

La forêt du massif de Maures : 8000 ans d'histoire végétale et climatique

par Michel VENNETIER, Lucie LE CORNET et Nicolas PLAZANET

La forêt du massif des Maures est touchée depuis 20 ans par des dépérissements importants, se traduisant par des mortalités massives dans certains sites et une dégradation générale de l'état de santé des arbres, toutes espèces confondues.

Cet article retrace l'histoire de cette forêt sur 8000 ans et nous éclaire sur les interactions entre climat et activités humaines et leurs effets, de nos jours, sur la place et la distribution spatiale des différentes essences, notamment le chêne-liège.

Introduction

Les forêts du massif des Maures sont aujourd'hui soumises à des contraintes très fortes, qui mettent en péril leur nature et leur composition, menacent leurs débouchés économiques, leur intérêt paysager et les services écosystémiques qu'ils procurent à la société. On s'interroge notamment sur les raisons des dépérissements actuels :

- les espèces qui la dominent sont-elles autochtones ?
- ont-elles été introduites ou favorisées dans des milieux qui ne leurs sont pas assez favorables sans l'intervention de la gestion humaine ?
- sont-elles victimes d'une dégradation du milieu à cause des feux et de la gestion passée ?
- quelle est la part du changement climatique, des maladies et parasites dans ces dépérissements récents et dans certains chamboulements passés de l'écosystème ?

Dans cet article, nous faisons un résumé de deux points essentiels qui aident à interpréter la nature et la composition de l'écosystème forestier du massif des Maures. Il faut remonter loin dans le temps pour comprendre l'état actuel de la végétation du massif, soumise aux évolutions du climat et à la pression humaine depuis au moins 8000 ans.

La forêt des Maures, historique d'une dynamique pluri-millénaire

La composition de cette forêt, son évolution entre la fin de la dernière période glaciaire et le XX^e siècle, et le rôle de l'activité humaine, notamment par le feu, ont pu être en partie reconstituées à partir de l'analyse et de la datation des charbons de bois. BERGAGLIO *et al.* (2006) ont prélevé des échantillons de sol à différentes profondeurs, pour les zones d'ubac du secteur nord du massif. Des analyses polliniques réalisées dans les sédiments de la vallée de l'Argens (DUBAR *et al.* 2004), dans plaine au nord de la zone montagneuse, complètent cette étude. Elles donnent accès à l'évolution d'une zone bien plus étendue et en partie de plus basse altitude, grâce aux affluents venant du sud et au transport lointain, par les vents, des pollens typiques du massif.

De -8000 à -6000 ans, la forêt était surtout dominée en altitude par le chêne pubescent, ou beaucoup plus localement par le chêne-liège. Ils étaient accompagnés de façon minoritaire par diverses espèces d'arbres dont le chêne vert, des sorbiers, rarement des pins (maritime, peut-être Alep), du châtaignier et du tilleul. Des bruyères et l'arbousier se trouvaient parfois en abondance, sans doute comme sous-bois ou dans les trouées et dans les zones incendiées. La quantité de charbons dans ces couches profondes et anciennes est faible, ce qui traduit des feux limités en fréquence et en intensité. Les populations humaines étaient alors très peu nombreuses et sans doute non sédentaires.

Puis dans les milliers d'années qui suivent, la quantité de charbons augmente fortement et progressivement. Avec encore une présence souvent dominante du chêne pubescent, mais aussi une remontée significative de la proportion ou quantité de chêne-liège, toujours sur les ubacs en altitude, là où il était initialement peu représenté. Ce qui peut être attribué à la multiplication des feux, favorisant ce dernier, et aux choix humains avec l'usage du liège qui s'est progressivement développé.

Enfin dans les derniers millénaires, le chêne pubescent régresse fortement jusqu'à parfois disparaître de certains sites, compensé chez les feuillus par la montée en puissance du chêne-liège, et localement celle du

châtaignier. Ces deux espèces ont clairement bénéficié de leur intérêt économique et agro-nomique. Par ailleurs, le pin maritime, qui n'avait que ponctuellement et temporairement augmenté sa présence jusqu'au XVII^e siècle, prend par la suite une place dominante sur tout le secteur nord.

