



HAL
open science

Gestion des chênaies méditerranéennes pour l'adaptation aux changements globaux

P. Vericat, M. Pique, R. Serrada

► **To cite this version:**

P. Vericat, M. Pique, R. Serrada. Gestion des chênaies méditerranéennes pour l'adaptation aux changements globaux. Forêt Méditerranéenne, 2013, XXXIV (3), pp.177-194. hal-03556722

HAL Id: hal-03556722

<https://hal.science/hal-03556722v1>

Submitted on 4 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.

Gestion des chênaies méditerranéennes pour l'adaptation aux changements globaux

par Pau VERICAT, Míriam PIQUÉ et Rafael SERRADA

Cet article est extrait d'une publication¹ en espagnol réalisée par le CTFC de Catalogne avec la collaboration de la Fondation pour la biodiversité : « Gestion adaptative au changement global des peuplements de chênes méditerranéens ». Un ensemble de mesures à intégrer dans la gestion des chênaies méditerranéennes est proposé, pour améliorer leur état actuel et leur capacité d'adaptation, tout en conservant leurs fonctions productives, environnementales et sociales.

1 - Vericat, P. ; Piqué, M. ; Serrada, R. 2012. Gestión adaptativa al cambio global en masas de *Quercus* mediterráneas. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya. Solsona. Lleida. 172 p. <http://quercuscambioglobal.ctfc.es/>

Importance des chênaies méditerranéennes : situation actuelle et défis face aux changements globaux

Les formations de chênes (*Quercus*) du bassin méditerranéen ont été intensément exploitées au fil de l'histoire pour l'obtention de divers produits : glands pour la consommation humaine (on en trouve des témoignages qui datent du mésolithique et du néolithique), bois (pour la construction navale, la charbonnerie et l'élaboration d'outillage agricole), bois de chauffage et charbon (comme combustibles domestiques et, en particulier, dans l'industrie métallurgique), liège (Cf. Photo 1), tanins à partir de l'écorce, fourrage et glandée pour l'élevage, truffes et champignons, etc. Dans bien des cas, cette exploitation séculaire et intense a conduit à une détérioration importante de ces formations.

Actuellement, les forêts de chênes présentent une grande importance économique, sociale et environnementale dans tout le bassin méditerranéen. Elles ont un ensemble de caractéristiques qui les rendent particulièrement utiles pour notre société :

- ce sont des formations nettement multifonctionnelles, c'est-à-dire qu'elles sont capables de remplir simultanément différentes fonctions (économiques, environnementales et sociales) à un haut niveau, l'une d'elles pouvant prédominer sur les autres selon les situations ;
- elles possèdent un potentiel élevé de production de biens marchands (produits ligneux, liège, champignons, fourrage, miel, etc.) ;

2 - Dehesa : système agro-sylvopastoral ibérique résultant d'un processus d'anthropisation pluriséculaire du paysage.

– elles fournissent d'importants services non marchands (régulation hydrologique et lutte contre l'érosion, séquestration du carbone, paysage, réservoir de biodiversité, etc.) ;

– elles abritent de nombreuses valeurs naturelles et sont particulièrement importantes en tant qu'habitat.

A la suite de l'exploitation intense à laquelle elles ont été soumises pendant des siècles, puis à l'abandon généralisé qui a caractérisé les pays du nord du bassin méditerranéen depuis le milieu du XX^e siècle, ces systèmes forestiers présentent actuellement des caractéristiques qui compromettent leur pérennité et leur capacité à générer des biens et des services sur le long terme :

– d'un point de vue sylvicole : densité excessive, vieillissement, faible vitalité, faible renouvellement génétique, structures à haute vulnérabilité face aux feux de forêt, etc.

– d'un point de vue écologique (habitat) : simplification de la structure et de la composition spécifique.

Concernant les taillis, les principaux problèmes actuels découlent de leur dégradation généralisée due à l'exploitation intensive séculaire pour l'obtention de bois de chauffage, charbon et fourrage. D'autre part, après l'abandon de cette forme de gestion, sont apparus des problèmes liés à une densité trop élevée, à un manque de vitalité des peuplements et à une faible production de graines, du fait de la concurrence très élevée entre les pieds.

En ce qui concerne les *dehesas*², elles sont issues de la fin de la période de reconversion ou de « l'âge d'or des *dehesas* » (XIX^e s.), et sont par conséquent vieilles et clairsemées, elles présentent de graves problèmes de régénération. Le syndrome de la *seca*, dépérissement dû à de multiples facteurs, fait disparaître de façon alarmante les arbres de nombreuses *dehesas*, tandis que les grands incendies forestiers affectent également les terrains transformés en *dehesa*, en particulier ceux présentant un développement de la strate arbustive, lié à une moindre pression de l'élevage (TORRES, 2012).

Les forêts méditerranéennes sont confrontées actuellement à un scénario de changements globaux. Les prévisions liées au changement climatique indiquent une baisse des précipitations et une hausse des températures, tandis que l'épuisement du modèle énergétique actuel entraînera vraisemblablement, à son tour, une pression sur la couverture forestière. Il est très probable que ces peuplements retrouvent un rôle important en tant que source d'énergie.

Dans ce contexte, les formations dominées par le chêne peuvent jouer un rôle stratégique dans l'adaptation aux changements globaux. Elles constituent un groupe d'espèces résistant et adapté pour vivre dans des zones de restrictions écologiques évidentes et, de plus, leur capacité de régénération leur confère une forte résilience face aux perturbations, comme les incendies.

Les chênes seront sans aucun doute des espèces clef dans la gestion forestière des prochaines décennies. D'où l'importance d'intégrer des mesures d'adaptation aux changements globaux dans la gestion de ces espaces forestiers.

Photo 1 :

La levée du liège a été et continue d'être un usage traditionnel des peuplements de *Quercus suber*. Écorçage à Jimena de la Frontera (Cádiz).
Photo A. San Miguel.



Les changements globaux : impacts probables sur les formations de chênes méditerranéens

De toutes les régions bioclimatiques, la zone méditerranéenne est considérée comme l'une des plus vulnérables face aux changements globaux (EEA, 2008). Outre la composante climatique, l'espace méditerranéen présente un ensemble de caractéristiques socio-culturelles qui rend très complexe la prévision des possibles impacts.

Les systèmes forestiers y sont altérés depuis des millénaires, très morcelés, soumis à une utilisation intensive mais inégalement répartie dans l'espace et, dans le nord-est du bassin méditerranéen, soumis depuis cinq décennies à un changement d'usages du sol qui entraîne un accroissement de la surface forestière et une accumulation notable de la biomasse (PALAHÍ *et al.*, 2008 ; FAO, 2011).

Afin de prévoir les principaux impacts négatifs des changements globaux sur les formations de chênes, il faut prendre en compte leur vulnérabilité. Celle-ci dépend autant du caractère et de l'intensité du changement, que de la sensibilité et de la capacité d'adaptation de la formation. Par conséquent, les impacts seront plus ou moins importants selon l'espèce considérée, son aire géographique, l'historique de sa gestion, son état actuel, etc.

L'impact prévisible des changements globaux sur les formations forestières du milieu méditerranéen occidental a été abordé dans de nombreux travaux (e.g. CAMARERO *et al.*, 2004 ; PEÑUELAS *et al.*, 2004, 2010 ; RESCO *et al.*, 2007 ; REGATO, 2008, SERRADA *et al.*, 2011).

La figure 1 résume les composantes du changement global et les impacts négatifs prévisibles sur les formations des espèces de chênes méditerranéens (VERICAT *et al.* 2012). Le lien entre ces composantes et les impacts négatifs n'est pas univoque, c'est-à-dire qu'une composante déterminée peut générer différents impacts et, dans le même temps, un impact déterminé peut être le résultat de l'effet conjoint de plusieurs composantes du changement global.

Il faut souligner le haut degré de corrélation et de rétroaction existant entre les différents impacts et l'importance d'avoir une vision d'ensemble du phénomène. Ainsi, un impact prévisible (par exemple l'affaiblissement des peuplements, le dépérissement dû à une baisse de la disponibilité hydrique) exacerbe d'autres impacts comme l'aggravation des processus d'érosion et la dégradation du sol et, à la longue, entraînera une baisse de la capacité de rétention du sol et une disponibilité hydrique encore plus faible.

