



**HAL**  
open science

## Biodiversité et forêts méditerranéennes - Approches récentes -

G. Bonin

► **To cite this version:**

G. Bonin. Biodiversité et forêts méditerranéennes - Approches récentes -. Forêt Méditerranéenne, 2012, XXXIII (2), pp.109-118. hal-03556140

**HAL Id: hal-03556140**

**<https://hal.science/hal-03556140>**

Submitted on 3 Feb 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Biodiversité et forêts méditerranéennes

## Approches récentes

par Gilles BONIN

***C'est une tâche difficile que nous avons demandée à Gilles Bonin, pour la phase introductive de Foresterranéé'11 : faire un état des lieux de la biodiversité en région méditerranéenne. A partir de l'analyse des articles scientifiques de la dernière décennie auxquels il a pu avoir accès, l'auteur nous brosse une intéressante synthèse des différentes approches de la biodiversité dans les espaces forestiers méditerranéens : richesse spécifique, biodiversité génétique, écosystémique et fonctionnelle.***

1 - Communication orale de Annabelle AMM sur le sujet en nov. 2011 lors d'un colloque BioDivMeX à la faculté St-Charles à Marseille.

Faire un état des lieux des connaissances sur la biodiversité en région méditerranéenne constitue une mission lourde à laquelle de nombreux chercheurs se sont attachés (BLONDEL *et al.*, MÉDAIL *et al.*, QUÉZEL et bien d'autres pour ce qui concerne les milieux continentaux). Nous savons que le bassin méditerranéen, tous milieux confondus, constitue un « haut lieu » de la biodiversité et la bibliographie générale sur le sujet est considérable<sup>1</sup>.

Dans le cadre de Foresterranéé'11, notre objectif a été beaucoup plus modeste : il s'est limité à aborder les problèmes de la biodiversité dans les milieux forestiers et pré-forestiers méditerranéens.

Mais de quelle biodiversité fallait-il parler et avec quels objectifs ? Systématiciens, écologues, forestiers, sociologues ont de ce concept une perception différente. Le colloque « Biodiversité, Espaces, Société » de 2006 au CNRS à Montpellier l'avait bien illustré. On s'intéressera dans ce texte à la biodiversité taxonomique et à la biodiversité génétique, et on tentera d'aborder la diversité fonctionnelle avec un triple objectif :

- mieux comprendre les origines de cette diversité en région méditerranéenne ;
- mieux protéger le patrimoine biologique naturel actuel ;
- mieux utiliser cette diversité biologique comme indicateur pour une gestion durable pertinente des espaces naturels et plus particulièrement forestiers.

Ce rapide tour d'horizon n'a pas pour ambition de faire une étude exhaustive des références bibliographiques des dix dernières années, mais d'apporter un certain nombre d'informations et de réflexions à partir de la littérature disponible, c'est-à-dire essentiellement à partir des articles scientifiques accessibles grâce aux bases de données traditionnelles et de la littérature grise à laquelle on a pu avoir accès, car dans ce domaine, hélas, nous n'avons pu obtenir que très peu de documents.

## La richesse et la diversité spécifique

Elle correspond à la diversité des espèces présentes sur un territoire donné ou dans un écosystème déterminé. Mais l'approche du concept d'espèce mériterait de nombreuses considérations. Je renvoie aux définitions rappelées par DUCOUSSO *et al.* (Réf. 22)<sup>2</sup> à propos des chênes (espèces morphologiques, biologiques, écologiques).

Bien avant la définition du terme de *biodiversité* par LOVEJOY en 1980, les chercheurs se sont préoccupés d'établir des listes d'espèces cohabitant sur un même territoire, dans une même biocénose ou un même écosystème au cours de démarches d'inventaires.

Je renvoie pour le monde végétal à la synthèse de QUÉZEL et MÉDAIL de 2003 (Réf. 65) qui reprend dans un remarquable ouvrage, les connaissances acquises au cours des vingt ou trente années qui l'ont précédé. On peut aussi évoquer les travaux plus anciens de L. BIGOT pour les insectes (nombreuses références antérieures à 2000 donc non citées ici). Cette prise de conscience de la richesse de la biodiversité en région méditerranéenne fut construite sur la réalisation d'inventaires faunistiques et floristiques. Ce fut pendant des décennies (et c'est encore), le travail de base. C'est essentiellement à partir de ces démarches initiales que les *hotspots* de biodiversité ont pu être mis en évidence [voir carte des *hotspots* chez BLONDEL et MÉDAIL (Réf. 12), voir aussi VELA (Réf. 82)]. Cette démarche de la réalisation d'inventaires se poursuit sous l'égide d'organismes publics ou privés et concerne tous les milieux : Comité Faune et Flore, WWF, Natura 2000, travaux d'inventaires dans les Parcs et Réserves et travaux « d'amateurs

éclairés » au sens le plus noble du terme — par exemple P. FRAPA et C. FAVET pour les insectes, G. GUENDE pour les végétaux supérieurs, Groupe Chiroptères de Provence... dans le cadre du Parc naturel régional du Luberon.

La « richesse en espèces » reste l'unité de mesure la plus courante bien qu'il soit illusoire d'imaginer pouvoir dresser une liste complète des espèces animales et végétales pour un milieu donné. C'est une démarche de base sur laquelle peuvent s'appuyer de nombreuses investigations. Certains groupes sont très bien connus pour chaque entité écologique. C'est le cas des végétaux supérieurs par exemple, depuis les travaux des phytosociologues dans le Sud de la France, travaux qui peuvent constituer, en dehors de toute considération d'ordre phytosociologique, des inventaires des plantes supérieures, très complets, pour chaque unité de végétation. Sans doute est-ce aussi le cas pour les oiseaux et pour les insectes ? C'est une photographie à un moment donné. Mais cette liste faunistique ou floristique peut évoluer dans le temps. Je prendrai comme exemple le cortège floristique de la hêtraie de la Sainte-Baume qui s'est sensiblement modifié en trente ou trente cinq ans, ou le cas de la hêtraie du Gargano (Italie) où progresse *Ruscus aculeatus* alors que disparaît *Ilex aquifolium*. Donc on constate une évolution de ces inventaires au cours des dernières décennies avec « érosion » de la biodiversité ou transformation des peuplements. Mais malheureusement ce type d'analyse n'apparaît pas suffisamment dans la littérature.

