles présentent un grand intérêt mellifère comme le thym (*Thymus vulgaris*), ou la badasse (*Lotus dorycnium*). Si le romarin est la ressource nectarifère dominante, les autres espèces procurent ensemble une ressource en nectars certes plus limitée en quantité, mais variée, et qui s'étale dans le temps au printemps et en automne. Par ailleurs, certaines des espèces dominantes, dont les cistes et les chênes, procurent de grandes quantités de pollens indis-

1 - INRAE : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement.

pensables aux abeilles domestiques et sauvages et à beaucoup d'autres insectes pollinisateurs (VENNETIER *et al.* 2013).

Cependant, une tendance à la dégradation de la santé et productivité des romarin et d'autres espèces dominantes des garrigues est observée depuis le début des années 2000 sur le massif de la Côte Bleue. Ce phénomène est en partie lié au vieillissement des individus, les derniers incendies ayant conduit à la formation de ces garrigues s'étant produit il y a 30 à 50 ans. Mais elle est accentuée sous l'effet de périodes de sécheresses répétées ces dernières années, certaines exceptionnelles comme en 2003-2004, 2006-2007, et 2017 (Cf. Fig. 1). L'année 2019 a aussi été très sèche globalement malgré quelques pluies intenses qui font remonter le cumul annuel. Elle a été suivie par un hiver lui aussi très sec, contrairement à 2017 où des pluies soutenues en hiver avaient mis fin au stress hydrique d'été. Ces sécheresses se traduisent par un dessèchement partiel des feuilles et rameaux de romarin (Cf. Fig. 1), et par une diminution de la floraison. Ceci est critique à la fois pour les abeilles domestiques dont les effectifs sont en réduction à cause des différents stress et perturbations qu'elles subissent comme les pesticides ou parasites (ALBOUY & LE CONTE 2019), mais aussi pour les abeilles sauvages et les autres polliniseurs très abondants en garrigue calcaire méditerranéenne. Dans le parc national des Calanques, plus de 250 espèces de polliniseurs ont été répertoriés par l'Institut méditerranéen de biodiversité et

d'écologie (CNRS ; ROPARS 2020). Sur le domaine de la Côte Bleue, 56 espèces d'abeilles sauvages différentes ont été comptées par l'Unité de recherche « Abeilles et Environnement » de l'INRAE¹ Avignon. Si celles-ci sont des pollinisatrices spécialistes contrairement aux abeilles domestiques plus généralistes, elles rentrent tout de même en compétition pour l'exploitation des ressources florales, qui tourne à l'avantage abeilles domestiques (HENRY & RODET 2018).

Dans ce contexte de réduction de la ressource florale et des populations d'abeilles, et compte tenu de la poursuite voire de l'amplification du changement climatique dans les années à venir (GREC-SUD 2016), des actions de gestion adaptée doivent être envisagées. Afin de maintenir ou d'augmenter les effectifs des populations d'abeilles sauvages, ainsi que la production mellifère par les abeilles domestiques, une option consiste à réduire la densité et à modifier l'emplacement des ruches (HENRY & RODET 2018). Une seconde option consiste à restaurer et améliorer leur habitat et à favoriser la production de fleurs, par gestion de la structure, composition, et vitalité de la végétation (DECOURTYE *et al.* 2019).

L'objectif de notre étude est donc d'analyser les effets à court et long termes d'une opération de taille des individus de romarin sur leur vitalité et leur floraison. Cette technique de coupe est souvent utilisée pour maximiser la croissance des romarins de plantation et de jardins, mais n'a jamais été testée en conditions naturelles. Focalisés sur

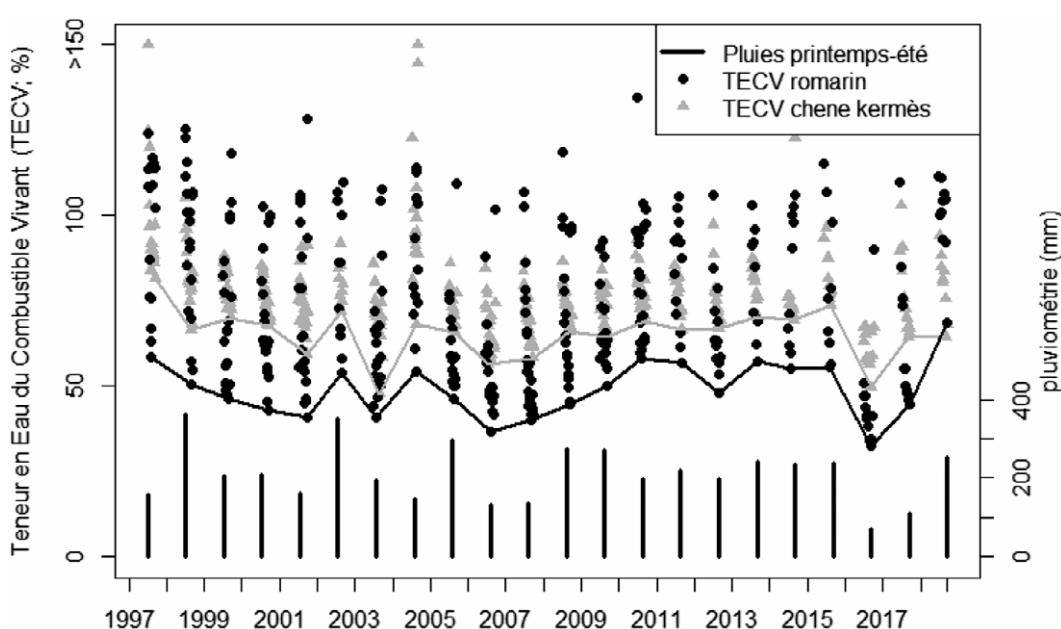
Fig. 1 :