Fig. 1 :
Principales composantes du changement global et impacts négatifs sur les forêts de chênes méditerranéens.
(Vericat *et al.*, 2012)



Mesures de gestion forestière pour l'adaptation des chênaies méditerranéennes aux changements globaux

Fig. 2 :

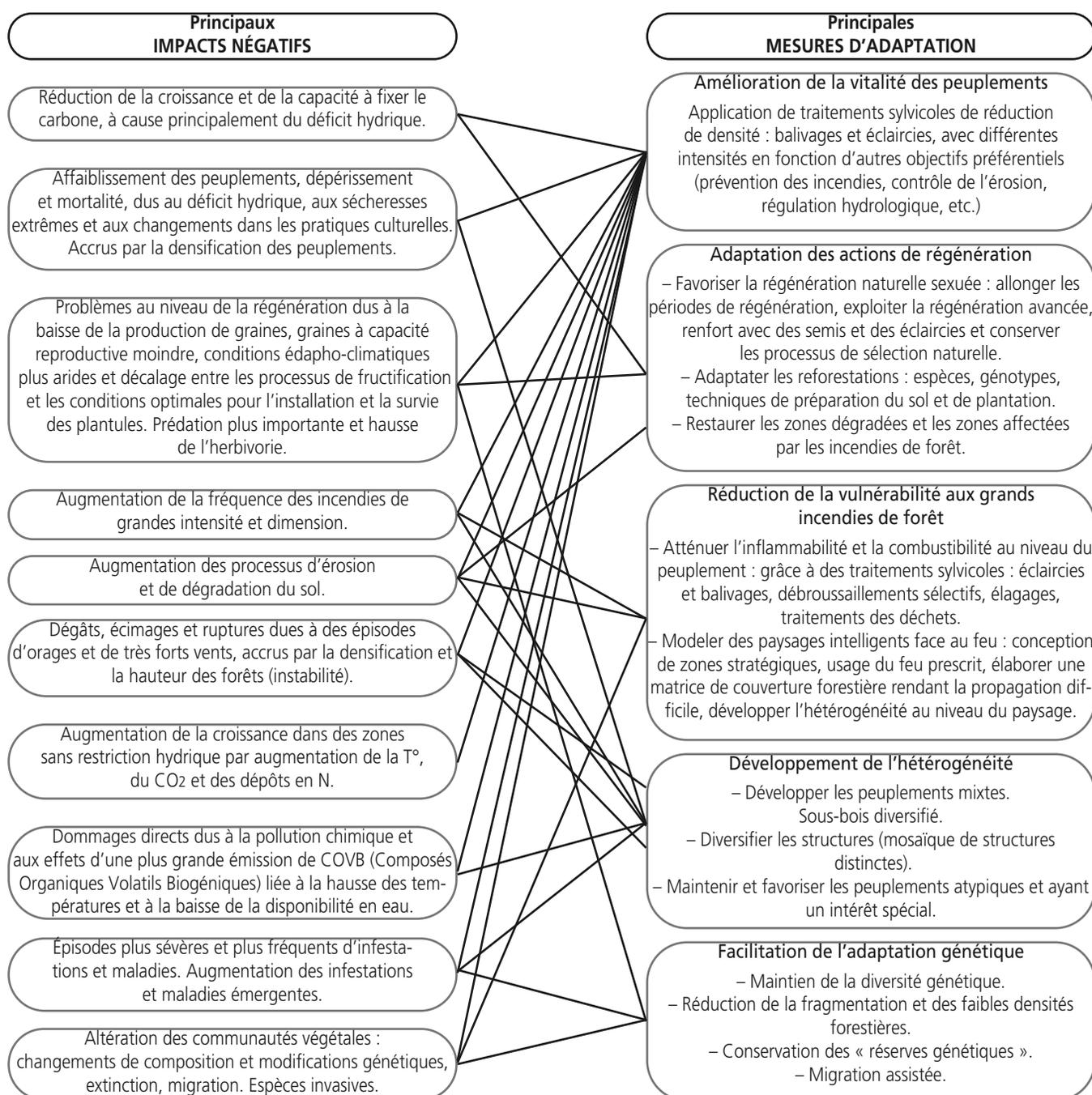
Mesures d'adaptation des formations de chênes aux changements globaux, à partir des principaux impacts détectés (Vericat et al. 2012).

Ci-après sont exposées les principales mesures de gestion forestière qui, à la lumière des connaissances actuelles, semblent être les plus efficaces pour l'adaptation de ces formations aux changements globaux, ainsi que pour la conservation de leurs fonc-

tions écosystémiques. Ces mesures tiennent compte des nouvelles conditions qu'impliquent les changements globaux et se réfèrent aux chênes de la région méditerranéenne occidentale.

Mesures d'adaptation sur les formations de chênes méditerranéens

La figure 2 synthétise les principaux groupes de mesures de gestion pour l'adapta-



tion des forêts de chênes méditerranéens aux changements globaux, et les met en relation avec les impacts négatifs prévisibles (VERICAT *et al.* 2012).

Il convient de souligner que les mesures d'adaptation peuvent convenir à un ou plusieurs effets du changement à divers degrés. D'autre part, certaines mesures d'adaptation qui se révéleront positives pour un impact déterminé, peuvent avoir des effets contre-productifs pour un autre. Par exemple, maintenir des densités faibles en vue de réduire le déficit hydrique, peut devenir contre-productif s'il y a un intérêt à maintenir des couvertures arborées denses pour réduire l'érosion ou encore le développement des sous-bois et, par conséquent, les risques d'incendies forestiers.

Les points suivants traitent en détail chacun de ces groupes de mesures. Deux niveaux de mise en œuvre sont considérés : (i) le peuplement et (ii) la forêt ou le paysage.

Amélioration de la vitalité des peuplements

La vitalité, ou vigueur des peuplements forestiers, leur permet de mieux résister aux altérations et aux événements défavorables, tout en facilitant leur possible régénération. L'amélioration de la vitalité des peuplements de chênes passe par l'utilisation de techniques sylvicoles adéquates.

Dans le cas des taillis, dans BRAVO FERNÁNDEZ *et al.* (2008), une analyse détaillée des alternatives ou modèles est faite pour parvenir à la stabilité écologique et économique des taillis de chênes en général et de chênes méditerranéens en particulier. Dans une première approche, en vue de l'adaptation aux changements globaux, seront préférables les opérations qui, tout en améliorant la vitalité, permettront :

- de maintenir voire d'améliorer la qualité écologique de l'état actuel, en assurant la stabilité à moyen et long terme et les bénéfices indirects considérés comme les plus importants dans chaque cas (régulation hydrique, paysage, etc.) ;

- d'obtenir des revenus à travers la production d'une ou plusieurs ressources. La production de bois de chauffage doit pouvoir être maintenue ou renforcée, en plus d'autres produits tels que le fourrage et le gibier, les champignons, les produits de l'apiculture, etc. ;



- de ne pas entièrement conditionner, dans une première phase, le futur usage du peuplement, en maintenant le nombre de souches par unité de surface.

Si l'on tient compte de ces prémisses, deux alternatives raisonnables se présentent pour améliorer la vitalité des taillis : le taillis-sous-futaie ou taillis irrégulier / fureté (voir GRACIA, 1998) et le balivage de conversion de taillis. Le maintien des coupes en taillis simple, bien qu'envisageable sur des stations de bonne qualité, présente l'inconvénient de voir se perpétuer les problèmes inhérents aux taillis, en particulier lorsqu'ils sont abandonnés, à savoir : surdensité et donc renouvellement génétique faible voire inexistant, dépérissement, manque de régénération sexuée et structure favorable aux incendies forestiers.

Le taillis-sous-futaie ou le taillis irrégulier / fureté (Cf. Photo 2) allie la régulation de la concurrence et l'amélioration du peuplement, avec une production de bois de chauffage (biomasse) régulière et concentrée, permettant en même temps la présence d'arbres de franc pied aptes à produire des graines et à permettre une conversion progressive en futaie. La transformation de taillis réguliers, procédant de taillis simple en taillis-sous-futaie favorise l'apparition d'une structure plus complexe et stable, et ouvre la possibilité de régénération sexuée. En contrepartie, il faut signaler que la structure irrégulière elle-même implique une continuité verticale de combustible, ce qui peut être un inconvénient dans des zones à fort risque d'incendie. D'autre part, il sera nécessaire d'introduire

Photo 2 :

Taillis irrégulier de chêne vert (*Quercus ilex* subsp. *ilex*) juste après une coupe d'éclaircie.

On observe des pieds de deux cohortes (dimensions) qui, avec la repousse qui sera générée, formeront les trois classes d'âge caractéristiques qui constituent ces peuplements. Serra del Montnegre (Barcelone). Photo AGS-CTFC.

périodiquement des mises en défens (bornages) pour les zones de pâturage.

Pour sa part, l'alternative de la conversion en futaie au moyen du balivage de conversion de taillis (Cf. Photo 3), par le biais de traitements partiels ou d'amélioration, généralement des éclaircies par le bas sans bornage pour le pâturage, cherche à aboutir à une futaie sur souche, à partir de laquelle on pourra entreprendre une régénération naturelle par semis. C'est une alternative qui maintient également l'intérêt énergétique. À court terme, elle réduit le risque d'incendie en améliorant la vitalité et rend possible la régénération par voie sexuée, tout en favorisant les exploitations pastorales et cynégétiques.

La conversion en futaie (régulière ou irrégulière) ne sera pas toujours possible ou appropriée. Afin de décider si les mesures d'améliorations peuvent être appliquées à un taillis, il faut analyser et surmonter un ensemble de facteurs conditionnant : biologiques, écologiques, sylvicoles et socio-économiques. Il existe des taillis très dégradés ou se trouvant sur des stations limites pour lesquels il ne sera pas raisonnable d'appliquer les alternatives décrites précédemment et qui nécessiteront des traitements sur mesure, voire une non gestion à court terme.

Dans le cas de futaies ou futaies sur souche déjà constituées, comme c'est le cas des suberaies, l'amélioration de la vitalité passe par l'application des traitements

nécessaires de régulation de la concurrence (éclaircies, débroussailllements) et par la mise en place de mesures d'adaptation pour la régénération naturelle décrites au point suivant.