Nous allons revenir sur certains de ces inventaires.

En matière de diversité dans les sols, les nématodes sont les plus abondants des méazoaires avec les arthropodes (voir travaux plus anciens sur les microarthropodes des sols forestiers provençaux, BALAGUER *et al.*). Leur diversité et leurs assemblages en groupes trophiques sont une information précieuse sur la nature, la maturité et la stabilité des sols forestiers ou agricoles (Réf. 6).

Les entomologistes sont parmi les plus fervents adeptes des inventaires. Parmi les nombreux travaux des dix dernières années, j'évoquerai des bilans comme ceux de FRAPA (Réf. 34 ou 32) ou BRUSTEL *et al.* (Réf. 17) qui ont pour but un état des lieux, ou FRAPA *et al.* (Réf. 33) pour un inventaire entomologique d'un type particulier de forêt : la ripisylve (voir aussi travaux de C. FAVET) ou de BRIN, BRUSTEL *et al.* (Réf. 14 et 15) pour trai-

2 - Les références renvoient à la bibliographie en fin d'article.

ter des coléoptères saproxyliques de la suberaie de Saint-Daumas dans les Maures. L'intérêt tout particulier de ce travail est qu'il traite de populations de coléoptères qui ont un rôle spécifique dans un environnement de chênes-lièges, hétérogène, avec interférence du passage du feu. Différents faciès forestiers ont été pris en compte. Ces auteurs ont appréhendé l'organisation des assemblages de coléoptères dans trois types de suberaies. Ils ont apprécié la complémentarité de ces milieux et ont identifié les espèces indicatrices de chaque faciès (en particulier en fonction du gradient de fermeture du couvert forestier). On voit à la fois la volonté de faire apparaître les espèces d'aspect patrimonial et celles qui ont une valeur d'indicateur écologique. Il reste cependant à faire un comparatif avec des suberaies en production. Ces mêmes auteurs ont élargi leur démarche aux coléoptères saproxyliques des pinèdes de pin maritime de la même région. Dans le *Cabaneros National Park* au centre de l'Espagne, RICARTE *et al.* (Réf. 69) font un bilan des Coléoptères saproxyliques et des diptères syrphidae des chênaies nombreuses et diverses de ce territoire (chênaies à *Q. suber*, *Q. rotundifolia*, à *Q. pyrenaica*, *Q. faginea* et *Fraxinus angustifolia*) où sont répertoriées 107 espèces de coléoptères et 25 de diptères, populations affines, soit du centre de l'Europe, soit d'Afrique du Nord avec quelques espèces nouvelles ou rares. Les auteurs insistent sur l'étude des assemblages des communautés saproxyliques. On peut aussi évoquer le travail de SIRAMI *et al.* (Réf. 78) sur le même problème ou celui de ORGEAS *et al.* sur l'influence du feu sur les coléoptères (Réf. 54).

Le groupe Chiroptères de Provence (KAPFER, Réf. 43) s'intéresse aux chauves-souris des milieux forestiers. En matière de chiroptères, l'Europe possède 35 espèces et le Sud de la France en abrite 30 à lui seul. Certaines espèces comme le Murin de Bechstein ou la Barbastelle d'Europe sont particulièrement menacées en Provence. D'autres espèces appelées petits Myotis sont aussi strictement forestières. Ces espèces ont besoin de 7 à 10 gîtes par hectare pour survivre. Comme l'écrit Mme KAPFER, « le maintien des colonies de reproduction et de populations importantes de chauves-souris sylvoles est donc conditionné par une gestion conservatoire des forêts et la préservation de certains arbres creux ». Les chiroptères chassent en milieu boisé, prélevant une grande quantité d'insectes (régulant les

populations de ravageurs). RUSSO *et al.* (Réf. 73) étudient particulièrement l'influence de la fermeture de la canopée sur *Barbastella* dans l'Apennin central.

Le Groupe Chiroptères de Provence a développé des recherches sur plusieurs sites Natura 2000 à enjeux forestiers et dans bien d'autres lieux, travaux malheureusement non publiés faute de moyens.

La biodiversité des oiseaux en milieu forestier méditerranéen a fait l'objet de nombreux travaux (effectués en particulier par Jacques BLONDEL et son équipe). La bibliographie récente traite plutôt des facteurs potentiellement actifs sur cette biodiversité. On n'échappe pas, bien sûr, à l'influence du changement climatique (Réf. 8). L'influence des travaux forestiers et particulièrement le débroussaillage est réelle (Réf. 20). CAMPRODON *et al.* suivent les débroussaillages dans la chênaie verte en Catalogne, montrant des effets variables en fonction du type de débroussaillage sur les populations de fauvelles, troglodytes, Merle noir... Je ne peux m'empêcher de rapprocher ces résultats des observations plus anciennes de L. BIGOT dans des scénarios de même nature sur la faune entomologique décrivant les réponses des insectes au débroussaillage. Toujours en Catalogne (Réf. 35), GIL-TENA *et al.* ont illustré l'influence de la composition et de la structure des écosystèmes forestiers (couverture de la canopée, organisation spatiale des groupements, structure, diversité des essences forestières ou peuplement monospécifique...) sur la biodiversité aviaire. Dans ces travaux, comme pour les

**Photo 1 :**

Dans les Gravines, en Italie : taillis de chênes verts, de *Carpinus*, d'*Ostrya* et de *Fraxinus*. Un territoire où persiste par endroits l'Oléolenticetum.

Photo GB



chiroptères, on ne se limite pas au simple inventaire mais on aborde des aspects plus fonctionnels, en ne prenant en compte qu'un ou deux paramètres environnementaux.

Les ramasseurs de champignons connaissent des sites privilégiés où ils récoltent leurs espèces préférées à des fins gastronomiques ou naturalistes. RICHARD *et al.* (Réf. 70-71) ont procédé durant trois ans à une observation très détaillée le long d'un transect dans une vieille chênaie verte corse. Ils ont récolté et cartographié des champignons ectomycorhiziens (ECM) et saprophytiques. 5380 fructifications ont permis de reconnaître une très large majorité d'ECM (71%) dont une majorité d'espèces rares. Les plus abondantes sont *Laccaria laccata*, *Inocybe tigrina* et *Lactarius chrysorrheus*. La communauté d'ECM est dominée par des espèces de zones tempérées ayant un large spectre d'hôtes et par quelques rares espèces méditerranéennes. La répartition spatiale et la diversité dépendent de la nature du couvert forestier (plus ou moins fermé, avec ou sans la présence d'arbousiers). Certaines espèces semblent plus attirées par l'arbousier, d'autres par le chêne vert et la densité de la canopée joue aussi sur la biodiversité des ECM. D'autres travaux sur les champignons confortent ces conclusions (Réf. 5, 21 et 67).