Evolution de la pluviométrie printanière et estivale au niveau du massif de la

Côte bleue (données SAFRAN Météo France), et de la teneur en eau du combustible vivant (TECV) du romarin et chêne kermès mesurée par la mission zonale DFCI (Défense des forêts contre l'incendie) au site 'Le Romaron'

(site D13S2 du réseau hydrique ; Martin-St-Paul *et al.* 2018). Comme les données de pluviométrie et de TECV sont issues de la période printemps-été,

les histogrammes et points sont décalés par rapport à l'étiquette des années indiquées sur l'axe des abscisses (l'étiquette est placée au 1^{er} janvier).



des garrigues vieillissantes situées sur le massif de la Côte Bleue, nous avons suivi de 2015 à 2020, la santé et le niveau de floraison des romarin traités manuellement selon trois modalités de coupe (taille haute, taille basse, témoin) et deux niveaux de fertilité du milieu. L'objectif était de tester la pertinence de telles opérations pour préparer et calibrer d'éventuelles opérations mécanisées à plus large échelle.

Matériels et méthodes

Les placettes expérimentales ont été installées en fin de printemps 2015 à Ensuès-la-Redonne au centre du massif selon le modèle suivant : (1) Trois sites à forte densité en romarin ont été choisis pour avoir des placettes de petite taille avec des conditions environnementales homogènes. (2) Au sein de chaque site, nous avons choisi deux zones différent par leur fertilité : la modalité « fertile » correspond aux sols profonds avec une faible teneur en éléments grossiers, alors que la modalité « mauvaise » indique des situations où la roche mère est affleurante. (3) Pour chaque site et modalité, trois traitements ont été choisis: deux traitements de taille du romarin où le houppier est coupé en partie haute (à environ 70% de sa hauteur) et en partie basse (50%), et un traitement témoin sans coupe pour suivre l'évolution naturelle du peuplement. Au total, 18 placettes ont donc été installées afin d'obtenir des résultats représentatifs de la variabilité des garrigues de la Côte Bleue. Finalement, 50 pieds de romarin ont été choisis par placette soit 900 romarin pour l'ensemble des trois sites. Ces individus sont choisis pour

être représentatifs en dimensions et en état sanitaire du peuplement concerné.

La hauteur de coupe des romarin a été choisie d'après une première expérimentation réalisée entre 2010 et 2013 sur la commune du Puy-Sainte-Réparade dans les Bouches-du-Rhône. Cette étude a montré que le romarin ne rejettait pas à partir de la souche, mais développait de nouvelles pousses à partir de rameaux vivants, que les branches soient dressées ou couchées au sol en cas d'écrasement. Elle a aussi révélé qu'il n'existe pas une bonne hauteur absolue de coupe, mais plutôt une hauteur relative par rapport à la structure des pieds de romarin. Nous avons donc réduit la hauteur des pieds d'environ 50% pour la taille dite « basse », et de 30% pour la taille « haute ».

A l'intérieur de chaque placette, les 50 pieds de romarin ont été cartographiés au GPS et étiquetés pour faciliter leur suivi à long terme. La description de chaque romarin a été réalisée selon un protocole standard en mesurant la hauteur maximale de l'individu, le diamètre de son houppier (extension spatiale des branches), et le nombre de brins. L'état sanitaire d'un individu est estimé basé sur le pourcentage de rameaux morts, la densité et la couleur du feuillage, la longueur des dernières pousses annuelles, et représente la vigueur moyenne des tiges qui peut être hétérogène au sein d'un individu. Il est noté selon une échelle qualitative, allant d'un individu mort (0) à des romarin en parfaite santé (4) par classe de 0,5 (Cf. Photos 1 et 2). La note 3 montre déjà des signes de faiblesse, comme un feuillage peu dense ou jaunissant ou une mortalité partielle de rameaux. Le niveau de floraison est noté selon le même classement : un individu

Photo 1 (à gauche) :
Exemple d'individu de romarin avec des feuilles fines, une branchaison réduite, et sans aucune floraison (note de santé de 1, et note de floraison de 0).

Photo 2 (à droite) :
Exemple d'individu de romarin avec un feuillage et une floraison dense (note de santé et de floraison proches de 4).

Photos J.M. Lopez.



dépourvu de fleur a une note de 0 (Photo 1), alors qu'une note de 4 indique floraison dense et généralisée (longue hampe florale sur toutes les tiges de l'individu ; Photo 2).

Après avoir réalisé des mesures initiales en 2015 avant le traitement, nous avons taillé les individus sur les placettes correspondant aux traitements taille « basse » et taille « haute ». Les observations d'état sanitaire ont ensuite été effectuées aux printemps 2016, 2017, 2018 et 2020, ainsi qu'à l'automne 2017. Les observations de floraison n'ont, elles, été réalisées qu'aux printemps 2016, 2017, 2018 et 2020, alors que les diamètres et hauteurs ont été mesurés à intervalles moins réguliers. Par accident, 66 individus de romarin ont été broyés, surtout dans le site n°2 de mauvaise fertilité lors d'une opération de lutte contre un incendie menaçant le village d'Ensùès-la-Redonne, et plus marginalement dans d'autres placettes dans des opérations de débroussaillage alvéolaire. Ceux-ci ont été exclus de toutes les analyses ci-dessous. Les comparaisons de moyenne entre traitements et fertilités du sol ont été réalisées avec des tests non-paramétriques de Kruskal-Wallis.