L'analyse pollinique, qui illustre plus largement la composition du massif, confirme cette évolution. Elle part il y a 8000 ans d'une forêt de chênes caducifoliés (chêne pubescent) accompagnée d'une très forte présence de bruyère arborescente, avec une proportion faible des pollens d'espèces herbacées et semi-ligneuses héliophiles par rapport à ceux des arbres, traduisant une canopée dense et fermée. Le tilleul, espèce de forêt caducifoliée mésophile évoluée, est constant bien qu'en faible proportion. Le chêne vert et les pins sont rares à cette époque mais leur présence est également continue. Au contraire, le chêne-liège ne fait que des apparitions ponctuelles ; ce qui suggère, en complément des charbons, qu'il n'occupe que de faibles surfaces dans les situations les plus favorables au nord.

On peut penser que dans les secteurs plus proches de la mer, ainsi que sur les adrets, la forêt était à l'origine (-8000 à -4000 ans) un peu différente de celle des ubacs du nord et nord-est du massif. Avec sans doute une présence plus marquée du chêne vert, de l'arbousier et des plantes xérophiles, notamment sur les sols peu profonds et à basse altitude, et des pins dont les pollens sont constants, bien que peu abondants dans les sédiments de rivière. Mais les sols de l'époque n'y avaient pas encore subi de graves problèmes d'érosion, et devaient être partout plus profonds et plus riches en matière organique que maintenant, restant assez favorables au chêne pubescent au moins dans les périodes fraîches.

Cette forêt commence à décliner il y a 6500 ans, l'évolution s'accéléralant 1000 ans plus tard et conduisant progressivement à une forêt dominée par des espèces d'arbres héliophiles. Un pourcentage croissant des herbacées traduit des ouvertures significatives. Le changement devient radical et définitif il y a 3000 ans : les pins prennent une place importante dans les zones basses avec la bruyère arborescente qui atteint ses niveaux records. Le chêne pubescent devient anecdotique, le chêne vert bien qu'encore rare a des pics temporaires, les cistes se multiplient. Le chêne-liège reste globalement rare, ce qui

signifie qu'en dehors des ubacs et en altitude où il s'est multiplié, il n'a pas encore gagné de terrain sur le reste du massif.

Si l'activité humaine a indéniablement joué un grand rôle dans cette évolution précoce, avec la multiplication des feux et le pâturage, elle a évolué en partie sous la pression d'alternances marquées de période significativement plus humides et plus sèches, mais aussi plus fraîches et plus chaudes (GREC SUD 2016). Entre 7000 et 4000 ans BP, des températures plus chaudes de 0,5°C que la moyenne post-glaciaire se sont maintenues (optimum de l'Holocène moyen). Mais les précipitations annuelles ont perdu de l'ordre de 20% à partir de -6000 ans. Puis le climat s'est refroidi à deux reprises, à partir de -4000 ans, puis encore plus vers -3200 ans. Les pluies ont encore fortement diminué dans le sud méditerranéen de la France, provoquant entre autres trois siècles de sécheresses marquées : ils ont contribué, en plus de l'activité humaine, à mettre fin à la domination du chêne pubescent. Cette fin chaotique de l'âge du bronze s'est traduite par de grands bouleversements de civilisations (disparitions de peuples dominants, invasions...) dans toutes les régions méditerranéennes.

Puis les pluies ont retrouvé un niveau normal, tandis que le climat se réchauffait de 0,5 à 1°C, favorisant l'agriculture et le développement des populations jusqu'à l'apogée de l'empire romain. Celui-ci a réalisé des déboisements généralisés pour l'agriculture et l'élevage, et conduit à un usage exponentiel du bois : piquets de vignes, tonneaux, charpentes, palissades de sites militaires, ponts, bois de feu, bois d'industrie pour la production de métaux à partir des mines présentes en nombre dans le massif, forges, etc. Mais vers le IV^e siècle de notre ère, une nouvelle période froide et humide, accompagnée probablement d'une ou de quelques explosions volcaniques cataclysmiques, accompagne la chute de l'empire romain et un fort déclin des populations et de leur occupation des sols.

La forêt regagne alors significativement du terrain, comme l'indique en particulier une augmentation rapide des pollens de pins en début de période dans toute la région. Puis le climat redevient chaud et humide entre 700 et 1250 ans de notre ère : c'est l'optimum médiéval. Il conduit à une forte remontée des populations humaines et des défrichements. Le petit âge glaciaire, qui lui succède

jusqu'au XIX^e siècle, provoquera une baisse significative des températures moyennes (-1°C), accompagnée d'alternance de périodes plus humides et plus sèches, et l'occurrence régulière de gels intenses en hiver. Les espèces les plus typiquement méditerranéennes sont défavorisées. Là encore, les densités humaines subiront plusieurs variations significatives avec les maladies (peste noire de 1347 à 1352) et les guerres, conduisant à des avancées et reculées temporaires de la surface forestière. Mais de façon générale, cette surface va diminuer progressivement pour atteindre un minimum à l'orée du XIX^e siècle.