Adaptation des actions de régénération

La régénération naturelle est le processus indispensable — et le plus efficace — dans la gestion des peuplements de chênes face à des changements dont l'intensité et la manifestation restent inconnues, dans le but d'accroître la diversité génétique qui donnera une chance aux individus les mieux adaptés de survivre, et surtout de générer des peuplements plus vigoureux, fonctionnels et résilients. En dernier recours, il reste la régénération artificielle par reforestation.

Ci-après sont présentées les mesures d'adaptation que devront adopter les actions de régénération, par rapport à la pratique habituelle, pour différents types de peuplements.

Taillis dégradés

Les taillis dégradés sont ceux qui, bien qu'étant d'un âge avancé et ayant une densité élevée, présentent une faible hauteur moyenne, moins de 2 m, ou bien des densités faibles, souvent conséquence des conditions limites de la station où ils se trouvent, comme une forte pente, une faible profondeur du sol ou une pierrosité élevée. Dans de telles situations, aucune action d'amélioration ne sera efficace, la hauteur et la densité ne s'amélioreront pas avec les balivages.

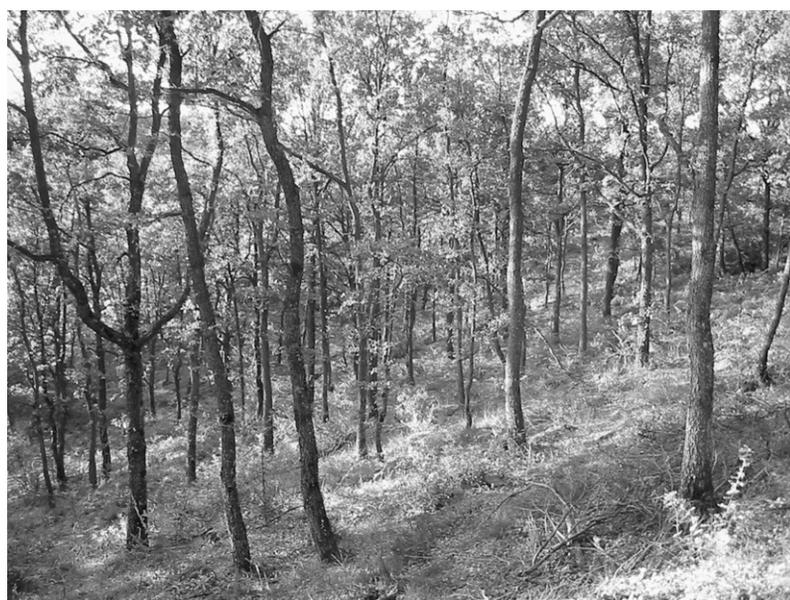
D'autre part, il existe de nombreux peuplements de chênes méditerranéens dégradés du fait de mauvaises pratiques culturales, répétées au cours de l'histoire (coupes sans mise en défens, déboisements pour l'agriculture, incendies à répétition, voire combinaisons successives de ces trois actions). Dans ce type de cas, une amélioration est possible, comme par exemple :

- la réalisation d'un recépage complet ou partiel des buissons bas et mise en place d'un bornage strict du pâturage. La repousse est vigoureuse, viable et, après 10 à 20 ans, le balivage de conversion peut y être entrepris ;

- dans le cas de chênaies dégradées, application d'actions mécaniques de défrichage et de rippage (CEBALLOS-ESCALERA *et al.*, 2009).

Photo 3 :

Peuplement de *Quercus pubescens* de 40 ans sur lequel ont été appliqués un balivage de conversion et un débroussaillage sélectif. Les structures résistantes aux incendies peuvent s'obtenir au moyen de traitements sylvicoles.
El Montsec (Lleida).
Photo AGS-CTFC.



Forêts de chênes méditerranéens touchées par des incendies

Le traitement urgent et nécessaire est le recépage, avant le bourgeonnement du printemps suivant, de toutes les tiges affectées, y compris celles qui ne sont pas complètement mortes. Il s'agit de permettre une repousse plus vigoureuse, capable de restaurer la densité initiale de façon naturelle et rapidement, en évitant la prolifération de bourgeons épicromiques de faible viabilité, qui entreraient en concurrence avec les rejets de souche ou de racine. Après le recépage, il est très important de borner la zone de pâturage.

Une première exception à cette recommandation de recéper concerne le chêne-liège. En fonction de l'épaisseur du liège et de son âge (âge du pied ou années écoulées depuis la dernière levée de liège) et de l'intensité de l'incendie, on peut penser que les pieds présentant une écorce épaisse résisteront correctement et il ne sera donc pas nécessaire de les abattre (CARDILLO & BERNAL, 2003). Le premier écorçage après l'incendie devra être effectué au bout de trois ans, à condition que la période de rotation d'écorçage soit écoulée.

La deuxième exception à la recommandation de recépage immédiat après incendie concerne les chênaies à chêne tauzin (*Quercus pyrenaica*) dégradées, pour lesquelles on ne peut pas savoir si le recépage après incendie modifiera de façon favorable la structure initiale. Ces peuplements peuvent rester deux ou trois ans mis en défens pour le pâturage, comme unique mesure de réhabilitation.

Taillis convertis en futaies sur souche

En partant d'une situation de futaie sur souche, que l'on prévoit de régénérer, différentes options se présentent (SERRADA *et al.*, 1998) :

- retour au taillis : c'est une alternative techniquement simple, il suffit de réaliser un recépage, justifié uniquement si le bois de chauffage présente une bonne valeur marchande ;
- transformation progressive en *dehesa* : dans les stations de bonne qualité, cela peut être une option intéressante à condition qu'elle ait un sens économiquement et socialement ;
- conversion en futaie : on cherche ici à parvenir au remplacement des rejets de taillis par des semis. Bien entendu, au cours des



coupes de régénération, un bornage strict du pâturage et une production par semis viable sont nécessaires.

Régénération en *dehesa*

La formation la plus adéquate pour une *dehesa* sera le peuplement irrégulier, et le traitement appliqué le jardinage par bouquet. Un pied est abattu s'il gêne la croissance d'autres pieds d'avenir ou si sa cime devient clairsemée ou endommagée et que sa production fruitière diminue, c'est-à-dire lorsqu'il perd sa fonctionnalité au sein de la *dehesa*. Le contexte de changement climatique et l'abandon de pratiques sylvicoles correctes dans de nombreuses *dehesas* ont rendu cette situation de plus en plus fréquente.

L'opération sylvicole la plus importante sera, par conséquent, de veiller à introduire de nouveaux pieds, en remplacement des pieds coupés, en vue de conserver la structure et la densité permettant une régénération naturelle, rendue difficile jusqu'à présent par le pâturage. Les mécanismes d'introduction de nouveaux pieds sont décrits dans les différents cas pratiques suivants (SERRADA & SAN MIGUEL, 2008) :

- exploiter les rejets de souche et de racine des pieds abattus ;
- se baser sur le potentiel de régénération à partir des souches et cépées présentant des bourgeonnements. Dans ce cas, il est possible que la partie centrale de la cépée cesse d'être accessible au bétail, rendant possible la croissance de rejets de souche situés au centre de ceux-ci. On peut également avoir recours au recépage et mettre en défens pour le bétail ;

Photo 4 :

La régénération naturelle, sur cet exemple, est possible sur la *dehesa* en prévoyant une mise en défens.

Photo A. San Miguel.

- se baser sur le potentiel de régénération par germination des graines (Cf. Photo 4). Dans les *dehesas*, la production de graines n'est pas, en général, un frein à la régénération naturelle. Le nombre de semis qui s'installe chaque année pouvant être élevé. Ces semis peuvent être protégés du bétail grâce à une mise en défens ou à l'aide d'une couverture arbustive (généralement des épineux) ;
- utiliser la régénération naturelle assistée (semis ou plantations, avec protection).

Réduction de la vulnérabilité face aux grands incendies forestiers

Dans le contexte actuel des changements globaux, la gestion des formations de chênes méditerranéens dans l'objectif de prévenir les grands incendies forestiers, passe par une réduction de la capacité des peuplements à générer des incendies de cimes et réaliser une sylviculture visant à favoriser la capacité d'adaptation intrinsèque de ces formations au feu.

Dans ce sens, les espèces du genre *Quercus* ont l'avantage d'être adaptées au feu et, par conséquent, aux perturbations régénératrices, de par leur capacité à rejeter, ce qui facilite énormément la gestion adaptative de ces espèces et les place parmi les espèces ayant une des plus grandes capacités de résilience face au feu.

L'objectif est de rendre ces forêts plus résistantes au passage du feu, pour ainsi éviter des pertes écologiques, sociales et écono-

miques traumatisantes, tout en sachant qu'en cas de perturbation de forte intensité, le système aura la capacité de se régénérer.

Ainsi, les principales mesures de gestion qui sont proposées au niveau du peuplement sont :

- développer la résilience naturelle de ces formations face aux incendies, en maintenant la vitalité et l'hétérogénéité des espèces ;
- composer des formations moins vulnérables (plus résistantes) aux grands incendies forestiers, au moyen de l'application de modèles et de traitements sylvicoles de structuration de la couverture forestière, essentiellement balivages, éclaircies et débroussaillages ;
- réduire la quantité de combustible grâce à des traitements sylvicoles — y compris l'usage du feu prescrit (Cf. Photo 5) — et à la gestion des rémanents.