Résultats

Croissance en hauteur

En 2015, les individus mesurés avaient une hauteur variant de 45 à 200 cm. Les roma-

rins présents sur les stations fertiles mesuraient en moyenne 124 cm, alors que ceux situés dans les mauvaises stations mesuraient 90 cm. En 2017, plus d'un an après la coupe et en tenant compte de la croissance des rejets, les romarins avaient perdu en moyenne, 25% et 36% de leur hauteur initiale, pour les tailles « haute » et « basse », alors que les témoins avaient subi une baisse de 4% par mortalité de branches. En 2020, les romarins « témoins » mesuraient 8 cm de plus qu'en 2017 en moyenne quelle que soit la fertilité du site. Leur croissance a été plus importante dans les traitements taillés bas de l'ordre +20 cm et +22 cm en stations mauvaises et fertiles, et taillés haut : +23 cm et +24 cm en trois ans. Sur toute la période d'étude, les individus témoin ont poussé de 4 cm en moyenne, ce qui souligne l'âge avancé de ces formations à romarin dont la hauteur maximale par rapport à la fertilité du site est presque atteinte. De plus, la croissance des rameaux vivants est souvent compensée par des mortalités d'autres branches. Il existe cependant une grande variabilité entre individus : certains ayant perdu leurs branches hautes par dessèchement de cimes alors que romarins plus vigoureux ont continué leur croissance. Les romarins taillés haut ont presque retrouvé leur taille initiale (-5 cm) ce qui indique une forte capacité de rétablissement après coupe, même dans des conditions sèches, alors que ceux taillés bas ont perdu 18 cm de hauteur en moyenne.

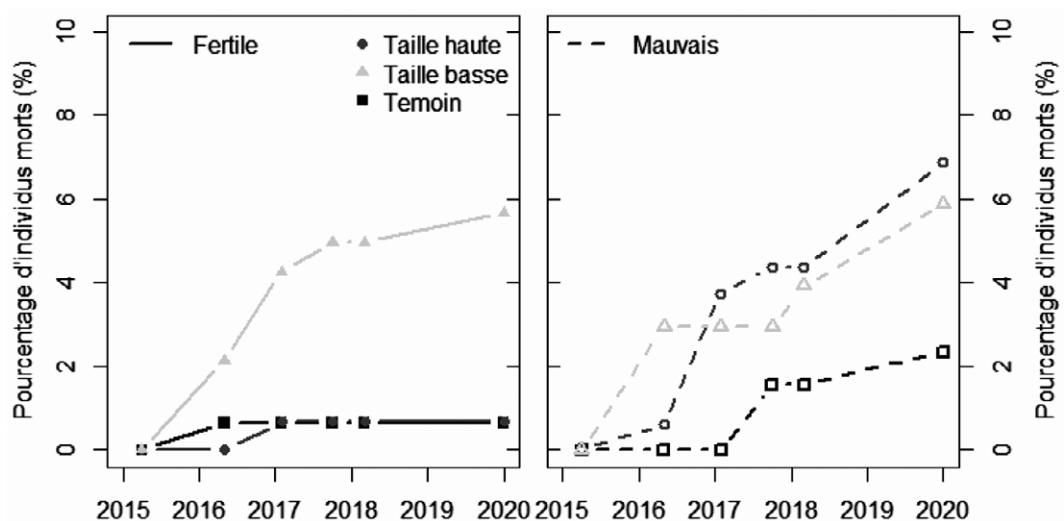


Fig. 2 :

Evolution du pourcentage de mortalité des romarins en fonction du traitement (couleur et format des points) et de la fertilité du site (gauche : fertile ; droite : mauvais).

Evolution de la survie et de la santé des romarin

La taille des romarin a affecté leur taux de survie à long terme. Le pourcentage de romarin morts dans le traitement témoin est resté faible et n'a significativement augmenté qu'en 2017 dans les sites peu fertiles (~2% ; Cf. Fig. 2). De la même manière, les individus taillés haut ont subi peu de mortalité dans les stations fertiles, mais certains sont morts en 2016, et entre 2018 et 2020 dans les stations mauvaises (7% de mortalité au total). La dynamique temporelle est différente dans le traitement « taille basse » avec de 2 à 3% de mortalité dès la première année, qui a ensuite augmenté graduellement jusqu'à un taux d'environ 6% en 2020 quels que soient les sites (Cf. Fig. 2).

Même en omettant les individus morts, l'état de santé global des romarin est médiocre, de moyen à mauvais selon les années, alors que l'échantillon initial ne comportait aucun pied mourant (note de santé de 0.5). Si la sécheresse 2017 n'a pas occasionné de mortalité massive, elle a fortement impacté la vitalité des romarin, notamment par un jaunissement complet du feuillage. Leur note de santé moyenne en octobre 2017 était d'environ 1.5, avec des valeurs proches de 1 dans le cas des placettes témoins en conditions fertile (Cf. Fig. 3 haut). Il n'y avait alors plus aucun individu considéré comme sain (classes 3 et 4). Les individus situés sur sol fertile avaient subi une plus grande baisse relative de leur note de santé que ceux sur mauvais sol entre le printemps et l'automne 2017 (-1.3 contre -0.9). Par contre, les capaci-