Mais jusqu'à cette époque, au-delà de ces grandes lignes d'évolution, on manque totalement de descriptions précises des paysages du massif des Maures, ce qui change par la suite.

La forêt est de nouveau passée par des phases très contrastées sur les 200 dernières années. Au début et milieu du XIX^e siècle, le couvert forestier est faible. Les premiers cadastres, établis vers 1840, montrent une forêt réduite à des lambeaux épars, n'occupant que 20 à 25% de la surface de certaines communes. Les crêtes et beaucoup de versants sont dénudés ou couverts d'un maquis bas et clairsemé (JUILLARD, 1984). Les meilleurs sols, et certaines zones en terrasses, sont cultivés, mais une majorité de l'espace est pâturé par des troupeaux de chèvres et moutons. Les ressources forestières sont surexploitées pour les besoins énergétiques de l'industrie et pour les mines, et la demande de combustible par la population (on compte des centaines de charbonnières). Cette situation perdure sans doute depuis quelques siècles. De plus, la région des Maures et de l'Esterel est, à cette époque, connue en France comme la « région du feu ». Cette forte pression empêche toute reconstitution spontanée d'une forêt adulte, mais conduit à une expansion généralisée du pin maritime, qui conquiert rapidement par ses semis les zones brûlées.

En 1868, la gravité de la situation conduit le gouvernement à réaliser une grande enquête. Le diagnostic est unanime : la protection contre l'incendie passe par le nettoyage des sous-bois. Cette gestion forestière se concrétise par la coupe des broussailles, en particulier bruyères et arbousier avec arrachage de leurs souches (les premiers débroussaillages) et surtout l'utilisation du feu contrôlé, appelé alors « petit feu ».

Pratiquée en hiver ou au début du printemps, notamment dans les forêts de pin maritime (BINGGELI 2020), cette technique était déjà utilisée par des grands propriétaires pour protéger leurs domaines et leurs revenus. Elle va s'étendre rapidement à une grande partie du massif.

Lors d'un projet lancé au début des années 2000, nous avons interrogé des personnes âgées ayant toujours vécu localement, à la recherche de peuplements totalement épargnés par le feu depuis très longtemps, qu'il s'agisse d'incendies incontrôlés ou de brûlages dirigés. Ils nous ont affirmé qu'il n'en existait quasiment pas, car leurs familles et l'ensemble des propriétaires forestiers, jusqu'aux années 1940, pratiquaient le brûlage dirigé tous les 7 à 10 ans pour le nettoyage des sous-bois. Ils évitaient ainsi les incendies violents. La technique avait bien d'autres intérêts : elle favorisait la circulation des gemmeurs, des démascleurs et des exploitants de bruyères (pour la fabrication des pipes), qui parcouraient à pied les peuplements à longueur de temps, mais aussi la conduite des troupeaux de porcs à la glandée en automne et hiver, le ramassage des litières utilisées comme engrais et paillage du sol dans les champs et les jardins.

Cette pratique permettra jusqu'au milieu du XX^e siècle la reconstitution et l'expansion d'une véritable forêt dense, favorisée par l'abandon progressif de l'agriculture et de l'élevage. Les productions massives de liège, de résine et de bois, et plus localement de châtaignes, vont devenir les bases de l'économie locale. Le chêne-liège est favorisé, planté ou semé quasiment partout dans le massif jusqu'à la côte, avec un étage dominant en général assez clair de pin maritime qui se généralise, par semis naturel sur les brûlages ou même localement par plantation. La forêt des Maures apparaît alors particulièrement résiliente et économiquement rentable.

La mort brutale de plus de 90% des pins maritimes entre 1960 et 1980, à cause de l'introduction accidentelle de la cochenille *Matsucoccus*¹ (SCHWESTER & FABRE 2001), a entraîné la perte des ressources en bois et résine de ces pins. L'abandon progressif de l'exploitation du liège puis le changement climatique, surtout à partir de 2003, vont aussi rebattre les cartes écologiques et économiques. Moins entretenues, les forêts de la Provence cristalline vont devenir très denses et combustibles et connaître à nouveau de grands incendies destructeurs. Le chêne-

liège redevient largement dominant à partir des années 1970, mais il est moins valorisé, puis commence à dépérir, phénomène qui va s'accroître rapidement au XXI^e siècle, notamment à partir de la canicule de 2003 et des cinq années consécutives de sécheresse qui débutent alors.