Les mesures au niveau de la forêt ou du paysage pour la prévention des grands incendies forestiers revêtent une grande importance.

On dispose, pour certaines zones, d'informations concernant l'influence du milieu physique sur le comportement du feu, à partir de l'étude des différents types d'incendie, de sorte que l'on connaît les caractéristiques qu'une aire déterminée doit présenter pour être considérée comme stratégique pour le développement d'un grand incendie (COSTA *et al.*, 2011), informations très utiles pour ce qui est de la planification au niveau du paysage.

Les mesures au niveau du paysage permettent de rendre ces espaces « intelligents face au feu », avec des structures de forêts et des schémas spatiaux de distribution qui contribuent à rendre difficile la propagation des feux de cimes et à faciliter l'extinction des incendies de forêts.

Trois types d'actions ou mesures en zones forestières de *Quercus* sont à différencier :

- actions ponctuelles spécifiques de défense contre les incendies, associées à des manœuvres de lutte, déterminées conformément aux caractéristiques et au schéma de propagation des différents types d'incendies par zone, en particulier les plus dangereux. Ces actions se réfèrent aux Points stratégiques de gestion, bandes de faible charge de combustible ou bandes auxiliaires adossées à des chemins ;
- actions pour la configuration d'une matrice de couverture forestière avec une

Photo 5 :

Brûlages prescrits sur formation de *Quercus faginea* dans le but de réduire la masse de combustible et d'améliorer les parcours (Vilamajor, Catalogne, 2008)
Photo GRAF-DGPEIS.



structure rendant difficile le développement et la propagation de grands incendies, et contribuant également à augmenter indirectement les chances et capacités d'extinction ;

– actions pour développer l'hétérogénéité au niveau du paysage, qu'elle soit structurale ou spécifique (voir paragraphe suivant).

Développement de l'hétérogénéité

L'hétérogénéité spatiale apporte de la complexité au système forestier et le rend plus résilient et résistant aux perturbations (STEPHENS *et al.*, 2010 ; PUETTMANN, 2011). C'est par conséquent un élément clef dans les stratégies d'adaptation aux changements globaux.

Au niveau des peuplements, nous pouvons prendre en considération les mesures de gestion suivantes :

1.- Favoriser l'hétérogénéité des espèces : générer et maintenir des peuplements mixtes. Il est recommandé de prioriser les options parallèles aux dynamiques naturelles. Dans le cas de mélanges avec les pins méditerranéens, cela impliquera d'augmenter la proportion de chênes. À petite et moyenne échelle, la distribution des espèces peut s'adapter aux petites variations de station, et favoriser la présence d'une espèce ou d'une autre, là où les micro-conditions stationnelles leur seront plus favorables. Dans tous les cas, il semble raisonnable de favoriser les espèces les plus adaptées à des conditions sèches et chaudes ou, du moins, de réserver une proportion suffisante de celles-ci dans la formation mixte.

2.- Éviter l'homogénéité des peuplements, en favorisant la présence ponctuelle mais significative d'autres essences (Cf. Photo 6).

3.- Maintenir et diversifier le sous-bois et la strate arbustive, celle-ci favorise en effet la régénération par semis des chênes méditerranéens. Cet effet de facilitation a été démontré, par exemple, sur *Quercus ilex*, *Q. faginea* et *Q. pyrenaica* (e.g. GÓMEZ-APARICIO *et al.*, 2004 ; CASTRO *et al.*, 2006 ; CUESTA *et al.*, 2010) ou encore sur *Q. pubescens* dans le sud de la France (e.g. ROUSSET & LEPART, 1999, 2000). Face à l'augmentation prévisible des situations de stress liées aux changements globaux, la facilitation recouvre une importance particulière : c'est un élément clef pour fortifier le flux génétique, qui favorise les adaptations locales et la migra-

tion génétique. Cependant, il faut tenir compte des possibles inconvénients que peuvent comporter les sous-bois, comme par exemple la concurrence pour l'eau avec la strate arborescente, l'augmentation des risques d'incendie, ou le fait que cela peut entraîner un inconvénient pour l'exploitation pastorale de la strate herbacée (bien que dans les milieux méditerranéens ils agissent de façon intéressante comme un stabilisateur pour l'approvisionnement en fourrage). Les recommandations de gestion peuvent donc être résumées comme suit :

– si des débroussailllements sont nécessaires, il est recommandé que ceux-ci soient de type sélectifs et partiels, et de conserver entre 20 et 30 % de couverture arbustive, en taches de différentes formes et dimensions, en éliminant de préférence les espèces qui contribuent le plus à la combustibilité, et en conservant, de manière générale, les bordures arbustives composées d'espèces peu inflammables et, en particulier, de fruitiers (e.g. *Sorbus* sp., *Prunus*, etc.) ;

– pour les peuplements à strate arborée très fermée et où la strate arbustive est très clairsemée, ouvrir par endroit la couverture au niveau des taches arbustives existantes, pour favoriser leur exposition à la lumière. 20 % de couverture arbustive sont suffisants, surtout si la zone est particulièrement sensible aux incendies ;

– dans les zones dépourvues d'arbres ou dans les formations très ouvertes et dégradées, promouvoir la présence d'espèces arbustives, que ce soit avec des arbres isolés

Photo 6 :

Individus isolés de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* dans un peuplement pur de *Quercus faginea*. Pour les coupes, il est recommandé de maintenir ces pieds isolés et de favoriser l'incorporation graduelle de quelques individus jeunes, au moyen de l'ouverture ponctuelle de la canopée là où apparaîtra une régénération viable de pin laricio. Torà (Lleida).

Photo AGS-CTFC.



ou par taches. On peut y parvenir au moyen de mises en défens ou de semis et plantations ;

– dans les *dehesas* (Cf. Photo 7), où la pression du pâturage est excessive et le manque d'agents de dissémination et d'arbustes empêche la régénération, des arbustes peuvent être introduits par tache, dans un paysage en mosaïque, pour fournir refuge et nourriture aux animaux disséminateurs secondaires (zoochorie). D'autre part, au moment d'entreprendre la régénération, il est recommandé de favoriser au préalable le développement d'une strate arbustive épineuse, pour une exclusion temporaire du bétail et autres grands herbivores, qui servira de protection initiale aux semis.

4.- Diversifier la structure intra-forestière. Briser l'homogénéité interne typique de nombreux types de peuplements. Dans ces cas, on peut :

– sur les peuplements étendus gérés en taillis, laisser quelques cépées non coupées (~200-500 m²), sur lesquelles seront effectués uniquement des balivages de conversion, et créer des bouquets d'arbres dominants ;

– conserver, s'il y en a, quelques pieds dont le port et la structure de la cime sont substantiellement différents du reste des arbres de la parcelle. En ce sens, les pieds présentant un intérêt pour la faune et la biodiversité peuvent être intéressants pour introduire une certaine diversité structurelle au niveau du peuplement ;

– sur les *dehesas* régulières adultes ou parvenues à maturation, introduire une deuxième classe d'âge, de préférence avec divers schémas d'agrégation (distributions pied à pied de densités non uniformes, zones de bouquets denses, différentes densités, différentes formes et dimensions des bouquets, etc.).

Au niveau de la forêt ou du paysage, il s'agira de :

1.- Générer ou maintenir une mosaïque de peuplements de diverses espèces et structures. La diversification des structures revêt de l'intérêt en particulier sur les surfaces étendues de hauteur homogène. Dans ce cas, il existe de multiples options pour diversifier les types de structures au niveau de la forêt ou du paysage. On peut opter pour des structures en futaie sur souche au moyen de balivages de conversion de taillis sur les peuplements des stations de meilleure qualité, où l'évolution vers cette structure sera plus rapide, en alternant avec des peuplements gérés en taillis-sous-futaie ou taillis irrégulier / fureté, voire en taillis simple. D'autre part, des peuplements ouverts (forêts claires) ou comportant divers degrés de densité peuvent être maintenus.

2.- L'hétérogénéité des dimensions et des formes des peuplements est également importante ; dans ce cas, elle sera donnée par la variation des conditions écologiques et des objectifs de gestion.

– La diversification des espèces et des structures peut être intégrée à la gestion pour la prévention des incendies de forêts au niveau du paysage. Ainsi, des parcelles de très faible densité peuvent être établies au sein des Points stratégiques de gestion, ou des peuplements balivés en futaie sur souche dans les zones coupe-feux. Cette hétérogénéité peut également permettre l'exploitation d'autres produits forestiers comme, par exemple, l'élevage, la chasse ou l'apiculture.

– « L'aménagement par parcelles » constitue une méthode très adéquate pour la planification et la gestion adaptative des paysages forestiers en mosaïque, étant donné qu'il permet d'adapter la délimitation des unités de gestion (parcelles) aux variations des espèces, de la structure, des qualités de la station et des objectifs de gestion. De plus, la forme des unités de gestion est adaptée périodiquement, à mesure qu'évolue la couverture forestière, sans requérir une structure prédéterminée (VERICAT & PIQUÉ, 2007 ; GONZÁLEZ *et al.*, 2011).