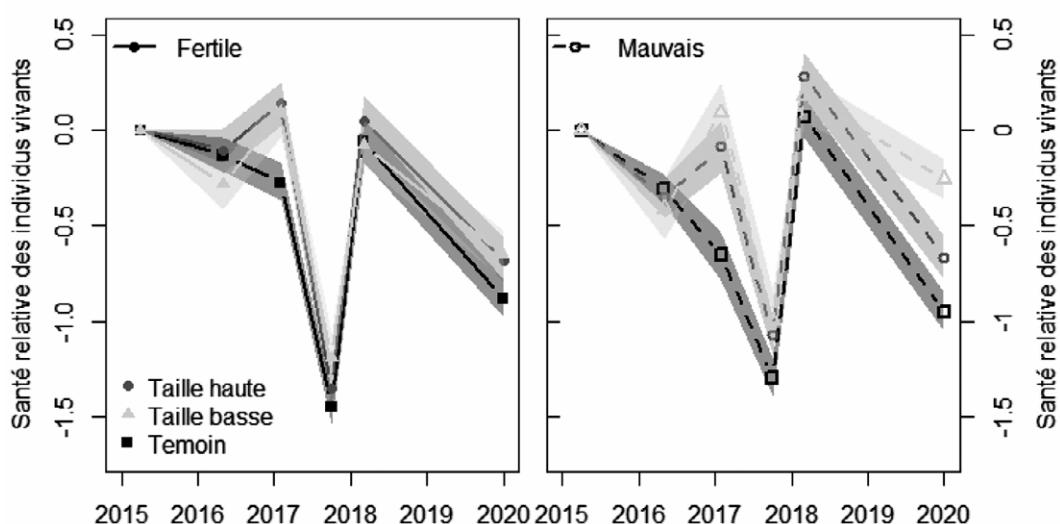
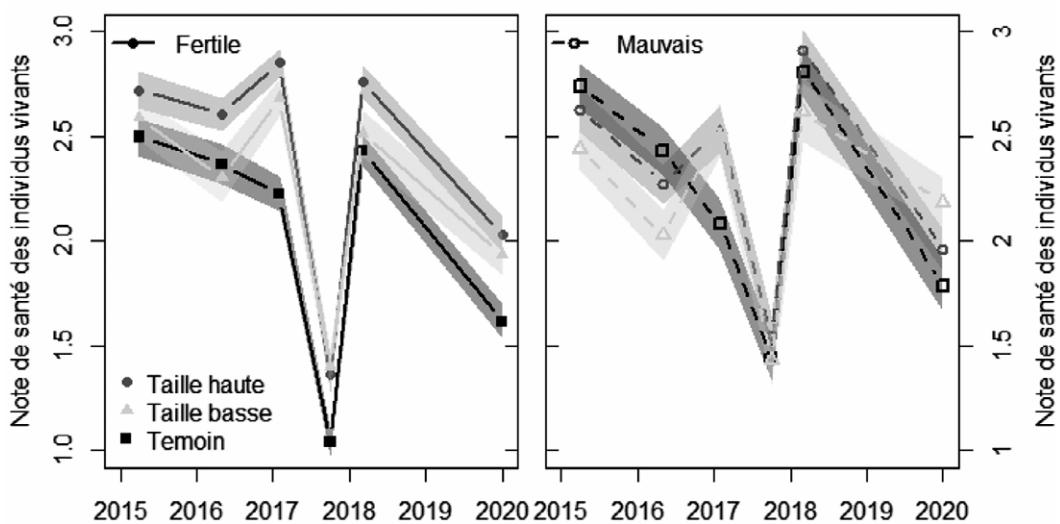


Fig. 3 :
Evolution de la note de santé moyenne des individus vivants en valeur absolue (haut) et relative par rapport à la valeur pré-traitement de 2015 (bas) en fonction du traitement (couleur et format des points) et de la fertilité du site (gauche : fertile ; droite : mauvais). Les intervalles de confiance autour des moyennes sont estimés à partir d'une méthode de ré-échantillonnage avec remplacement (« bootstrap »).

tés de rétablissement post-sécheresse ont été importantes. Au printemps 2018, après un hiver très pluvieux, la note moyenne était de 2.6 en conditions fertiles, et de 2.8 dans les mauvaises stations, soit la valeur la plus élevée des cinq années de suivi (2.6 en 2015 ; Cf. Fig. 3 haut).

Il n'y a pas eu d'effet de la coupe des romarins sur leur santé durant la première année du suivi, ce qui correspond au temps pour que les rejets se mettent en place. Par la suite en situation fertile, la taille haute a eu un effet bénéfique significatif quelles que soient les années en valeur absolue et en évolution relative avec le temps (Cf. Fig. 3 haut et bas). Les individus taillés bas ont eux aussi bénéficié de la coupe, mais seulement en 2017 et 2020. La taille haute a généralement eu un effet plus positif que la taille basse, bien que réduit après la sécheresse de 2017, et au début de 2020.

Dans les stations les plus mauvaises, traitements et témoin suivent des évolutions relatives quasiment identiques aux zones fertiles (Cf. Fig. 3 bas). En valeurs absolues, les différences entre traitements et témoin sont moins marquées à cause d'une santé initiale légèrement meilleure des témoins. L'effet positif de la taille s'observe au printemps 2017 (en moyenne 2.5 pour les tailles basses et hautes, 2.1 pour les témoins ; Cf. Fig. 3 haut). Cet effet disparaît après la sécheresse estivale de 2017 (environ 1.5 dans les trois cas) et redevient significative début 2020, où les taillés bas ont une meilleure santé que les autres traitements (notes moyennes de 2.2, 2 et 1.8, respectivement).

Enfin, les différences d'état de santé entre individus observées au début de l'expérimentation ont été globalement conservées : le coefficient de corrélation de la note de santé des individus entre deux mesures consécutives est de 0.43 en moyenne. Ce coefficient ne baisse pas avec l'allongement de la durée entre deux mesures, jusqu'à 5 ans (2015 – 2020).