Les documents sur les sites Natura 2000 constituent un cas particulier des inventaires. Il existe des sites focalisés sur la forêt (un nombre non négligeable dans le Sud-Est de la France). Pour ces sites, sont disponibles des documents d'objectifs et des notes de synthèse. Dans ces notes figurent la mise en évidence d'habitats naturels ou d'espèces d'intérêt patrimonial. Par exemple dans la réf. 52 (Site FR 9301583) concernant les « Ocre de Roussillon et de Gignac » dans le Luberon, figurent les pinèdes de Pins maritimes à protéger car menacées par le retour des feuillus. Mais aussi figurent une liste de chiroptères et une liste d'espèces de la Directive oiseaux. Pour maintenir cette situation, des objectifs précis de conservation sont établis. C'est aussi le cas pour le site Natura 2000 du Petit Luberon (FR9310075) avec des mesures de protection de l'avifaune et particulièrement du vautour percnoptère et de l'aigle de Bonelli, mais aussi de trente autres espèces de l'avifaune locale. Ces territoires, comme tous les autres sites Natura 2000, sont localisés et présentent un suivi de leur biodiversité sur lequel on peut obtenir de la documentation.

Le corollaire des inventaires est la protection d'espèces menacées comme nous venons de le voir, ou rares ou endémiques. Les réf. 1 et 83 (ABOUYAYA et VERLAQUE *et al.*) mettent en évidence que les milieux forestiers, en Provence comme en Corse, sont les moins impactés par la pression humaine, surtout en altitude, mais ils sont aussi les moins riches pour ce qui concerne les végétaux supérieurs, tout au moins.

## La biodiversité génétique

Comme l'écrit DUCOUSO (Réf. 22) « *la diversité génétique peut être évaluée avec des marqueurs moléculaires (protéines, ADN) et avec des marqueurs quantitatifs* » liés au comportement physiologique. Certains travaux de génétique relèvent encore de la politique d'inventaires mais avec les marqueurs génétiques (Réf. 3). Guidés par Michel BARITEAU et son équipe, nous avons visité dans l'Hérault, avec Forêt Méditerranéenne, voici plusieurs années, une cédraie jeune composée d'individus de provenances différentes dont les comportements (croissance, résistance au stress hydrique...) étaient très divers. Cette approche terrain aura illustré concrètement pour les non initiés, la diversité génétique.

L'approche génétique, qui s'est développée surtout au cours des dix ou quinze dernières années, permet d'aborder les problèmes sous l'angle de la sélection et de l'histoire des espèces. C'est pourquoi elle amène naturellement un rapprochement entre généticiens et paléocéologues pour mieux comprendre la situation au sein des essences forestières. Nous y reviendrons.

Mais tout d'abord comment peut-on rapprocher biodiversité génétique et biodiversité spécifique ? Le remarquable article de FADY *et al.* (Réf. 28) s'appuyant sur *Med-Checklist taxonomic database* pour la biodiversité spécifique et sur les données génétiques concernant les plantes vasculaires et plus particulièrement des essences forestières méditerranéennes, montre que les deux sources n'apportent pas exactement la même information, mais qu'elles peuvent être corrélées à l'échelle biogéographique, qu'elles peuvent avoir des causes communes à l'échelle des communautés. Comme l'indique FADY (Réf. 26) à propos du Pin de Salzman, « *rien n'indique que la ressource actuelle en pin noir de Salzman soit effectivement du pin noir de Salzman partout dans son aire*

de distribution française ». Ce type d'argument peut être développé par ailleurs pour le pin noir, en Italie du Sud par exemple, où certains généticiens ont identifié du pin noir d'Autriche et du *Laricio* s'appuyant sans doute sur des reboisements accessibles, mais dont l'origine n'est pas assurée alors que la biodiversité spécifique (cortège floristique) des groupements naturels (plus difficiles d'accès) confirment la présence du pin noir *dalmatica* sur calcaire et du *P. laricio* sur silice à des altitudes équivalentes. Le pin noir des Abruzzes est, quant à lui, plus affine du *P. austriaca* dans les sites considérés comme naturels. On a donc, sur un périmètre relativement limité, du Centre et du Sud de la péninsule italienne, trois pins noirs dont les cortèges floristiques montrent des affinités biogéographiques différentes.

Ceci illustre la difficulté d'interprétation au plan biogéographique comme au plan historique en s'appuyant sur un seul type de critères. Les travaux conjugués des paléoécologues et des généticiens au cours des dernières années tentent d'éclaircir la situation. L'interprétation faite par LIEPELT *et al.* à propos d'*Abies alba* (Réf. 40), celle de CHEDDADI *et al.* (Réf. 19) à propos de *Cedrus atlantica* ou celle de FADY *et al.* à propos de *Cedrus libanii* sont des avancées certaines, mais on peut encore s'interroger sur les paramètres qui ont joué un rôle majeur dans la diversification génétique de ces espèces.

Le rôle déterminant des périodes glaciaires et interglaciaires au cours du Quaternaire a servi à justifier la forte richesse spécifique des péninsules ibérique et balkanique et à un degré moindre celle de la péninsule italienne, puis la différenciation due aux remontées vers le nord d'essences comme les chênes et autres feuillus (BREWER, Réf. 13 ; PETIT *et al.*, Réf. 57 ; MÉDAIL *et al.*, Réf. 48 ; KREMER *et al.*, Réf. 44) qui ont subi des sélections diverses BUSSOTTI (Réf. 18). Mais ces "bascules" climatiques du Quaternaire ne sont pas suffisantes pour justifier totalement la situation actuelle. Les autres paramètres climatiques et l'action humaine plus récente sont intervenus (MÉDAIL *et al.*, Réf. 46).