Photo 7 :

Exemple de maintien de taches d'arbustes en *dehesas*, composées de différentes espèces et avec un recouvrement d'environ 20 %. Ces arbustes n'affectent pas négativement l'utilisation à des fins d'élevage et constituent un élément clef pour assurer un certain taux de régénération sexuée. Parc national de los Alcornocales, Cortes de la Frontera (Málaga).
Photo Raquel Sáinz.



3.- Maintien de peuplements d'intérêt particulier.

Il existe des peuplements atypiques, qu'il est important d'identifier en vue de l'adaptation aux changements globaux, et de prendre en compte dans les instruments de planification, au niveau de la forêt ou à plus grande échelle. Parmi eux, il faut mentionner :

– les « îlots de diversité ». Il s'agit d'îlots de peuplements non affectés par les incendies récurrents et l'activité humaine, du fait de leur position géographique, des conditions de haute humidité, de l'orientation, etc. Ces peuplements agissent comme une « mémoire » de l'écosystème : en leur sein survit un complexe biologique capable de recoloniser et de stabiliser le reste de l'espace après une perturbation ;

– les peuplements à composition spécifique particulière ou formations forestières rares ou relativement peu abondantes à petite échelle (forêt) ou à moyenne échelle (région ou massif) : ripisylves, peuplements résineux dans les territoires dominés par *Quercus*, peuplements de feuillus dans des conditions topographiques particulières, etc.

– les peuplements à structures peu fréquentes qui trouvent leur origine dans les usages faits dans le passé. Par exemple, les petits peuplements en *dehesa* avec des arbres arrivés à maturation liés à l'activité d'élevage dans les zones où prédomine actuellement le taillis, les arbres têtards, etc.

Facilitation de l'adaptation génétique

Les objectifs des mesures d'adaptation génétique sont :

– faciliter l'adaptation *in situ* et, par conséquent, le maintien, dans la zone actuelle, des espèces autochtones. Pour cela, on mettra l'accent sur l'hétérogénéité phénotypique (reflet d'une diversité génétique sous-jacente élevée) et le maintien du flux génétique ;

– faciliter les déplacements d'espèces et de génotypes, liés aux réajustements de zones de distribution provoqués par le changement climatique. Pour cela, on mettra l'accent sur l'élimination des barrières anthropiques, dues surtout à la modification du paysage (par exemple perte de connectivité, fragmentation, raréfaction de noyaux de diversité, etc.).

Beaucoup des mesures déjà présentées (amélioration de la vitalité des peuplements,



prévention des incendies de forêts ou augmentation de l'hétérogénéité) sont également de grande utilité pour faciliter l'adaptation génétique.

Afin de maintenir l'hétérogénéité phénotypique, au sein d'un même peuplement, il faudra garder des individus possédant des caractéristiques différentes, grâce aux traitements sylvicoles (balivages et éclaircies) : différents morphotypes (identifiables par l'aspect des feuilles ou le port de l'arbre), tout en maintenant ceux présentant un port moins intéressant, une feuillaison moins vigoureuse (à condition que cela ne soit pas dû à une pathologie ou à une carence), une fructification moindre, etc.

Sur les chênaies de *Quercus ilex* subsp. *ballota*, il faudra maintenir les morphotypes intermédiaires avec la sous-espèce *ilex*, et vice-versa. Sur les chênaies de *Quercus faginea* ou *Q. pubescens*, on maintiendra des individus de phénotypes intermédiaires (hybrides), sans essayer d'homogénéiser le peuplement, même si, dans certains cas, ils peuvent présenter des ports moins bons. Enfin, sur les chênaies en *dehesa*, on maintiendra des individus de différentes variétés, en gardant une représentation des moins intéressants du point de vue de la glandée (production de glands).

Au niveau du paysage, on mettra l'accent sur :

1.- **L'amélioration de la connectivité**, en établissant des couloirs biologiques comportant peu d'obstacles aux mouvements de

Photo 8 :

Au centre de l'image, chênes verts au milieu d'oliviers et champs de céréales à Génave (Jaén). La présence d'individus et de taches de *Quercus* est une constante dans les paysages agraires méditerranéens. Actuellement, le manque de régénération et la mortalité réduisent cette présence, de grand intérêt pour faciliter l'adaptation génétique.

Photo AGS-CTFC.

la faune. On favorise de cette façon la coexistence du complexe biologique associé à la régénération. Dans le même temps, améliorer la vitalité dans les secteurs de forêt de chênes insérés dans des zones à forte matrice agricole, les bandes plantées de chênes situées en lisière des champs de culture ainsi que les pieds de chênes isolés (Cf. Photo 8). De par leur situation, ces arbres présentent en général une cime globulaire avec une forte capacité de production de glands.

Photo 9 :

Individu surmature de *Quercus pubescens* qui a été conservé lors d'un balivage, dans la Serra del Montsec (Lleida). Ces pieds sont en général le témoignage d'une intense activité pastorale dans le passé.
Photo AGS-CTFC.

2.- La conservation des « réserves génétiques ».

Les « réserves génétiques » sont des enclaves isolées ou populations marginales et disjointes au sein des zones de distribution d'une espèce. Les espèces d'arbres et d'arbustes des milieux tempérés, dont la

limite de distribution méridionale se situe dans le bassin méditerranéen, trouvent le gros de leur diversité génétique dans leurs populations méditerranéennes (« limite arrière ») (REGATO, 2008). L'identification, la délimitation, l'évaluation et l'établissement de mesures réglementaires de protection de ces zones, ainsi que l'amélioration des conditions sylvicoles et de leur capacité de régénération sexuée (amélioration de la vitalité, mesures de prévention des incendies et de réduction de la pression des herbivores, etc.) sont recommandées.

3.- La migration assistée, comprise comme la translocation d'espèces dans des zones où elles ne sont actuellement pas présentes, mais où il est prévu qu'à l'avenir les conditions climatiques adéquates seront présentes, est soumise à un intense débat, car elle présente certains inconvénients et risques, découlant de l'incertitude inhérente aux changements globaux et à la méconnaissance des possibles effets négatifs de la translocation (voir, par exemple, AUBIN *et al.*, 2011). Ainsi, dans une position de précaution, on recommande de mettre l'accent sur les mesures de facilitation de la migration génétique : établissement de réseaux de « zones refuge » d'espèces connectées, en tenant compte du gradient climatique, qui puissent configurer un réseau au niveau du paysage ; restauration et renforcement de la capacité de reproduction sexuée des populations dans des paysages fortement transformés par le biais de traitements sylvicoles ; conservation, amélioration ou restauration des conditions adéquates de l'habitat pour les vecteurs biotiques de dispersion. Dans certains cas, les oiseaux peuvent avoir un rôle important dans la dispersion à courte et moyenne distance.

Amélioration de la qualité de l'habitat et de la fonction de conservation de la biodiversité

Les espaces forestiers dominés par les chênes méditerranéens font partie des plus riches en espèces et habitats protégés, et constituent un important réservoir de biodiversité. Les mesures d'adaptation aux changements globaux exposées jusqu'ici sont synergiques ou, tout du moins, compatibles avec la conservation de la biodiversité et l'amélioration des conditions de l'habitat.



D'autre part, le maintien adéquat du complexe biologique associé à ces forêts constitue en lui-même une mesure d'adaptation.

Les principales mesures d'amélioration de la qualité de l'habitat à prendre en compte pour ces forêts de chênes méditerranéens sont résumées dans le tableau I. Il est important de signaler que toutes les mesures exposées dans ce chapitre ne conviennent pas, ni ne sont applicables dans tous les cas et simultanément. Il s'agit d'options dont il faudra évaluer si elles conviennent pour chaque situation.

Exemples appliqués

Les exemples appliqués (Cf. encadrés pages suivantes) illustrent quelques-unes des mesures proposées. Il s'agit de cas qui ont déjà été appliqués, et qui permettent de ce fait d'évaluer leur efficacité, leurs coûts, les techniques employées, etc., en vue de leur transférabilité à d'autres situations similaires.

P.V., M.P., R.S.

Remerciements :

La publication qui sert de base à cet article a été réalisée en collaboration avec la Fondation Biodiversidad. Les auteurs remercient tout particulièrement la participation d'Enrique Arrechea, Nicolás de Benito, Froilán Sevilla, Ramón Santiago et Gregorio Montero dans le processus d'identification des impacts et mesures possibles.

Pau VERICAT
Míriam PIQUÉ
Àrea de Gestió Forestal Sostenible
Centre Tecnològic Forestal de Catalunya
(CTFC)
miriam.pique@ctfc.es

Rafael SERRADA
Sociedad Española de Ciencias Forestales
(SECF)

Tab. I (ci-contre) :
Principales mesures d'amélioration de la qualité de l'habitat à prendre en compte pour les forêts de chênes méditerranéens



Photo 10 :
Résidus grossiers d'un vieux chêne-liège abattu par le vent et laissés *in situ* comme bois mort. Alt Empordà (Géronne).
Photo AGS-CTFC.