Evolution de la floraison

Même si aucune note de floraison n'est disponible en 2015 avant la mise en place du traitement, nous pouvons observer logiquement un fort effet négatif des coupes sur la floraison 2016 par rapport aux individus témoin (Cf. Fig. 4) : la plupart des rameaux verts et vigoureux du haut du houppier, ceux portant les fleurs l'année suivante, ont en effet été coupés. La note de floraison 2016 est paradoxalement plus faible sur les sites fertiles (0.3 et 0.8 pour les tailles basses et hautes ; ce qui signifie très rares fleurs éparses) que sur les mauvais sites (1 et 1.5). Il est probable que la plus forte concurrence entre romarins, et avec les autres arbustes de la garrigue très dense des sites fertiles, réduise le nombre de branches basses vivantes et donc la possibilité de rejeter et de fleurir la première année après la coupe. L'effet de la taille devient positif par rapport au témoin à deux ans (printemps 2017), surtout pour la taille haute, avec une progression spectaculaire de la floraison des romarins coupés sur les sites fertiles, un peu moins marquée sur les mauvais sites. Après

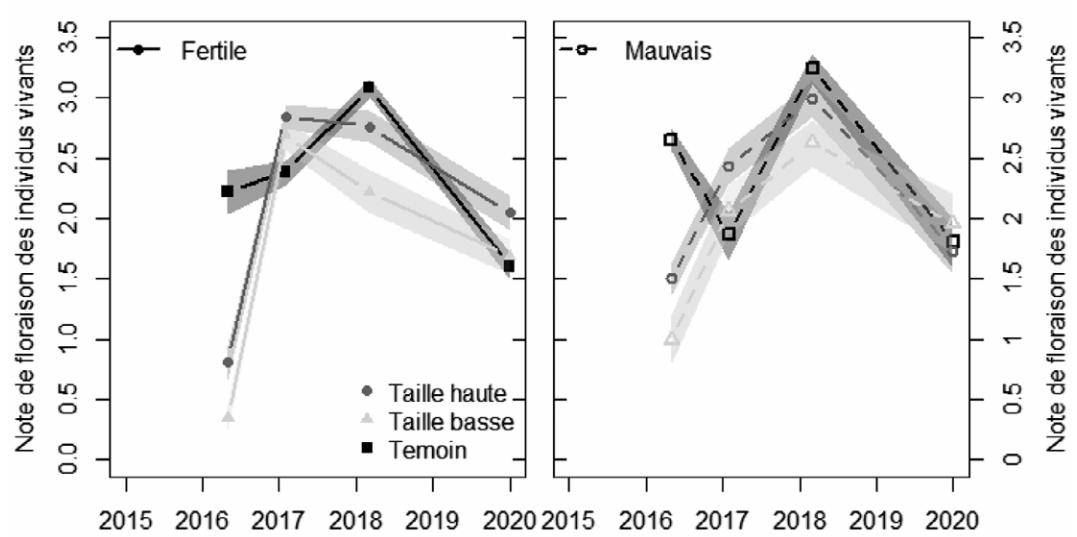


Fig. 4 :

Evolution de la note de floraison moyenne des individus vivants en fonction du traitement (couleur) et de la fertilité du site (gauche : fertile ; droite : mauvais).

Les intervalles de confiance autour des moyennes sont estimés à partir d'une méthode de ré-échantillonnage avec remplacement (« bootstrap »).

la sécheresse de l'été 2017, l'effet des coupes redevient négatif par rapport aux témoins au printemps 2018, principalement pour la taille basse. Enfin, cet impact devient à nouveau positif pour la taille haute en 2020 sur les sites fertiles, mais pas sur les mauvais sites où aucune différence entre traitements n'a été observée. De manière plus générale, sur les 4 ans de suivi, les individus taillés hauts ont une meilleure floraison que ceux taillés bas à la fois sur les sites fertiles et mauvais (sauf en 2020 dans les mauvais sites).

A l'échelle individuelle, la note de floraison d'un pied de romarin une année donnée est aussi positivement corrélée avec sa note de la mesure précédente, mais cette autocorrélation est moins forte que pour sa santé. Si on exclut l'effet coupe, c'est-à-dire en se focalisant sur les témoins et sans prendre en compte les données de 2016 notées juste après la coupe, les coefficients de corrélation moyens sont respectivement de 0.30 et de 0.27. Ainsi, le niveau de floraison des individus entre 2017 et 2020 est peu dépendant de celui, quasi nul, noté en 2016 (coefficient de corrélation de 0.08). De la même manière, les individus avec la meilleure note de santé sont aussi ceux qui fleurissent le plus (coefficients de corrélation entre 0.59 et 0.73), sauf en 2016 où il n'y a aucune relation significative entre la floraison et la santé des romarins dans les placettes coupées. Ceci confirme que l'année suivant la coupe, il y a une allocation des ressources vers la croissance du feuillage au détriment de la floraison.

Discussion

Notre suivi de romarins individuels sur cinq ans a mis en évidence un fort impact de la coupe sur la hauteur, le taux de mortalité, et l'état de santé des romarins alors que l'impact sur leur niveau de floraison est plus mitigé à cette échéance. Plusieurs années de fortes sécheresses ont interféré avec les traitements, et compliquent l'interprétation des résultats. Cependant, ces conditions sont représentatives de ce que risque d'être le climat futur, et placent donc notre essai dans la réalité d'une éventuelle future gestion des garrigues à romarin.