On voit donc se dessiner, à travers une littérature récente qui prend en compte les données génétiques et historiques, une phase d'investigations poussées assez différentes de celles faites à partir des inventaires et des données de la biodiversité spécifique. Mais ces approches prennent peu en compte les aspects fonctionnels qui ont un poids certain pour les aménageurs et les gestionnaires.

## La biodiversité écosystémique et fonctionnelle

On trouve peu de références abordant réellement la question de la biodiversité fonctionnelle, sinon sous l'angle de l'action d'un paramètre environnemental sur l'évolution d'une communauté. BLAUM *et al.* (Réf. 7) pose la question de l'interprétation de la fonctionnalité à partir des groupes écologiques de la biodiversité animale. A quel niveau taxonomique doit-on se situer pour avoir une biodiversité efficiente (cf. KALLIMANIS *et al.*, Réf. 42) ? On peut prendre le problème sous différents angles. On peut l'aborder concrètement en étudiant les effets d'une perturbation ou du changement d'un facteur majeur de l'écosystème (climat par exemple). ELIA *et al.* (Réf. 24) ont étudié les conséquences du passage du feu dans des chênaies d'Italie du Sud sur l'abondance et la diversité des populations d'insectes dans l'espace et dans le temps. ORGEAS *et al.* (Réf. 54) se sont intéressés à l'organisation de la diversité des coléoptères après le passage du feu en Provence. Le feu et la biodiversité restent un sujet de préoccupation, non seulement au niveau de la faune et de la flore, mais aussi au niveau de l'organisation des paysages (fragmentation, dynamique...). PIMONT *et al.* (Réf. 59) aborde l'influence du feu sur l'équilibre entre les pinèdes de *Pinus laricio* et *Pinus pinaster* en Corse, MOREIRA *et al.* (Réf. 51) traite de l'aménagement des paysages en fonction des passages de feux, aménagements qui influent beaucoup sur la biodiversité spécifique.

La question de la dispersion des graines (SAGNARD *et al.*, Réf. 75 et SANTANA, Réf. 76) est directement liée au fonctionnement et à la biodiversité spécifique du système. La présence d'un certain nombre d'espèces clés au niveau animal et végétal est indispensable pour une bonne dynamique fonctionnelle du système. La littérature antérieure à l'année 2000 était déjà riche en références bibliographiques sur ce sujet et la littérature actuelle continue à l'être.

La fertilisation du sous-bois (voir FERREIRO-DOMINGUEZ, Réf. 29 ; MOSQUERA-LOSADA, Réf. 50) peut-elle être un élément favorable à la biodiversité dans le cas du sylvopastoralisme ?

Les aspects dynamiques semblent moins à l'ordre du jour. On évoquera PREVOSTO (Réf. 62) et SIMON (Réf. 77). Le programme de travail de SIMON sur la montagne de Lure est à

rapprocher des travaux de génétique sur le sapin.

Mais il reste des aspects peu ou pas abordés. J'évoquerai le rôle du métabolisme secondaire des végétaux dans le déterminisme de la composition faunistique et floristique, en particulier en bioclimat méditerranéen avec un exemple. Dans l'Esterel, les cistaies à Ciste ladanifère abritent deux variétés de cette espèce (voir aussi TEIXIDO Réf. 80). Ces deux variétés cohabitent dans des cistaies pures, des matorrals mixtes, des pinèdes de pins d'Alep, des suberaies plus ou moins ouvertes. Les deux variétés présentent un même panel de molécules du métabolisme secondaire, mais les réponses de la composition métabolique diffèrent selon les situations (couverture arborée, nature des taxons voisins...). Il y a donc une biodiversité fonctionnelle dont les conséquences taxonomiques ne sont pas appréciées. Cela a des effets sur la fréquentation animale (en particulier sur les herbivores), sur la germination des herbacées (allélopathie), donc sur les assemblages d'espèces

SCHERBER *et al.* (Réf. 79) présentent un scénario fonctionnel global basé sur de la modélisation.

## Biodiversité et gestion de l'espace

A propos de biodiversité, l'une des questions majeures pour les professionnels de la forêt en région méditerranéenne est de savoir si celle-ci constitue un indicateur biologique pour la gestion forestière ou si la forêt doit être gérée afin d'améliorer la biodiversité des groupements forestiers auxquels elle participe. Le concept d'indicateurs biologiques mis en œuvre voici une quarantaine d'années pour diagnostiquer la qualité des écosystèmes dans le cadre de la lutte contre les pollutions, peut-il être utilisé pour la gestion de l'espace forestier en s'appuyant sur des éléments de la biodiversité spécifique ? Cette idée a été reprise par certains auteurs, à propos de la qualité des forêts. Ceux-ci considèrent que la présence ou l'abondance de certaines espèces constituent un signe positif d'une bonne diversité du milieu. C'est le cas de ROSSI *et al.* (Réf. 72) qui s'appuient sur des papillons, comme BRIN *et al.* (Réf. 16) l'ont fait avec les coléoptères (voir plus haut). POTENZA *et al.* (Réf. 61) le font sur *Lobaria*

*pulmonaria*, lichen épiphyte et d'autres lichens du Lobarion considérés comme indicateurs de forêts anciennes stabilisées. OTALORA *et al.* (Réf. 55) estiment que la rémanence de fragments de forêts anciennes préserve la diversité génétique de *Lobaria*. MANDELIK *et al.* (Réf. 45) affichent certaines réserves sur l'utilisation unique d'indicateurs taxonomiques quels qu'ils soient. Ils préconisent l'utilisation conjointe de données sur la structure environnementale. Ceci montre l'intérêt du développement d'indices comme l'indice de biodiversité potentielle (LARRIEU *et al.*, Réf. 38 et article p. 133).

Aménagement et traitement sylvicoles constituent des moyens d'augmenter la richesse spécifique. PREVOSTO *et al.* (Réf. 63) montrent que selon le traitement du sous-bois dans une pinède de Pin d'Alep, on aura un cortège floristique de nature différente avec des germinations de pins plus ou moins importantes. FABBIO *et al.* (Réf. 25) insistent sur l'impact de l'aménagement sylvicole sur la biodiversité tout comme TORRAS *et al.* (Réf. 81). En fait, face à l'option de territoires protégés de toute intervention humaine, ces auteurs proposent le maintien d'une sylviculture adaptée permettant un renouvellement des espèces, idée discutée aussi par SABATINI (Réf. 74) qui préconise le maintien d'une certaine hétérogénéité paysagère au sein des groupements forestiers.