Mesures au niveau du peuplement

- Encourager la diversité des espèces arborées
- Maintenir une certaine couverture d'espèces arbustives et sous-arbustives en favorisant les espèces fructifères (e.g. *Crataegus*, *Rubus*, *Sorbus*, *Prunus*, etc.)
- Conservation d'arbres présentant un intérêt (arbres nids, arbres perchoirs, arbres de grande taille, arbres avec cavités, vieux arbres surmatures, espèces rares ou à faible présence dans la zone, arbres isolés dans des zones de pâturage ou de cultures, arbres sénescents) (Cf. Photo 9)
- Bois mort (arbres morts sur pied, bois mort au sol) (Cf. Photo 10)
- Encourager l'hétérogénéité « de grain fin » (hétérogénéité interne du peuplement)
- Exécution correcte des travaux sylvicoles

Mesures au niveau des forêts et du paysage

- Maintenir les peuplements de vieux arbres et les vieilles forêts
- Gestion active des zones ouvertes
- Conservation et amélioration des formations de transition: lisières, haies, buissons
- Conservation et amélioration des ripisylves
- Conservation et amélioration des habitats présentant un intérêt spécial et autres points singuliers

Mesures spécifiques pour les espèces menacées

- Limitation des actions dans les zones ou époques sensibles pour l'espèce-cible
- Mesures actives de gestion des espèces-cibles et leurs habitats

Autres mesures actives d'amélioration de l'habitat

- Nichoirs pour oiseaux insectivores et chiroptères, construction de viviers à lapins, conservation ou restauration de mares et points d'eau, etc.

Balivages de conversion sur les taillis de chêne vert vieillis (*Quercus ilex* subsp. *ballota*)

Auteurs : José Alfredo Bravo Fernández, Rafael Serrada Hierro. ECOGESFOR. Universidad Politécnica de Madrid

Localisation : Comarque de La Alcarria Baja, province de Guadalajara, Espagne.

Objectifs de l'action :

Améliorer l'efficacité des balivages afin de parvenir, le plus tôt possible et à moindre coût, à augmenter la résilience des peuplements, à favoriser des usages multiples et à diminuer leur combustibilité.

Réalisation de balivages plus ou moins intensifs et analyse de leur influence sur : les pousses induites, la croissance des baliveaux, la production de glands, l'apparition de régénération sexuée et la génération de peuplements mixtes.

Caractéristiques de la zone d'action :

Peuplement situé à 1 240 m d'altitude, pluviométrie moyenne annuelle de 918 mm, température moyenne annuelle de 9,4 °C, moyenne des maximales de 14,9 °C et moyenne des minimales de 3,8 °C.

L'espèce principale est le *Quercus ilex* L. subsp. *ballota*, avec une présence dispersée de pieds de *Pinus nigra* Arn. Il s'agit d'un taillis qui, en 1995, était âgé de 30 ans, avec une densité élevée, une stagnation apparente de la croissance diamétrale et longitudinale, une fructification très faible, une absence apparente de régénération sexuée et une structure très combustible (Cf. Photo 1 et Tab. I). Le peuplement est issu de coupes de rajeunissement effectuées dans le passé pour l'obtention de bois de chauffage.

Description de l'action réalisée :

Installation de parcelles expérimentales, sur lesquelles ont été testés deux balivages de conversion d'intensités variables.

Dates d'exécution des balivages : 1995 et 2011.

Les éclaircies sont sélectives et par le bas. On coupe les rejets de plus petits diamètres et couronnes, dominés, tordus et mal formés. Lorsque les rejets possèdent des caractéristiques similaires, on tend à couper ceux qui se trouvent à l'intérieur des souches (si celles-ci peuvent être identifiées) afin de favoriser le dégroupement des rejets restants.

Lors du premier balivage (1995) les intensités variaient entre 15 et 70 % de la surface terrière initiale (extractions d'entre 40 et 85 % de la densité initiale). On maintient également des parcelles de contrôle, et on effectue des coupes à blanc sur d'autres. Lors du deuxième balivage (2011) on établit trois traitements : contrôle, intensité faible (35 % de la surface terrière initiale) et intensité forte (65 % de la surface terrière initiale). On essaye de ne jamais couper toutes les tiges d'une même souche.

La zone de pâturage est bornée après le premier balivage. Ce n'est pas nécessaire après le deuxième balivage du fait de l'absence de bétail domestique dans la zone.

On réalise simultanément un élagage sur les baliveaux, en éliminant les branches vivantes et mortes jusqu'à environ la moitié de la hauteur totale. Il n'y a pas de débroussaillage.

Le bois de chauffage est extrait pour exploitation. Les résidus de coupe sont éliminés par brûlage, en tas suffisamment éloignés des parcelles de test pour ne pas les perturber.

Résultats et évaluation de l'action :

15 ans après le premier balivage, on observe que la croissance diamétrale des bois et des cimes des baliveaux a augmenté et, dans une moindre mesure, leur hauteur. Après les balivages, on observe toujours l'émission de repousses, dont la quantité dépend de l'intensité du balivage appliqué (Cf. Tab. II). Il semble également que le balivage a accru la production de glands, même si on n'observe toujours pas la présence de semis.

Suite à la réduction de la densité, provoquée par le premier balivage (1995), une abondante régénération de *Pinus nigra* est apparue en 2011, à partir des pieds adultes dispersés dans la forêt (Cf. Photo 2).

Difficultés rencontrées :

L'absence de marquage préalable dans le cas des balivages réalisés en



Photo 1 :
Le taillis de chêne vert avant l'opération de balivages

	N	G	Dg	Souche	Ho
Moy	6 471	16,4	5,7	4 571	5,5
D.t.	2 381	6,5	0,8	1 924	0,9

Tab. I : Caractéristiques du peuplement avant de réaliser les balivages

Moy : moyenne arithmétique ; **D.t. :** écart type ;
N : densité de tiges (tiges/ha) ; **G :** surface terrière (m²/ha) ;
Dg : diamètre moyen quadratique (cm) ; **Souche :** densité des souches (souches/ha) ; **Ho :** hauteur dominante (m).

Tab. II :
Quantité de repousses produites après le premier balivage

%Gextr	R1	R2	R3
20	47,0	94,2 (200,4)	75,9 (161,5)
35	78,8	158 (200,5)	182,2 (231,2)
50	132,2	265,1 (200,5)	437,9 (331,2)
60	186,6	374,2 (200,5)	785,5 (421,0)
100	741,0	1486,2 (200,6)	8156,3 (1097,9)

%Gextr : intensité de l'éclaircie exprimé en pourcentage de la surface terrière initiale. R1 : production de pousses du sol, en kg de matière sèche/ha, après la première période végétative suivant les éclaircies.
R2 : comme R1, mais après deux périodes végétatives.
R3 : comme R1, mais après trois périodes végétatives.
Pour R2 et R3 est présenté également, entre parenthèses, le pourcentage que la quantité de repousse de cette année-là suppose par rapport à la première année (R1) pour l'intensité de l'éclaircie considérée.

1995 rend très difficile l'ajustement de l'intensité du balivage aux objectifs expérimentaux. On estime toutefois, du fait du coût élevé du martelage et étant donné qu'il s'agit d'un traitement difficilement auto-finançable, que la réalisation d'un martelage préalable pour ce type de traitements n'est pas nécessaire. Dans tous les cas, il est indispensable de donner des indications très claires au personnel chargé des coupes quant au nombre de tiges (en pourcentage de la densité initiale, se référant aux groupes de tiges que l'on trouvera) et au type de tiges à abattre ; les travaux doivent donc être fréquemment supervisés. Pour ne pas augmenter davantage les coûts, on propose d'éliminer les déchets de coupe par brûlage, réalisé avec un soin extrême par du personnel spécialisé.

Continuité – pronostic d'évolution attendue :

On s'attend à ce que le peuplement évolue de la même façon qu'il l'a fait après les balivages de 1995, en améliorant sa croissance et sa stabilité, et en allant vers une futaie sur souche constituée d'arbres en moins grande quantité mais plus grands, avec une structure très similaire à celle d'une futaie.

Avec des balivages de faible intensité, on peut s'attendre à ce que la réaction soit peu ou pas du tout positive, ils sont donc déconseillés. Des intensités très fortes sur l'un ou, a fortiori, sur les deux balivages, génèreront une repousse très intense et de possibles dommages sur une partie des baliveaux, du fait que ceux-ci se retrouveront isolés avec une morphologie non encore appropriée ; ils sont donc en principe également déconseillés. La réduction de concurrence et l'ouverture des cimes a permis l'installation d'une régénération abondante de *P. nigra*, de telle sorte que, s'ils sont correctement gérés, il est possible de se diriger vers un peuplement mixte.

Estimation de l'investissement : 12 salaires journaliers/ha pour l'abattage, l'ébranchage et l'élimination des résidus.

Ressources bibliographiques :

BRavo FERNÁNDEZ, J.A.; ROIG GÓMEZ, S. y SERRADA HIERRO, R. 2007. Regeneración sexual en tallares envejecidos y resalveados de encina y quejigo: implicaciones para el uso silvopastoral. Actas de la XLVI Reunión Científica de la S.E.E.P. Vitoria-Gasteiz, 4 a 8 de junio de 2007 (527-534).