Le romarin possède tout d'abord une forte capacité à reconstituer son houppier s'il n'est pas coupé au pied. En effet, les individus

dont la hauteur a été réduite de 30% (taille « haute ») ont presque retrouvé leur hauteur initiale après 5 ans de suivi ; et l'état de santé de tous les pieds taillés a été amélioré après 2 ans par rapport aux témoins, surtout en conditions fertiles. Cet effet positif de la coupe s'est conservé au fil des saisons et est encore observable après 5 ans, ce qui est confirmé par les valeurs positives de corrélation des notes de santé individuelles entre années. Mais trois éléments viennent tempérer ce résultat. Premièrement, l'effet de la taille basse (réduction de 50% de la hauteur) est moins positif que la taille haute : il a entraîné un petit surcroît de mortalité dans tous les sites (+4 à 5% par rapport au témoin), et le gain de santé des individus vivants est moins important que pour la taille haute. Deuxièmement, en conditions mauvaises, certains individus taillés hauts sont également morts (+5%). Ces deux points indiquent un risque de coupe faite trop bas dans le houppier, dans des rameaux âgés au-dessous des ramifications vivantes qui peuvent encore reprendre ou accélérer leur croissance, et soulignent la nécessité d'une adaptation des tailles à l'âge et à la structure des romarins. Troisièmement, même si la coupe a probablement permis de mieux résister à la sécheresse 2016 (cf. notes du printemps 2017), la résistance à la sécheresse de 2017 et le rétablissement qui en a suivi n'a pas été meilleure que pour les témoins.

Si la première année après coupe est très mauvaise en termes de floraison, puisque la plupart des rameaux portant des bourgeons floraux ont été coupés et que les individus ont prioritairement alloué leurs ressources à la croissance de nouvelles tiges, la densité de fleurs redevient élevée après seulement deux saisons de végétation, avec un effet positif au printemps 2017. Mais, l'effet favorable des coupes s'est estompé en 2018 probablement à cause de la sécheresse extrême de l'été 2017. Cependant, la note de floraison donnée ici correspond à une note relative de densité des fleurs par rapport à la densité de ramifications et au feuillage des individus. Ainsi, pour une même note de floraison, il y a plus de fleurs sur un romarin haut, large, à dense branchage que sur un romarin étolé comportant beaucoup moins de branches, et sur un romarin taillé haut avec de nombreux rejets que sur un romarin taillé bas, ayant moins de rejets car disposant de moins de branches conservées. L'effet des coupes, notamment de la coupe haute, sur le potentiel mellifère réel est donc probablement plus bénéfique qu'il

ne ressort des différences de floraison relatives qui sont pour l'instant faibles et variables entre années, probablement à cause des sécheresses répétées.

Notre étude met aussi en évidence une faible résistance du romarin à la sécheresse, mais une forte capacité de rétablissement, notamment après la sécheresse 2017. Même si le romarin a une stratégie d'acquisition de l'eau conservative avec un fort contrôle stomatique (LLORET *et al.* 2016) et une importante marge de sécurité hydraulique (différence entre le potentiel hydrique à la fermeture complète des stomaques et pour lequel 50% du xylème n'est plus fonctionnel ; COSTA-SAURA *et al.* 2016), les feuilles vont fortement se déshydrater et tomber lors d'une sécheresse, et ceci d'une manière plus rapide et intense que les autres espèces associées comme le chêne kermès (Cf. Fig. 1). Cette déshydratation rapide est probablement liée à un engrangement superficiel et s'intègre dans une stratégie plus globale dans laquelle les chutes foliaires permettent de limiter l'embolie du système vasculaire et le dessèchement des organes de survie (méristèmes) dans des conditions extrêmes de déficit hydrique. Ce type de stratégie est typique de nombreuses espèces qui se régénèrent par graines comme le romarin (VILAGROSA *et al.* 2014). Elle permet de réduire la surface de transpiration des feuilles, comme observé à la suite de la sécheresse de 2004-2005 dans le sud-ouest de l'Espagne (LLORET *et al.* 2016). En octobre 2017, la majorité des individus avaient ainsi un feuillage presqu'entièrement jaune. Cette note de santé était nettement plus basse pour les témoins en situation fertile que sur les mauvais sites, où les individus sont a priori plus acclimatés à la sécheresse. Cependant, dès le printemps 2018, grâce aux pluies abondantes de fin d'automne et d'hiver, l'état de santé est redevenu bon, en tout cas à des niveaux comparables aux printemps 2015 et 2017, et peu d'individus sont morts. En perdant de la chlorophylle et en produisant des composés secondaires protecteurs et antioxydants comme le tocophérol pendant la sécheresse, les feuilles de romarin évitent des dommages irréversibles (MUNNÉ-BOSCH *et al.* 2000). Elles possèdent ainsi une capacité de reverdir et de redevenir fonctionnelles avec les pluies d'automne ou d'hiver.