L'un des objectifs du gestionnaire étant la production de bois, on peut souhaiter allier biodiversité et production comme l'ont fait VILA (Réf. 84) qui montre une corrélation positive entre richesse spécifique et production en Espagne. LANDMANN *et al.* (Réf. 37) traitent du même problème dans la montagne de Lure et au Luberon. Mais dans le numéro spécial sur les forêts anciennes de *L'Italia Forestale e Montana*, on pouvait noter qu'à richesse spécifique comparable, les forêts des Abruzzes produisaient plus que celles du Sud. Ceci mériterait d'être approfondi en fonction des données climatiques et d'une analyse plus fouillée de la richesse spécifique dans sa globalité.

## Conclusion

Les documents sur la biodiversité des forêts méditerranéennes affichent donc deux tendances principales :

– une meilleure connaissance des cortèges faunistiques et floristiques avec des apports

importants sur l'entomologie et particulièrement sur les espèces saproxyliques de groupements forestiers et sur les champignons ectomycorhiziens et les endomycorhizes ;

– une investigation approfondie des essences forestières majeures grâce à la génétique et à la paléoécologie. Cette voie s'est beaucoup étoffée avec la collaboration des généticiens et paléoécologues.

MÉDAIL et DIADEMA (Réf. 46), ARANJO (Réf. 4), QUÉZEL et MÉDAIL (Réf. 63) soulignent l'importance de l'impact humain dans l'état de la biodiversité en région méditerranéenne. On insiste toujours sur l'aspect négatif des choses. Or les milieux ouverts, hétérogènes, perturbés, les paysages fragmentés sont source de biodiversité. LEFEVRE (Réf. 38) souligne la dynamique de l'adapta-

tion et l'importance des ressources génétiques. A l'échelle régionale, l'abandon des terres agricoles et l'expansion d'espaces forestiers importants en cours de fermeture ne sont-ils pas source de limitation de la biodiversité ? Quel rôle donner à la réintroduction d'espèces (ABRECHT, Réf. 2) ? Quels aménagements proposer (cf. VIMAL *et al.*, Réf. 83) ? Comment se fait la réaction du potentiel génétique des différents taxons confrontés à des perturbations conjuguées ? Bien des questions restent en suspens dans le contexte méditerranéen, malgré une littérature très abondante dont nous n'avons passé qu'une partie en revue.

**G.B.**

Gilles BONIN  
Professeur émérite  
de l'Université  
de Provence  
Forêt  
Méditerranéenne  
Mél : bonin.gilles@  
wanadoo.fr

## Références

- 1 - Aboucaya A., Verlaque R, et Guyot I., 2001 - La conservation des plantes rares et menacées en France. *Conservacion de especies vegetales amenazadas en la region mediterranea occidental* Cesar Gomes Campo. Madrid, p 199 - 227.
- 2 - Abrecht M.A., Edward O., Guerrant J., Maschinsky J., Kennedy K., 2011 - A long term view of rare plant reintroduction. *Biological Conservation*, 144,(11), 2557 - 2558.
- 3 - Afzal - Rafii Z., Dodd R - S., 2007 - Chloroplast DNA supports a hypothesis of glacial refugia over postglacial recolonisation in disjunct populations of black pines (*Pinus nigra*) in Western Europe. *Molecular Ecology*, 16, 723 - 736.
- 4 - Aranjo M.B., 2003 - The coincidence of people and biodiversity in Europe. *Global ecology and biogeography*,
- 5 - Bainard L., Koch A., Gordon M., Newmaster S., Thevatasen N., Klironomos J., 2011 - Influence of trees on the spatial structure of arbuscular mycorrhizal communities in a temperate tree based intercropping system. *Agricultural Ecosystems and Environment*, 144(1), 13 - 20.
- 6 - Bernard EC., 1992 - Soil nematode biodiversity. *Biology and Fertility of soils*, 14 (2), 99 - 103.
- 7 - Blaum EC., Mosner E., Schwager M., Jeltsch F., 2011 - How functional is functional? Ecological groupings in terrestrial animal ecology towards an animal functional type approach. *Biodiv. Conserv.*, 20, 2333 - 2345.
- 8 - Bled F., Joachim J., Dupuis J.A., 2011 - Impact of climatic variations on bird species occupancy rate in a Southern European forest. *Biodiv. Conserv.*, 20, 1203 - 1224.
- 9 - Blondel J., Thomas D. W., Charmantier A., Perret P., Bourgault P., Lambrechts M.M., 2006 - A thirty-year study of phenotypic and genetic variation of blue tits in méditerranéan habitat mosaics. *BioScience*, 56,661 - 673.
- 10 - Blondel J., Aronson J., 1999 - Biology and wildlife of the méditerranéan region. *Oxford University Press, Oxford*.
- 11 - Blondel J., Aronson J., Bodiou J - Y., Boeuf G., 2010 - The Mediterranean Region: Biodiversity in Space and Time. *Oxford, Oxford University Press*.
- 12 - Blondel J., Médail F., 2009 - Biodiversity and Conservation. *In Physical geography of the Mediterranean. Jamie Woodward ed.*, Oxford University Press, 615-650.
- 13 - Brewer S., Cheddadi R., Beaulieu de J.L., Reille M., 2002 - The spread of deciduous *Quercus* throughout Europe since the last glacial period. *Forest Ecol. And Manag.*, 156, 27 - 48.
- 14 - Brin A., Brustel H., Valadares L., 2005 - Inventaire des coléoptères saproxyliques de la suberaie de St Daumas (Maures). *Rapport WWF, CEEP, INRA Purpan*, 21p + annexes.
- 15 - Brin A., Brustel H., 2006 - Réponse des coléoptères saproxyliques à l'hétérogénéité des suberaies dans le Massif des Maures. *Rev. Ecol., (Terre et Vie)*, 61, 327 - 342.
- 16 - Brin A., Brustel H., Jactel H., 2009 - Species variables or environmental variables as indicators of forest biodiversity: a case study using