BRavo FERNÁNDEZ, J.A.; ROIG GÓMEZ, S. Y SERRADA HIERRO, R. (2008). Selvicultura en montes bajos y medios de encina (*Quercus ilex* L.), rebollo (*Q. pyrenaica* Willd.) y quejigo (*Q. faginea* Lam.): tratamientos tradicionales, situación actual y principales alternativas. En: SERRADA, R.; MONTERO, M. y REQUE, J. (Eds.): Compendio de Selvicultura Aplicada en España. 2008. INIA y FUCOVASA. Madrid. pág. 657 a 745.

BRavo FERNÁNDEZ, J.A.; BARRERO GAMONAL, D.; MARTÍNEZ GONZÁLEZ, G.; SERRADA HIERRO, R. y ROIG GÓMEZ, S. 2011. Biomasa ramoneable procedente de resalveos sobre tallares envejecidos de encina. Actas de la 50 Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (567-572). S.E.E.P. Toledo, 9 a 12 de mayo de 2011.



Photo 2 :

On observe une abondante régénération de *Pinus nigra*, après l'ouverture provoquée par le balivage.

Balivages sur taillis adulte de chêne pubescent (*Quercus pubescens* Willd.)

Auteurs : Pau Vericat Grau, Míriam Piqué Nicolau. Àrea de Gestió Forestal Sostenible. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC).

Localisation : Forêt Bon Repòs, comarque d'El Pallars Jussà, pré-Pyrénées de la province de Lleida, Espagne.

Objectifs de l'action :

Amélioration de la vitalité, croissance du peuplement et résistance aux phénomènes climatiques extrêmes (fortes sécheresses), réduction de la vulnérabilité au feu et amélioration de la production de glands (hausse du flux génétique, aliment pour la faune).

Caractéristiques de la zone d'action :

Peuplement de 20 ha situé à 1 050 m d'altitude, pluviométrie moyenne annuelle de 730 mm et température moyenne de 10,8 °C. Étage supraméditerranéen, la végétation de la zone appartient au domaine du *Buxo-Quercetum pubescentis*.

Le peuplement présente une pente minimum de 18 % et maximum de 31 %. La roche-mère est formée de grès et de calcaires sableux, avec des sols à texture limono-sableuse, à réaction modérément basique mais avec une élévation notable des horizons. L'érosion affecte ponctuellement le milieu, mais de façon peu intense.

Le peuplement a fait l'objet d'une coupe à blanc effectuée en 1965 pour l'exploitation du bois de chauffage et du charbon. Il est actuellement dominé par le *Quercus pubescens*, accompagné du *Quercus ilex* subsp. *ballota*. On note la présence ponctuelle de *Sorbus aria*, *Sorbus domestica*, *Acer opalus*, *Pinus sylvestris* et *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*. La strate arbustive est dominée par l'Amélanchier ovalis, l'*Erica scoparia*, le *Buxus sempervirens*, le *Juniperus communis*, le *Crataegus monogyna*, l'*Arctostaphylos uva-ursi*, le *Rosa* sp. et *Rubus* sp.

Avant l'intervention, le peuplement présentait une densité élevée et des signes de stagnation, avec des cimes comprimées, faiblement développées, une fructification très faible, un nombre élevé d'arbres dominés et une haute couverture de buissons rémanents, nés de la mise en lumière datant de 40 ans auparavant, qui constituaient une continuité verticale élevée de combustibles.

	Initial	final	% extrait
N (n≥2,5)	3 820	1 375	60%
TCL	>75%	50-75%	25%
G	34,2	21,2	38%
VBF	129	83	35 %
Dg	9,6	13,4	-
Hm	7,7	10,3	-
Ho	11,6	11,6	-

Tab. I :

Principaux paramètres sylvicoles de l'intervention.

N : densité des tiges (tiges/ha) ; TCL : taux de couverture libre (%),
G : surface terrière (m²/ha) ; VBF : volume bois fort (m³/ha) ;
Dg : diamètre moyen quadratique (cm) ; Hm : hauteur moyenne (m) ;
Ho : hauteur dominante (m).

Description de l'action réalisée :

Balivage de conversion d'intensité modérée (extraction de 35 % de la surface terrière initiale), élagage bas (< 2 m) des tiges rémanents, essartage sélectif des buissons (en laissant environ 20 % de couverture) et élimination des résidus par broyage (trituration mécanisée et tronçonnage des résidus à des longueurs < 0,8 m dans les zones non accessibles).

On élimine de préférence les tiges dominées, mal formées et desséchées. Dans les zones moins denses, on agit au niveau de la souche, en laissant entre 1 et 3 tiges par souche. Les tiges isolées de *Sorbus* sp., *Pinus sylvestris* et *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* sont conservées. Les bois de chauffage sont extraits et laissés en tronçons de 2,30 m à proximité du chemin le plus proche, accessible en camion. Les travaux ont été réalisés pendant l'hiver 2008-2009.

Avant le traitement, on effectue un marquage des tiges à conserver en les marquant avec du spray. Le critère de sélection des tiges à laisser est la qualité de la tige et l'espacement, et l'on vérifie périodiquement le % de surface terrière extrait avec un relascope (Cf. Tab. I et Fig. 1).

Résultats et évaluation de l'action :

- Augmentation du diamètre et de la hauteur moyenne des arbres.
- Amélioration de la configuration générale du peuplement et de sa stabilité.
- Création d'une discontinuité verticale de combustible (Cf. Photos 1 et 2).
- Amélioration des paramètres du peuplement présentant un intérêt pour la faune (stratification, diamètres). L'action implique un coût net malgré le volume de bois de chauffage extrait lors de ce type d'intervention (environ 40 t/ha). Socialement, l'amélioration de l'aspect paysager et de la praticabilité fait que ce type de traitement est facilement accepté.

Difficultés rencontrées :

Les difficultés se sont concentrées sur l'exécution du traitement, du fait de l'inertie des entreprises au moment d'exploiter le bois de chauffage. Le marquage est indispensable pour éviter une coupe excessive ou que ne soient extraits que les tiges de plus grand diamètre ou les mieux formées. De la même manière, la conservation de tiges présentant un intérêt pour la diversité (*Sorbus* sp., *Pinus* sp.) dépend du marquage.

Continuité – pronostic d'évolution attendue :

On attend à court et moyen terme une amélioration de la vitalité, de la croissance et de la fructification des tiges, étant donné que l'ouverture modérée de la strate supérieure permettra le développement des cimes au cours des prochaines années. En même temps, le fait de ne pas ouvrir sensiblement la couverture doit éviter le développement du sous-bois. D'autre part, les diamètres laissés permettront que, dans le futur, soit généré du bois mort, intéressant pour la faune (diamètre >17,5 cm).

Estimation de l'investissement :

10 salaires journaliers/ha pour l'abattage, l'ébranchage et l'élimination des résidus. Une partie de l'intervention et l'enlèvement du bois de chauffage ont été financés grâce à la vente de ce dernier.

Ressources bibliographiques :

Piqué, M. ; Romà, J. ; Vericat, P. 2007. Caracterización de las masas de robles submediterráneos (*Quercus humilis* e híbridos afines) como base para la definición de propuestas de gestión en el Prepirineo catalán. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.*, (21): 67-74.

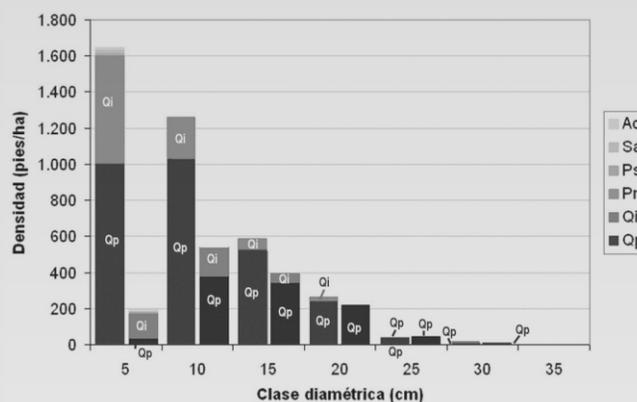


Fig. 1 :

Distribution diamétrique avant et après le traitement. Ao : *Amelanchier ovalis* ; Sa : *Sorbus aria*, Ps : *Pinus sylvestris* ; Pn : *Pinus nigra* sous-espèce *salzmannii* ; Qi : *Quercus ilex* ; Qp : *Quercus pubescens*.