Les populations de romarin se rétablissent très bien après une perturbation telle qu'une coupe, une sécheresse extrême, ou un incen-

die. Elles sont notamment capables de produire de nombreuses graines relativement grosses par rapport la plupart des espèces de la garrigue (qui vont donc rester plus longtemps dans le sol), et vont être des principaux contributeurs de la régénération post-incendie (LLORET *et al.* 2016). Cependant, les formations à romarin font face à une augmentation du risque de perturbations liés à l'augmentation des sécheresses, des vagues de chaleur et des aléas d'incendies qui y sont liés (GREC-SUD 2016 ; FARGEON 2019). Sur la Côte Bleue, le risque croissant de déclin du romarin est aggravé par le constat que leur état de santé est globalement faible à cause du vieillissement des individus. Sur la période 1959-2019, les précipitations annuelles sont de 540 mm en moyenne sur la Côte Bleue, et donc en plein centre de la niche climatique réalisée par le romarin (de 333 à 799 mm ; données espagnoles de COSTA-SAURA *et al.* 2016) ; mais elles ont été inférieures à 350 mm lors des années 2006, 2007, 2016 et 2017. En ce qui concerne les températures, elles sont de 15.0°C en moyenne annuelle, mais devraient dépasser la limite haute des températures de sa niche climatique (de 10.3 à 17.6°C ; COSTA-SAURA *et al.* 2016) dans une soixantaine d'années si la tendance actuelle de +2.87°C/siècle se poursuit, ou bien plus tôt si l'augmentation des températures à venir suit des voies à +4.5°C ou +6°C.

Des actions de gestion durable semblent ainsi nécessaires afin de revitaliser les romarins et d'augmenter leur capacité de produire des rameaux verts et des fleurs. Cela semble important à la fois pour maintenir les populations de polliniseurs en quantité et en diversité, mais aussi pour assurer des productions de miel ou d'huile essentielle soutenables de points de vues écologiques et économiques. Un suivi de ce dispositif est nécessaire afin d'étudier les effets à plus long terme des coupes, et savoir si et comment ils perdurent dans le temps et évoluent en fonction des conditions climatiques observées. On pourra notamment mieux comparer coupes hautes et basses dans leurs réponses aux sécheresses et en fonction de la fertilité. Par exemple, si la taille basse affaiblit plus les individus initialement, elle peut les protéger des années de très forte sécheresse grâce à leur surface foliaire réduite. Cela expliquerait d'une part, que la différence en terme de santé entre taille haute et basse ait surtout été visible les années humides, et d'autre part que la taille basse ait mieux

résisté (en évolution relative) à la sécheresse 2019. Les individus coupés bas pourraient ainsi le plus bénéficier de la coupe à long terme. De la même manière, les différences de stratégies d'investissement vers la croissance des tiges ou vers la floraison doivent être approfondies. Les faibles valeurs de corrélation temporelle des notes de floraison semblent indiquer des changements d'investissement en fonction du climat de l'année et des caractéristiques de l'individu. Des mesures additionnelles, par exemple de production de nectar à l'échelle de la fleur seraient aussi bienvenues afin de mieux quantifier l'impact de la gestion de cette végétation sur la quantité de nectar disponibles pour les abeilles et autres polliniseurs. Ces méthodes doivent enfin être testées sur des surfaces plus larges afin d'estimer la faisabilité technique et économique de tels modes de gestion à l'échelle de vastes parcelles ou d'un massif entier.

Remerciements

Ce projet a été financé par la Direction de l'eau et de la biodiversité du ministère de la Transition écologique, et a été mené en collaboration avec le Conservatoire du littoral, l'Office national des forêts, et l'Association de développement de l'apiculture provençale.

Références

- Albouy, V., & Le Conte, Y., 2019. *Nos abeilles en péril*. Carnets de Sciences, Editions Quae, 192 p.
- Costa-Saura, J. M., Martínez-Vilalta, J., Trabucco, A., Spano, D., & Mereu, S., 2016. Specific leaf area and hydraulic traits explain niche segregation along an aridity gradient in Mediterranean woody species. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 21, 23-30.
- Decourtye, A., Alaux, C., Le Conte, Y., & Henry, M., 2019. Toward the protection of bees and pollination under global change: present and future perspectives in a challenging applied science. *Current opinion in insect science*, 35, 123-131.
- Fargeon, H. 2019., Effet du changement climatique sur l'évolution de l'aléa incendie de forêt en France métropolitaine au 21^e siècle. *Thèse de doctorat*, Institut agronomique, vétérinaire et forestier de France, Paris
- Gratani, L., & Varone, L., 2004. Leaf key traits of *Erica arborea* L., *Erica multiflora* L. and *Rosmarinus officinalis* L. co-occurring in the Mediterranean maquis. *Flora*, 199, 58-69
- GREC-SUD, 2016. Climat et changement climatique en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, Les cahiers du GREC-PACA édités par l'Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR), 44p. ISBN: 9782956006015
- Henry, M., & Rodet, G., 2018. Controlling the impact of the managed honeybee on wild bees in protected areas. *Scientific Reports*, 8, 9308
- Lloret, F., Enrique, G., Pérez-Ramos, I. M., Marañón, T., Saura-Mas, S., Díaz-Delgado, R., & Villar, R., 2016. Climatic events inducing die-off in Mediterranean shrublands: are species' responses related to their functional traits? *Oecologia*, 180, 961-973.
- Martin-StPaul, N., Pimont, F., Dupuy, J. L., Rigolot, E., Ruffault, J., Fargeon, H., & Toutchkov, M., 2018. Live fuel moisture content (LFMC) time series for multiple sites and species in the French Mediterranean area since 1996. *Annals of forest science*, 75, 57.
- Munné-Bosch, S., & Alegre, L., 2000. Changes in carotenoids, tocopherols and diterpenes during drought and recovery, and the biological significance of chlorophyll loss in *Rosmarinus officinalis* plants. *Planta*, 210, 925-931.
- Ropars, L., 2020. Les communautés d'abeilles sauvages dans les habitats protégés méditerranéens : diversité, interactions et co-occurrence avec l'abeille domestique. Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille.
- Vennetier, M., Bodin, J., Baudel, J., Piana, C., Celse, R., Ripert, C. & Lemoine, T., 2013. *Débroussaillage réglementaire et apiculture en forêt méditerranéenne*. Cardère éditions. 40 p.
- Vilagrosa, A., Hernández, E. I., Luis, V. C., Cochard, H., & Pausas, J. G., 2014. Physiological differences explain the co-existence of different regeneration strategies in Mediterranean ecosystems. *New Phytologist*, 201, 1277-1288.