Le changement climatique récent dans le massif des Maures

Le réchauffement actuel du climat mondial dépasse toutes les évolutions observées ou reconstituées depuis 2000 ans. Les onze dernières années sont les plus chaudes depuis que des données mesurées existent : sur le podium, 2024 est la plus chaude, 2023 la deuxième et 2025 la troisième. Ce trio dépasse même sans doute les maximums vécus depuis la fin de la dernière glaciation il y a 12 000 ans, et n'aurait d'équivalent depuis 125 000 ans qu'au pic de la dernière période interglaciaire. L'objectif de +1,5°C fixé par l'accord de Paris pour la fin du XXI^e siècle est obsolète, puisqu'on s'en approche déjà en 2025. De plus, la région méditerranéenne se réchauffe plus vite que les moyennes mondiale et européenne : +2,2°C depuis l'ère préindustrielle, dont +1,82°C entre 1960 et 2023 (RAPPORT D'ÉVALUATION DU GIEC). Les températures maximales d'été y dépasseront 50°C à la fin du XXI^e siècle en zones rurales, et plus largement encore dans les centres urbains.

Dans le massif des Maures, la plupart des stations météo disponibles sur le long terme se situent en périphérie. La moyenne trentennale actuelle varie de 800 à 880 mm en limites nord, de 720 à 760 mm sur la côte au sud, autour de 750 mm sur son flanc ouest. Elle est de 796 mm à Collobrières, au cœur du massif. On note que, comme pour l'ensemble de la Provence (VENNETIER, 2024), les pluies sur le massif des Maures suivent une tendance à long terme, actuellement descendante (cycle centennal), et des cycles courts assez réguliers de l'ordre de 8,5 et 22 ans. La combinaison de la tendance longue et de ces cycles courts prédit de potentielles périodes de sécheresses intenses et répétées dans les décennies futures. La baisse des moyennes trentennales en périphérie a été forte et homogène, de -14 à -16% sur les 50 dernières années, après une augmentation plus

1 - *Matsucoccus feytaudi* (Duc) est un insecte piqueur, suceur de sève. Il s'installe dans les fissures de l'écorce, affaiblit l'arbre en provoquant une sécrétion massive de résine, ce qui le rend vulnérable aux attaques d'insectes (scolytes) et de champignons et conduit le plus souvent à sa mort.

légère et progressive entre le début et le milieu du XX^e siècle (Cf. Fig. 1a).

Une des raisons de cette baisse récente est la multiplication des épisodes de sécheresses pluriannuelles : cinq années consécutives de fort déficit (-45 % en moyenne) ont été observées de 2003 à 2007, avec en 2007 seulement 424 mm (soit -61%). Sur la période 2015-2024, sept années sur dix sont déficitaires en pluie (en moyenne -30%) dont plusieurs très sèches, moins de 400 mm dans certaines stations ! Combinés aux records de chaleur de ces dix dernières années, les effets sur la végétation sont logiquement très négatifs.

D'autant que l'on observe, sur ces données, une forte augmentation de la variabilité interannuelle, ce qui se note à la fois sur les valeurs annuelles et sur les moyennes décennales et trentennales. Entre les maximums et les minimums successifs du cycle long, en moyenne décennale, la différence sur le massif des Maures est de 50 à 90 mm avant 1920, puis passe dans chaque cycle suivant à 120, 145, 170, 200, 249 et 212 mm. Cela représente une variation relative oscillant de 6 à 11% avant 1920 et de 26 à 31% après 1971.

A la station de Collobrières, au cœur du massif des Maures (Cf. Fig. 1b), la moyenne trentennale de pluviométrie annuelle a été supérieure à 1000 mm de 1970 à 1992, et même à 1100 mm/an de 1975 à 1988. Mais elle s'est ensuite effondrée, malgré une courte pause dans les années 1990, pour stagner depuis 2006 entre 800 et 850 mm. Elle finit en dessous de 800 mm entre 2023 et 2025 (moyenne 796 mm). Soit, par rapport à la « normale » des années 1943 à 1988, une baisse de 20% pour les 30 dernières années, de 26% sur les 20 dernières et de 28% pour les trois dernières. C'est une baisse deux fois plus forte que la moyenne du massif.