Photo 1 :

Aspect avant l'intervention (hiver 2007)



Photo 2 :

Aspect après l'intervention (été 2008)

Bibliographie

- Aubin, I.; Garbe, C. M.; Colombo, S.; Drever, C. R.; McKenney, D. W.; Messier, C.; Pedlar, J.; Saner, M. A.; Venier, L.; Wellstead, A. M.; Winder, R.; Witten, E.; Ste-Marie, C. 2011. "Why we disagree about assisted migration: Ethical implications of a key debate regarding the future of Canada's forests". *The Forestry Chronicle*, 87 (6): 755-765.
- Bravo Fernández, J. A.; Roig, S.; Serrada, R. 2008. Selvicultura en montes bajos y medios de encina (*Quercus ilex* L.), rebollo (*Q. pyrenaica* Willd.) y quejigo (*Q. faginea* Lam.): tratamientos tradicionales, situación actual y principales alternativas. En: Serrada, R.; Montero, M. y Reque, J. (editores): *Compendio de Selvicultura Aplicada en España*. 2008. INIA y FUCOVASA. Madrid. p. 658-744
- Camarero, J. J.; Lloret, F.; Corcuera, L.; Peñuelas, J.; Gil-Pelegrín, E. 2004. "Cambio global y decaimiento del bosque". En: Valladares, F. (ed.). *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S.A. Madrid, p. 397-423.
- Cardillo, E.; Bernal, C. J. 2003. Recomendaciones selvícolas para Alcornocales afectados por el fuego. Cuadernos Forestales 1/2003. Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal (IPROCOR). Junta de Extremadura. Mérida. 24 p.
- Castro, J.; Zamora, R.; Hódar, J. A. 2006. "Restoring the forests of *Quercus pyrenaica* Willd. using pioneer shrubs as nurse plants". *Applied Vegetation Science*, 9: 137-142.
- Ceballos-Escalera, J. M.; Serrada, R.; Sanjuán, A.; Aroca, M. J. 2009. "Resultados preliminares de tratamientos de mejora, por decapado y subsoado, en montes bajos degradados de rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) en Gascones (Madrid)". Actas del V Congreso Forestal Español. Sociedad Española de Ciencias Forestales y Junta de Castilla y León. Ávila 21 a 25 de septiembre de 2009.
- Costa, P.; Castellnou, M.; Larrañaga, A.; Miralles, M.; Kraus, D. 2011. La prevención de los Grandes Incendios Forestales adaptada al Incendio Tipo. Unitat Tècnica dels GRAF. Divisió de Grups Operatius Especials. Direcció General de Prevenció, Extinció d'Incendis i Salvaments. Departament d'Interior. Generalitat de Catalunya, Barcelona. 87 p.
- Cuesta, B.; Villar-Salvador, P.; Puértolas, J.; Rey Benayas, J. M.; Michalet, R. 2010. "Facilitation of *Quercus ilex* in Mediterranean shrubland is explained by both direct and indirect interactions mediated by herbs". *Journal of Ecology*, 98 (3): 687-696.
- EEA. 2008. Impacts of Europe's changing climate - 2008. An indicator-based assessment (EEA Report No 4/2008). Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. 246 p.
- FAO. 2011. State of Mediterranean Forests (SoMF). Concept paper. Roma. 24 p.
- Gómez-Aparicio, L.; Zamora, R.; Gómez, J. M.; Hódar, J. A.; Castro, J.; Baraza, E. 2004. "Applying plant facilitation to forest restoration: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants". *Ecological Applications*, 14 (4): 1128-1138.
- González, J. M.; Piqué, M.; Vericat, P. 2011. Manual de ordenación por rodales: gestión multifuncional de los espacios forestales. 2ª ed. Organismo autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid. 208 p.
- Gracia, M. 1998. Les taillis de chêne vert, irréguliers et furetés, du nord-est de la péninsule Ibérique. *Rev. For. Fr.*, L, 5: 467-478.
- Palahí, M.; Mavsar, R.; Gracia, C.; Birot, Y. 2008. "Mediterranean forests under focus". *International Forestry Review*, 10 (4): 676-689.
- Peñuelas, J.; Sabaté, S.; Filella, I.; Gracia, C. 2004. "Efectos del Cambio Climático sobre los ecosistemas terrestres: observación, experimentación y simulación". En: Valladares, F. (ed.). *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente. Organismo Autónomo de Nacionales. Madrid, p. 397-425.
- Peñuelas J., C. Gracia, *et al.*, 2010. Introducing the climate change effects on Mediterranean forest ecosystems: observation, experimentation, simulation, and management. *Forêt Méditerranéenne XXXI(4)*: 357-361.
- Puettmann, K. J. 2011. "Silvicultural challenges and options in the context of global change: "simple" fixes and opportunities for new management approaches". *Journal of Forestry*, 109 (6): 321-331.
- Regato, P. 2008. Adaptación al cambio global. Los bosques mediterráneos. UICN Centro de Cooperación del Mediterráneo, Málaga, España. 254 p.
- Resco, V.; Colinas, C.; Fischer, C. 2007. "Climate change effects on Mediterranean forests and preventive measures". *New Forests*, 33 (29-40).
- Rousset, O.; Lepart, J. 1999. "Shrub facilitation of *Quercus humilis* regeneration in succession on calcareous grasslands". *Journal of Vegetation Science*, 10 (4): 493-502.
- Rousset, O.; Lepart, J. 2000. "Positive and negative interactions at different life stages of a colonizing species (*Quercus humilis*)". *Journal of Ecology*, 88: 401-412
- Serrada, R.; Aroca, M. J.; Roig, S.; Bravo, A.; Gómez, V. 2011. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector forestal. Notas sobre gestión adaptativa de las masas forestales ante el cambio climático. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid. 128 p.
- Serrada, R.; San Miguel, A. 2008. "Selvicultura en Dehesas". En: Serrada, R.; Montero, M. y Reque, J. (editores): *Compendio de Selvicultura Aplicada en España*. 2008. INIA y FUCOVASA. Madrid, p. 861-877.
- Serrada, R.; Bravo, J. A.; Revilla, C. 1998. "Conversión de montes bajos". En: *La gestión sostenible de los bosques*, Vol. 3. Solsona, del 13 al 16 de mayo de 1996. Centre Tecnològic Forestal del Solsonés. Lleida, p. 199-224.

Stephens, S. L.; Millar, C. I.; Collins, B. M. 2010. "Operational approaches to managing forests of the future in Mediterranean regions within a context of changing climates". *Environmental Research Letters*, 5: 1-9.

Torres, E. 2012. "Historia de las dehesas". En: Alejano, R.; Domingo, J. M.; Fernández, M. (eds.). Manual para la gestión sostenible de las dehesas andaluzas. Foro para la defensa y conservación de la dehesa "Encinal" y Universidad de Huelva. Huelva, p. 52-61.

Vericat, P.; Piqué, M. 2007. "Utilización del método de ordenación por rodales para compatibilizar la gestión forestal y la conservación de la biodiversidad". *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.*, 21: 125-133.

Vericat, P.; Piqué, M.; Serrada, R. 2012. *Gestión adaptativa al cambio global en masas de Quercus mediterráneas*. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya. Solsona. Lleida. 172 p.

Résumé

Cet article expose les principales mesures de gestion forestière qui, à la lumière des connaissances actuelles, semblent être les plus efficaces pour l'adaptation au changement global des formations de chênes (*Quercus ilex* sous-espèce. *ilex*, *Quercus ilex* subsp. *ballota*, *Quercus suber*, *Quercus faginea*, *Quercus pyrenaica*, *Quercus pubescens* et *Quercus canariensis*) dans le milieu méditerranéen occidental. Les mesures proposées se basent sur les axes suivants : amélioration de la vitalité des forêts, adaptations des actions de régénération, réduction de la vulnérabilité face aux grands incendies forestiers, développement de l'hétérogénéité, facilitation de l'adaptation génétique et, pour finir, amélioration de la qualité de l'habitat et de la fonction de conservation de la biodiversité. Deux niveaux de mise en œuvre de ces mesures sont considérés : (i) le peuplement et (ii) la forêt ou le paysage. Les mesures sont de divers type, bien que toutes soient applicables aux divers domaines de la gestion forestière, que ce soit au niveau de l'exécution ou de la planification.

Summary

Managing forests of Mediterranean *Quercus* species to help them adapt to global change

This article presents the main measures of forest management which, in the light of current knowledge, seem to be the most effective in helping the *Quercus* formations in the area of the Western Mediterranean (*Quercus ilex* subsp. *ilex*, *Quercus ilex* subsp. *ballota*, *Quercus suber*, *Quercus faginea*, *Quercus pyrenaica*, *Quercus pubescens* and *Quercus canariensis*) to adapt to global change. The proposed measures are based on the following main issues: improving the vitality of forests, adapting regeneration techniques, reducing the vulnerability of forests to wildfires, promoting heterogeneity, facilitating genetic adaptation and, lastly, improving their overall quality as habitat as well as their rôle in preserving biodiversity. Implementation of these measures has been considered at two levels: (i) stand and (ii) forest or landscape. The measures can be applied in forest management at both the planning and execution stages.

Resumen

En el presente artículo se exponen las principales medidas de gestión forestal que, a la luz del conocimiento actual, parecen más efectivas para la adaptación al cambio global de las formaciones de *Quercus* en el ámbito del mediterráneo occidental (*Quercus ilex* subsp. *ilex*, *Quercus ilex* subsp. *ballota*, *Quercus suber*, *Quercus faginea*, *Quercus pyrenaica*, *Quercus pubescens* y *Quercus canariensis*). Las medidas propuestas se basan en los siguientes ejes: mejora de la vitalidad de los bosques, adaptaciones en las actuaciones de regeneración, reducción de la vulnerabilidad a los grandes incendios forestales (GIF), fomento de la heterogeneidad, facilitación de la adaptación genética y, finalmente, mejora de la calidad del hábitat y la función de conservación de la biodiversidad. Se consideran dos escalas de implementación de estas medidas, (i) rodal y (ii) monte o paisaje. Las medidas son de distinto tipo, aunque todas ellas son implementables desde los distintos ámbitos de la gestión forestal, ya sea en ejecución o planificación.