Maxime CAILLERET
Mathieu AUDOUARD
Jean-Michel LOPEZ
Roland ESTÈVE
Michel VENNETIER
INRAE, Université
d'Aix-Marseille,
UMR RECOVER,
3275 Route
de Cézanne
13182 Aix-en-
Provence

Nicolas
MARTIN-ST-PAUL
INRAE, URFM,
Domaine Saint Paul
Site Agroparc
228 route de
l'Aérodrome
84914 Avignon
cedex 9

Auteur
de correspondance :
maxime.cailleret@
inrae.fr

Résumé

Ces dernières années, les phénomènes de dépérissement de la végétation méditerranéenne se sont multipliés en lien avec l'augmentation des sécheresses estivales. En parallèle, une diminution des floraisons et une chute de la quantité et diversité des polliniseurs ont pu être observés. C'est le cas dans les garrigues à romarin sur le massif de la Côte Bleue, occasionnant des problèmes de compétition entre abeilles domestiques et sauvages, et des baisses de production de miel. Afin de tester si une gestion adaptée de la végétation pourrait améliorer la croissance, la santé et le niveau de floraison des romarins, un dispositif expérimental de 18 placettes a été mis en place selon 3 modalités de traitement (taille haute à 70% de la hauteur totale du romarin, taille basse à 50%, témoin) et 2 niveaux de fertilité du sol (fertile et mauvais). A l'issue de la première saison de végétation, la santé des romarins taillés ne s'est pas améliorée, et logiquement, la coupe qui élimine de nombreux rameaux a drastiquement réduit la floraison. Mais dès la deuxième année, la taille en position haute a nettement amélioré leur santé sur les sols fertiles avec une reprise des floraisons ; cet effet positif est encore observable après 5 ans de suivi, date à laquelle ils ont presque retrouvé leur hauteur initiale. Cependant, la coupe augmente aussi le risque de mortalité des pieds (notamment en taille basse), a un impact moins visible en conditions peu fertiles. L'effet de la coupe sur la floraison dépend aussi beaucoup des années, les fortes sécheresses la réduisant fortement dans tous les cas. Cet effet positif de la gestion des romarins comporte donc des précautions dans la hauteur de la coupe et doit être confirmé par un suivi à plus long terme.

Summary

Can rosemary bush scrubland be managed to enhance health and flowering?

In recent years, the occurrence of dieback events in Mediterranean vegetation has risen due to the increase in summer drought. In parallel, a decrease both in flowering and in the quantity and diversity of pollinators has been observed. This is the case, too, for the rosemary scrublands on the "Côte Bleue" massif, in southern France, which has caused problems of competition between domestic and wild bees and a drop in honey production. In order to test whether well-adapted vegetation management could improve the growth, health and flowering level of rosemary, an experimental trial of 18 plots was set up with 3 treatment protocols (high pruning, at 70% of the total height of the rosemary; low pruning, at 50% of height; and a control) and 2 levels of soil fertility (fertile and poor). At the end of the first growing season, the health of the pruned rosemary plants had not improved and, logically, flowering was reduced in proportion to the number of branches eliminated. But from the second year onwards, high-position pruning clearly improved the bushes' health on fertile soils with a resumption of flowering; this positive effect is still observable after 5 years of monitoring, by which time they have almost regained their initial height. However, pruning has also increased the risk of plant mortality (especially when done at 50% of their height), and has a less visible impact in low fertility conditions. The effect of pruning on flowering is also highly dependent on the year, with significant reductions during severe droughts. To sum up: the positive effect of rosemary management requires caution in the height of the cut and must be confirmed by longer-term monitoring.

Resumen

En los últimos años, los eventos de mortalidad de vegetación mediterránea se han multiplicado en relación con al aumento de la sequía estival. Paralelamente, se ha observado una disminución de la capacidad de floración y de la cantidad y diversidad de polinizadores. Este es el caso de los matorrales de romero en el macizo de la "Côte Bleue", en el sur de Francia, donde provocaron problemas de competencia entre las abejas domésticas y las silvestres, y un descenso de la producción de miel. Para analizar si una gestión de la vegetación adaptada podía mejorar el crecimiento, la salud y el nivel de floración del romero, se estableció un dispositivo experimental de 18 parcelas de acuerdo con 3 métodos de tratamiento (poda alta al 70% de la altura total del romero, poda baja al 50% de la altura, y control) y 2 niveles de fertilidad del suelo (fértil y pobre). Al final del primer periodo de crecimiento, la salud de las plantas de romero podadas no mejoró y, lógicamente, la floración se redujo proporcionalmente al número de ramas eliminadas. Pero a partir del segundo año, la poda alta mejoró claramente la salud del romero en suelos fértiles y produjo la recuperación de la floración; este efecto positivo sigue siendo observable tras 5 años de seguimiento, fecha en la que casi han recuperado su altura inicial. Sin embargo, la poda también aumenta el riesgo de mortalidad de las plantas (especialmente cuando se realiza al 50% de su altura), con un impacto menos visible en condiciones de baja fertilidad. El efecto de la poda sobre la floración también depende en gran medida del año, con reducciones significativas durante las sequías severas. Por tanto, el efecto positivo de la gestión del romero requiere de precauciones en la altura del corte y debe confirmarse mediante un seguimiento a largo plazo.