Ainsi, alors que cette moyenne trentennale à Collobrières était de 20% supérieure à celle de la périphérie du massif durant tout le milieu du XX^e siècle et jusqu'aux années 90, elle a décliné pour lui devenir égale en 2017 et inférieure de -2% entre 2018 et 2025. En valeurs annuelles, la différence entre le cœur et la périphérie atteint même -9% entre 2018 et 2025. Des différences moindres mais significatives sont aussi observées entre l'est et l'ouest du massif à certaines périodes. Par exemple, les normales trentennales de Cuers et Fréjus, qui sont similaires avant 1985 et après 2015, diffèrent de 6% en moyenne de façon continue entre ces deux dates.

Le climat local est donc soumis, pour la pluie, à des tendances fortes qui ne sont pas homogènes géographiquement. L'assèchement du climat semble avoir touché beaucoup plus le cœur du massif dans les dernières décennies.

Conclusion

Le dérèglement climatique entraîne de nombreux impacts négatifs sur la nature. Depuis 1980, les stress climatiques subis par la végétation (sécheresses, canicules, gels précoces ou tardifs) ont augmenté de 3,5 à 4 % par an en France. En zone méditerranéenne française, la majorité des arbres présentent des signes de dépérissement, se traduisant en 2024 par un fort déficit foliaire, d'en moyenne 52 % pour les feuillus et 42 % pour les résineux. La moyenne générale frôle les 50% si on prend en compte la proportion de chaque espèce dans la surface (données du Département Santé des Forêts). Ces défoliations et les mortalités sont en augmentation quasiment constante depuis 1993, tou-

Fig. 1 : Evolution de la pluviométrie du Massif des Maures globalement depuis le XIX^e siècle (Fig. 1a) et comparaison entre la périphérie et le cœur du massif sur les dernières décennies (Fig. 1b). En fig. 1a, sont présentées la moyenne annuelle et les moyennes glissantes sur 10 et 30 ans, cette dernière représentant la référence pour les « normales » annuelles et saisonnières.

Fig. 1a

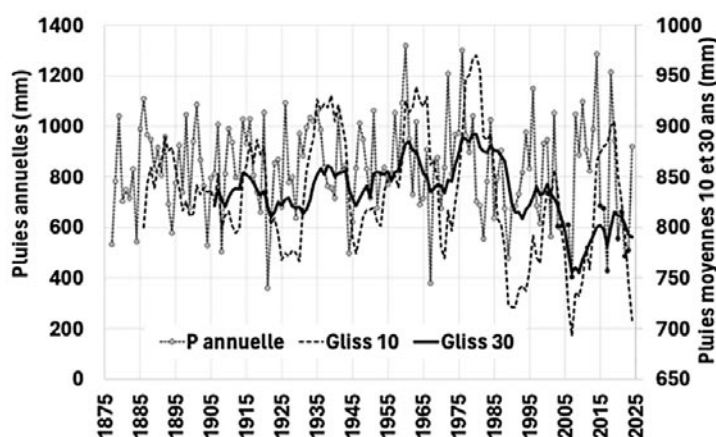
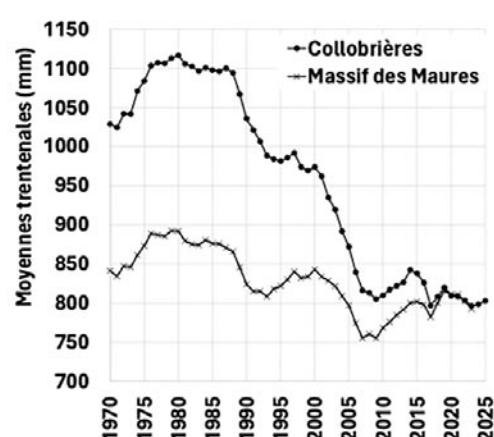


Fig. 1b



Michel VENNETIER
Forêt Modèle
de Provence
et Aix Marseille Univ,
INRAE, RECOVER
3275 route de
Cézanne
CS 40061
13182 Aix-en-
Provence Cedex 5
mavenn@orange.fr

Lucie LE CORNET
Nicolas PLAZANET
Forêt Modèle
de Provence
nicolas.plazanet@
foretmodele-
provence.fr

chant non seulement les arbres en forêts, mais aussi les autres ligneux dans les maquis et les garrigues. Les forêts du massif des Maures n'échappent pas à ces tendances.