- saproxylic beetles in maritime pine plantations. *Ann. For., Sc.*, 66.
- 17 - Brustel H., Vallades L., 2004 – Propositions de listes de références (Coléoptères déterminants) pour la réactualisation des ZNIEFF en Languedoc - Roussillon. *Rapport ESAP pour la OPIE LR*. 25 p
- 18 - Bussotti F., Grossoni P., 1998 - Des problèmes dans la classification des chênes. Taxonomie en Europe et région méditerranéenne. *Forêt Méditerranéenne*, 19, 3, 267 - 279.
- 19 - Cheddadi R., Fady B., François L., Hajar L., Suc J - P. Huang K., Demarteau M., Vendramin G.G., Orto E., 2009 - Putative glacial refugia of *Cedrus atlantica* deduced from quaternary pollen records and modern genetic diversity. *Journal of Biogeography*, 36, 1361 - 1371.
- 20 - Camprodon J., Brotons L., 2006 - Effects of undergrowth clearing on the bird communities of the Northwestern Mediterranean coppice Holm oak forests. *Forest Ecology and Management*, 221, 1 - 3, 72 - 82.
- 21 - Costa 2011 - Global diversity and distribution of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology and Biochemistry*, 43, 11, 2294 - 2303.
- 22 - Ducouso A., Verger S., 2010 - La grande oubliée des programmes de protection de la biodiversité, les ressources génétiques : un exemple, le chêne sessile. *Courrier scientifique* du Parc naturel régional du Luberon, 9, 29 - 37.
- 23 - Duelli P., Obrist M., 2003 - Biodiversity indicators: the choice of values and mesures. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 98, 1 - 3, 87 - 98.
- 24 - Elia M., Laforteza R., Tarasco E., Colangelo G., Sanesi G., 2012 - The spatial and temporal effects of fire on insect abundance in Mediterranean forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 263, 262-267.
- 25 - Fabbio G., Merlo M., Tosi V., 2003 - Silvicultural management in maintaining biodiversity and resistance of forests in Europe – the Mediterranean region. *Journal of Environmental Management*, 67, 1, 67 - 76.
- 26 - Fady B., Brahic P., Cambon D., Gilg O., Rei F., Roig A., Royer J., Thévenet J., Tuzon N., 2010 – Valoriser et conserver le Pin de Salzmann en France. *Forêt Méditerranéenne*, 31,1, 3 - 14.
- 27 - Fady B., Lefevre F., Vendramin G.G., Ambert A., Regnier C., Bariteau M., 2008 - Genetic consequences of past climate and human impact on eastern mediterranean *Cedrus libanii* forests. Implications for their conservation. *Conservation Genetics*, 9,1, 85 - 95.
- 28 - Fady B., Conord C., 2010 - Macroecological patterns of species in vascular plants of the Mediterranean basin. *Diversity and Distributions*, 16, 53 - 64.
- 29 - Ferreira - Dominguez N., Rigueiro - Rodriguez A., Mosquera - Loseda MR., 2011 - Response to sewage sludge fertilisation in a *Quercus rubra* L. Silvopastoral system soil, plant biodiversity and tree and pasture production. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 141,1 - 2, 49 - 57.
- 30 - Fedinks B., Pardini L., Dixo M., Follner K., Metzger J - P., Henle K., 2011 - Effects of species turnover on reserve site selection in a fragmented landscape. *Biodiv. Conserv.*, 20, 1057 - 1072.
- 31 - Forget P.M., Jordano P., Lambert J., Bohning - Gaese K., Traveset A., Whright S.J., 2011 - Frugivores and Seed Dispersal: Mechanisms and Consequences of a Key interaction for Biodiversity. – preface: Frugivores and seed dispersal (1985 - 2010); the “seeds” dispersed, established and matured. *Acta Oecologica*, 37(6), 517 - 520.
- 32 - Frapa P., Coache A., Favet C., 2006 - Richesse entomologique du site Natura 2000 FR 9301542 (Sondages et études bibliographiques sur l'entomofaune coléoptérique) *PNRL Apt* 15p.
- 33 - Frapa P., Coache A., 2007 – Aspects de la biodiversité entomologique des ripisylves de la Montagne de Lure et du Luberon. *Document ICAHP*, 56p.
- 34 - Frapa P., *et al.*, 2010 - Les 24 heures naturalistes d'Entrevennes – Synthèse des connaissances faunistiques et floristiques. *Document Entrevennes Anim Action*, 120p.
- 35 - Gil - Tena A., Saura S., Brotons S., 2007 - Effects of forest composition and structure on bird species richness in a mediterranean context: implications for forest ecosystem management. *Forest Ecology and Management*, 249, 2 - 3, 470 - 476.
- 36 - Kallimanis A., Mazanis A., Tsakanikas D., *et al.*, 2012 - The efficient biodiversity monitoring: which taxonomic level to study? *Ecological indicators*. 15, 1, 100 - 104.
- 37 - Landmann G., Gosselin F., Bonhème I., 2009 - Biomasse et Biodiversité : La montagne de Lure et du Luberon. *Document ICAHP – programme Leader et Conseil régional*.
- 38 - Larrieu L., Gonin P., 2009 – L'indice de biodiversité potentielle ou IBP - Une méthode simple et rapide pour évaluer la biodiversité potentielle des peuplements forestiers. *R.F.F.*, 6, 727 – 748.
- 39 - Lefevre F., 2010 - Prendre en compte la dimension dynamique de l'adaptation pour gérer les incertitudes : importance des ressources génétiques forestières. *Forêt Méditerranéenne*, 31, 4, 393 - 395.
- 40 - Liepelt S., Cheddadi R., De Beaulieu J - L., Fady B., Gomory D., Hussendorfer E., Konnert M., Litt T., Longaner R., Terhurne - Berson R., Ziegenhagen B., 2009 - Postglacial range expansion and its genetics imprints in *Abies alba* Mill. – A synthesis from paleobotanic and genetic data. *Review of Paleobotany and Palynology*, 153, 139 - 149.
- 41 - Lopez - Lopez P., Maiorano L., Falcucci A., Barba E.n Boitani L., 2012 - Hotspots of species richness threat and endemism for terrestrial vertebrates in SW Europe. *Actae Oecologica*, 37,5, 399 - 412.
- 42 - Kallimanis Athanasios D., Mazanis Antonios D., Tsakanikas D. 2012 - The efficient biodiversity monitoring: which taxonomic level to study? *Ecological indicators*, 15,1,100 - 104.
- 43 - Kapfer G., 2011 - Document d'information sur le groupe Chiroptères de Provence et sur les travaux en cours. *Document dactylographié*.
- 44 - Kremer A., Petit R., 2001 - L'épopée des chênes européens. *La Recherche*, mai 2001, 40 - 43.
- 45 - Mandelik Y., Dayan T., Chikatunov V., Kravchenko V., 2012 - The relative performance of taxonomic vs. Environmental indicators for local biodiversity assessment: A comparative study. *Ecological Indicators*, 15, 1, 171 - 180.
- 46 - Matias L., Gomez - Aparicio, Zamora R., Castro J., 2011 - Effects of resource availability on plant recruitment at the community level in a

- Mediterranean mountain ecosystem. *Perspectives in Plant Ecology. Evolution and Systematics*, 13, 4, 277 - 285.
- 47 - Medail F., Diadema K., 2006 - Biodiversité végétale méditerranéenne et anthropisation : approches macro et micro régionales. *Ann Géo.* 651, 618 - 640.
- 48 - Medail F., Diadema K., 2009 - Glacial refugia influence plant diversity pattern in the Mediterranean Basin. *J. Biogeogr.*, 36, 1333 - 1345.
- 49 - Mendes S.M., Santos J., Freitas H., Sousa J.P., 2011 - Assessing the impact of understory vegetation cut on soil epigeic macrofauna from a cork - oak Montado in South Portugal. *Agroforest Syst.*, 82, 139 - 148.
- 50 - Mosquera - Losada M.R., Rodriguez - Barreira S., Lopez - Diaz M.L., Fernandez - Nunez E., Rigueiro - Rodriguez A., 2009 - Biodiversity and silvopastoral system use change in very acid soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 131, 3 - 4, 315 - 324.
- 51 - Moreira F., Viedma O., Arianoutsou M., Curt T., Koutsias N., Rigolot E., Barbati A., Corona P., Vaz P., Xanthopoulos G., Mouillot F., Bilgili E., 2011 - Landscape - wildfire interactions in Southern Europe: Implications for landscape management. *Journal of Environmental Management*, 92, 2389 - 2402.
- 52 - Natura 2000, Parc Luberon, 2011 - Note de synthèse : Diagnostic, enjeux et propositions d'action. "Ocre de Roussillon et de Gignac, marnes de Perreal - site FR 9301583". *Document d'objectifs, Parc du Luberon*, 37 p.
- 53 - Natura 2000, Parc Luberon, 2012 - Note de Synthèse : Site Natura 2000 « Massif du Petit Luberon, FR 9310075 ». *Document d'objectifs, Parc du Luberon*, 23p.
- 54 - Orgeas J., Ponel Ph., 2001 - Organisation de la diversité des Coléoptères en milieu méditerranéen provençal perturbé par le feu. *Revue d'Ecologie*, 56, 2, 157 - 172.
- 55 - Otalora M., Martinez I., Belinchon R., Vidmer I., Aragon G., Escudero A., Scheidegger C., 2011 - Remnants fragments preserve genetic diversity of the old forest lichen *Lobaria pulmonaria* in a fragment Mediterranean mountain forest. *Biodiversity and Conservation*, 20, 6, 1239 - 1254.
- 56 - Pausas J.G., Bladé C., Valdecantos A., Seva J.P., Fuentes D., Allosa J - A., Vilagrosa A., Bautista S., Cortina J., Vallejo R., 2004 - Pines and oaks in the restoration of mediterranean landscapes of Spain: new perspectives for an old practice - a review. *Plant Ecol.*, 171, 209 - 220.
- 57 - Petit R.J., Aguinagualde I., Beaulieu J.L., Bittkau C., Brewer S., Cheddadi R., Ennos R., Fineschi S., Grivet D., Lascoux M., Mohanty A., Muller - Starck G., Demesure - Busch B., Palme A., Pedro - Marti J., Rendell S., Vendramin G.G., 2003 - Glacial refugia hotspots but not melting pots of genetic diversity. *Science*, 300, 1563 - 1565.
- 58 - Petit R.J., Hu F.S., Dick C.W., 2008 - Forests of the past : A window to future changes. *Science*, 320, 1450 - 1452.
- 59 - Pimont F., Prodon R., Rigolot E., 2011 - Comparison of postfire mortality in endemic corsican black pine (*Pinus nigra* ssp. *Laricio*) and its direct competitor (*Pinus pinaster*). *Annals of Forest Science*.
- 60 - Pino J., Roda F., Ribas J., Pons X., 2000 - Landscape structure and bird species richness : implications for conservation in rural areas between natural parks. *Landscape and Urban Planning*, 49, 1 - 2, 35 - 48.
- 61 - Potenza G., Fascetti S., 2010 - Lobarion as indicator of ancient forest in the appennino lucano (Basilicata - Southern Italy) applied to the world's largest Mediterranean - climate woodland. *Italia Forest e Montana*, 65, 6, 765 - 774.
- 62 - Prevosto B., 2011 - Abandon des terres par l'agriculture et colonisation par les ligneux: quelles conséquences sur la végétation pour différents écosystèmes européens. *Rev. For. Fr.*, 63, 411 - 423.
- 63 Prevosto B., Bousquet - Melou A., Ripert C., Fernandez C., 2011 - Effects of different site preparation treatments on species diversity, composition and plant traits in *Pinus halepensis* woodlands. *Plant Ecol.*, 212: 627 - 638.
- 64 - Prober S., Thiele K., Rundel P., Yates C., Berry S., Byrne M., Christidis L., Gosper C., Grierson P., Lemson K., Lyons T., Macfarlane C., O'Connor M.H., Scott J.K., Standish R.J., Stock W.D., Van Etten E., Wardell - Johnson G.W., Watson A., 2012 - Facilitating adaptation of biodiversity to climate change: a conceptual framework applied to the world's largest Mediterranean - climate woodland. *Climatic Change*, 110, 1 - 2, 227 - 248.
- 65 - Quézel P., Medail F., 2003 - Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier ed. 572p.
- 66 - Rayn D., Sutherland W., 2011 - Impact of nature reserve establishment on deforestation: a test. *Biodiv. Conserv.*, 20, 1625 - 1633.
- 67 - Reidinger S., Eschen R., Gange A.C., Finch P., Bezemer M., 2012 - Arbuscular mycorrhizal colonisation, plant chemistry, and aboveground herbivory on *Senecio jacobea*. *Acta Oecologica*, 38, 8 - 16.
- 68 - Restoux G., Silva D., Sagnard F., Torre F., Klein E., Fady B., 2008 - Life at the margin : the mating system of mediterranean coniferes. *Web Ecology*, 8, 94 - 102.
- 69 - Ricarte A., Jover T., Marcos - Garcia A., Mico E., Brustel H., 2009 - Saproxyllic beetle (coleoptera) and hoverflies (diptera : syrphidae) from a mediterranean forest: towards a better understanding of their biology for species conservation. *Journal of Natural History*, 43, 9, 583 - 607.
- 70 - Richard F., Moreau P - A., Selosse M - A., Gardes M., 2004 - Diversity and fruiting patterns of ectomycorrhizal and saprobic fungi in an old growth mediterranean forest dominated by *Quercus ilex* L. *Can. J. Bot.*, 82, 1711 - 1729.
- 71 - Richard F., Millot S., Gardes M., Selosse M - A., 2005 - Diversity and specificity of ectomycorrhizal fungi retrieved from an old - growth mediterranean forest dominated by *Quercus ilex* L. *New Phytologist*, 166, 1011 - 1023.
- 72 - Rossi J.P., 2011 - Extrapolation and biodiversity indicators: Handle with caution! *Ecological indicators*, 11(5), 1490 - 1491.
- 73 - Russo D., Cistrone L., Jones G., 2007 - Emergence time in forest bats: the influence of canopy closure. *Acta Oecologica*, 31, 1, 119 - 126.
- 74 - Sabatini F.M., Burrascano S., Blasi C., 2010 - Niche heterogeneity and old - growth forests conservation value. *L'italia forestale e montana*, 65, 5, 621 - 636.