Les données du Département Santé des Forêts confirment pour le chêne-liège des niveaux très élevés de défoliation en 2025, en augmentation régulière depuis 10 ans, dans la lignée de l'ensemble des feuillus des forêts méditerranéennes.

Poussées par l'homme loin de ses bases naturelles qui se limitaient aux adrets de la chaîne nord, les suberaies du massif des Maures sont donc en danger. Une étude lancée en 2025 a étudié en détail leur niveau actuel de santé et d'évolution (LECORNET *et al.* 2026). Elle est présentée dans ce numéro.



Bibliographie

Bergaglio M., Talon B., Médail F. 2006. Histoire et dynamique des forêts de l'ubac du massif des Maures au cours des derniers 8000 ans. *Forêt méditerranéenne*, T. 27(1) 3-16.

Bingelli F. 2020. La révolution du « petit feu » en pinèdes il y a 150 ans pour protéger les massifs français des Maures et de l'Esterel contre l'incendie. *Forêt méditerranéenne*, T. 41(2) 121-124.

Dubar M., Bui-Thi-M., Nicol-Pichard S., Thion M. – 2004. Étude palynologique du carottage de Pont d'Argens (Roquebrune-sur-Argens, Var) : histoire holocène de la végétation en Provence cristalline ; facteurs naturels et anthropiques. *Ecologia Mediterranea*, 30(2) 147-157.

Lecornet L., Vennetier M., Plazanet N. 2026. La suberaie du massif des Maures est-elle en danger ? *Forêt Méditerranéenne*, T. 47(2) pp. 105-122.

GREC-PACA – 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), mai 2016, 44 p.

Schvester D., Fabre J.P. 2001. Le dépérissement du pin maritime des Maures et de l'Esterel provoqué par *Matsucoccus feytaudi*, connaissances acquises de 1964 à 1990 - 1^{ère} partie : historique et rôle des insectes. *Forêt méditerranéenne*, T. 22(3) 213-234.

Vennetier M. - 2024. Les pluies en Provence semblent répondre à des cycles réguliers. Analyse rétrospective sur 230 ans, modélisation et projections dans l'avenir. *Forêt Méditerranéenne*, T. 45(4) 309-328.

Résumé

La forêt du massif des Maures est touchée depuis 20 ans par des dépérissements importants, se traduisant par des mortalités massives dans certains sites et une dégradation générale de l'état de santé des arbres, toutes espèces confondues. Cet article retrace l'histoire de cette forêt sur 8000 ans. D'abord à travers les analyses de charbons et de pollens fossiles, puis sur les 200 dernières années à partir de documents historiques. Nous mettons en relation les variations de la composition floristique avec deux facteurs qui interagissent fortement : d'une part les évolutions du climat durant cette longue période. Les 50 dernières années se soldent par un réchauffement inégalé depuis la fin de la dernière période glaciaire. Il s'accompagne d'une baisse significative des pluies depuis les années 1980, sous l'effet de sécheresses pluriannuelles ; d'autre part l'histoire humaine du massif, avec de fortes évolutions des densités de populations humaines, de l'occupation des sols et des activités économiques. Elle a eu depuis au moins 6000 ans un effet majeur par l'usage du feu, des défrichements et de l'élevage, du liège, de la résine des pins et du bois. Bien que les quatre espèces les plus représentées actuellement soient toutes autochtones, les interactions entre le climat et les activités humaines ont totalement modifié leurs proportions et leur distribution spatiale. Le chêne-liège a été artificiellement étendu bien au-delà de ses limites écologiques naturelles. Il souffre donc logiquement du changement climatique actuel.

Summary

The forest of the Maures mountains has been affected by significant dieback for 20 years, resulting in massive mortalities in some sites and a general deterioration in the health status of trees, whatever the species. In this article, we trace the history of this forest over 8000 years. First through the analysis of fossil charcoals and pollens, then over the last 200 years based on historical documents. We relate the variations in floristic composition to two factors that interact strongly: on the one hand, the climate variations during this long period. The last 50 years show an unprecedented warming since the end of the last ice age. It has been accompanied by a significant decrease in rainfall since the 1980s, due to multi-year droughts. On the other hand, the human history of this region, with strong changes in human population densities, land use and economic activities. For at least 6000 years, it has had a major effect through the use of fire, land clearing and livestock grazing, cork, pine resin and wood.

Although the 4 most currently represented species are all autochthonous, the interactions between climate and human activities have completely changed their proportions and spatial distribution. The cork oak has been artificially extended far beyond its natural ecological limits. It is therefore logically suffering from the current climate change.