- 75 - Sagnard F., Oddou - Muratorio S., Pichot Ch., Vendramin G., Fady B., 2011 - Effects of seed dispersal, adult tree and seedling density on the spatial genetic structure of regeneration at fine temporal and spatial scales. *Tree Genetics and Genomes*, 7, 37 - 48.
- 76 - Santana V., Baeza M.J., Maestre F., 2011 - Seedling establishment along post - fire succession in Mediterranean shrublands dominated by obligate seeders. *Acta Oecologica*, 39, 51 - 60.
- 77 - Simon L., *et al.*, Enjeux de biodiversité et dynamique du sapin sur Lure. Apport de la modélisation dans le cadre d'un système multi - agents. Document de travail.
- 78 - Sirami C., Jay - Robert P., Brustel H., Valladares L., Le Guilloux S., Martin J - L., 2008 - Saproxylic beetle assemblages of old holm-oak trees in the mediterranean region: role of a keystone structure in a changing heterogeneous landscape. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 10, 101 - 114.
- 79 - Scherber Ch. and al. 2010 - Bottom up effects of plant diversity on multitrophic interactions in a biodiversity experiment. *Nature*, 468, 553 - 556.
- 80 - Teixeira A., Mendez M., Valladares F., 2011 - Flower size and longevity influence florivory in the large - flowered shrub *Cistus ladanifer*. *Acta Oecologica*, 37, 5, 393 - 516.
- 81 - Torras O., Saura S., 2008 - Effects of silvicultural treatments on forest biodiversity indicators in the Mediterranean. *Forest Ecol. And Management*, 255, 8 - 9, 3322 - 3330
- 82 - Vela et Benhouhou, 2007 - Evaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le bassin méditerranéen. *Comptes rendus Biologie*, 30, 589 - 605.
- 83 - Verlaque R., Medail F., Aboucaya A., 2001 - Valeur prédictive des types biologiques pour la conservation de la flore méditerranéenne. *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Vie*, 324, 1157 - 1165.
- 84 - Vila M., Vayreda , Comas J., Ibanez JJ., Meta T., Obon B., 2007 - Species richness and wood production : a positive association in mediterranean forests. *Ecology Letters*, 10, 241 - 250.
- 85 - Vimal R., Geniaux G., Pluvinet P., Napoleone C., Lepart J., 2011 - Detecting threatened biodiversity by urbanisation at regional and local scales using an urban sprawl simulation approach : Application on the French Mediterranean region. *Landscape and Urban Planning*, 104, 3 - 4, 343 - 355.

## Résumé

En s'appuyant sur un certain nombre de références bibliographiques de la dernière décennie, l'auteur tente de montrer quelques aspects dominants du concept de biodiversité, en s'attachant à retenir plus particulièrement ceux qui ont des implications dans le midi méditerranéen français. Il souligne l'intérêt toujours actuel des inventaires de faune et de flore dans le cadre d'études sur la biodiversité spécifique, l'apport des études concernant la biodiversité génétique, les collaborations importantes avec les paléoécologues, en insistant sur le fait que ces démarches sont complémentaires et non concurrentes. On regrettera l'investissement encore limité sur la biodiversité fonctionnelle dont les apports pratiques sont essentiels pour les aménageurs et gestionnaires forestiers.

## Summary

### Biodiversity and Mediterranean forests: recent approaches

Drawing on some of the literature of the last decade, the author has sought to highlight some of the dominant aspects of the concept of biodiversity, focusing in particular on those aspects which have real implications for France's Mediterranean regions. He underlines the on-going advantages of inventories of plants and wildlife in the context of studies on the biodiversity of species, of the contribution made by studies on what is natural occurrence in the management of privately-held woodlands and of facilitating the adoption of the notion of a green network of mature timber.

## Riassunto

### Biodiversità e foreste mediterranee : approssimare recente

Appoggiandosi su un certo numero di referenze bibliografiche dell'ultimo decennio, l'autore prova di mostrare alcuni aspetti dominanti del concetto di biodiversità, attaccandosi a ritenere più particolarmente quelli che hanno implicazioni nel mezzogiorno mediterraneo francese. Sottolinea l'interesse sempre attuale degli inventari di fauna e di flora nel quadro di studi sulla biodiversità specifica, il contributo degli studi riguardando la biodiversità genetica, le collaborazioni importanti coi paleo-ecologi, insistendo sul fatto che queste pratiche sono complementarie e non concorrenti. Si rincercherà l'investimento ancora limitato sulla biodiversità funzionale di cui i contributi pratici sono essenziali per i pianificatori e i gestori forestali.