
La gestion des taillis de chênes vert et pubescent dans les garrigues du Gard

Analyse du milieu et de la productivité des peuplements

Thomas Curt et Christine Marsteau

Dans les garrigues du Gard, comme dans toute la région méditerranéenne française, la majeure partie des peuplements forestiers spontanés est constituée par des taillis de chêne pubescent et de chêne vert. Ces écosystèmes ont subi d'importantes perturbations : surexploitation des bois, surpâturage, feux répétés. Leur avenir est incertain, du fait du vieillissement des peuplements, des difficultés de renouvellement des chênaies par semis et des coupes multiples (Bonin et Romane, 1996). Dans la région étudiée, la partie septentrionale des garrigues du Gard, 20 % des taillis ont plus de 55 ans. Ce vieillissement s'explique par la baisse régulière du rythme d'exploitation pour le bois de chauffage depuis 50 ans environ, du fait de la concurrence du gaz et du fioul, et par la remise en cause du régime du taillis par certaines communes soucieuses d'offrir une forêt de loisirs à leurs concitoyens. Les périodes de reprise des coupes, justifiées par les variations cycliques du prix des bois, ne suffisent plus à ralentir cette évolution qui est liée à une déprise agro-pastorale et démographique ancienne (De Bonneval, 1996). Par ailleurs, leur faible productivité¹, qui s'explique par la présence de fortes contraintes bioclimatiques et édaphiques, ne permet généralement pas d'espérer une rentabilité économique correcte.

La gestion actuelle des taillis de chênes est complexe car les objectifs assignés à ces forêts sont multiples : production de bois, sylvopastoralisme, accueil du public, protection contre les érosions, trufficulture (Santelli, 1997). Dans la partie septentrionale des garrigues du Gard, les gestionnaires forestiers publics sont confrontés à des choix de gestion à moyen et long terme des forêts com-

munes. Plusieurs questions sont posées, si on exclut le reboisement en essences exotiques qui ne sera pas abordé ici et qui n'intéresse que 10 % des surfaces boisées. L'aménagement des peuplements à « fortes » potentialités (plus de 2 m³ par hectare et par an pour le chêne vert) offre-t-il d'autres perspectives que le traitement en taillis ? Le passage à la futaie est-il possible dans ces peuplements ? Quels sont les taillis à laisser vieillir et ceux à traiter en taillis ?

Pour répondre à ces questions en vue de la réactualisation des orientations forestières des garrigues du Gard, les gestionnaires forestiers de l'ONF (Office National des Forêts) ont demandé au Cemagref de proposer une méthode destinée à analyser les potentialités forestières et à évaluer la productivité des chênaies des plateaux de Lussan et des coteaux de la basse Cèze². Pour cela, il était nécessaire de prendre en compte deux contraintes propres aux taillis de chênes des garrigues du Gard :

1. La production moyenne des taillis de chêne pubescent des garrigues du Gard est d'environ 1,7 m³/ha/an et celle du chêne vert de 1 m³/ha/an (Darracq *et al.*, 1984). La production réelle, tenant compte des vides forestiers, est probablement beaucoup plus faible (Bonin et Romane, 1996).

2. Un numéro récent de la revue « Forêt Méditerranéenne » [1996, XVII (3)] fait le point des connaissances actuelles sur l'histoire, l'écologie et les perspectives de gestion des forêts de chêne vert et de chêne pubescent. Cette synthèse montre que les connaissances sur la production des peuplements restent fragmentaires.

**Thomas Curt et
Christine
Marsteau**
Cemagref
Domaine de Lualas
63200 Riom

– l'évaluation des potentialités forestières est difficile en milieu calcaire méditerranéen (Boisseau, 1996) : les variations de relief, même faibles, entraînent de forts contrastes topoclimatiques qui influent sur la production des forêts. Les caractéristiques de la couverture pédologique varient fortement à l'échelle métrique : pierrosité, profondeur du sol, pourcentage de calcaire actif, etc. L'objectif de l'étude est de fournir une démarche d'analyse des milieux calcaires et de leurs potentialités forestières ;

– les peuplements sont mélangés, c'est-à-dire qu'ils associent plusieurs essences forestières, notamment des chênes vert et pubescent, des arbousiers, des alisiers, des sorbiers et des érables de Montpellier. Les brins sont issus de rejets de souche dont l'âge est inconnu, et la compétition entre espèces modifie leur croissance en hauteur (encadré 1). Dans ces conditions, il était nécessaire de vérifier l'adé-

quation des protocoles classiquement utilisés pour l'évaluation de la production des peuplements purs, à des taillis mélangés.

Matériels et méthodes

■ Les contraintes climatiques et édaphiques des garrigues du Gard

La zone d'étude est située dans la région des garrigues du Gard, entre le plateau des Gras ardéchois au nord, le Rhône à l'est, les Costières du Gard au sud et les Cévennes à l'ouest. Elle est constituée par deux petites unités géographiques : les coteaux gréseux de la basse Cèze, d'altitude moyenne de 200 mètres et le plateau calcaire karstifié de Lussan, d'altitude moyenne de 350 mètres. Les principales caractéristiques écologiques qui influent sur les potentialités forestières au sein de la zone d'étude sont :

Encadré 1

L'évaluation de la productivité des taillis de chênes

Les peuplements choisis sont supposés homogènes quant à l'origine génétique des chênes et la sylviculture qui leur a été appliquée. Ils sont constitués de chênes vert ou pubescent et sont situés sur des terrains communaux gérés par l'administration des Eaux et Forêts, puis par l'ONF. Ils ont été traités en taillis depuis plus d'un siècle, avec des rotations variables (20 ans au début du siècle, 25 ans entre 1920 et 1945) mais identiques pour toutes les forêts communales. L'exploitation a été faite avec des méthodes similaires (saut du piquet, hache) et toutes les forêts étudiées ont été soumises à une réglementation commune pour le pâturage et le ramassage des morts bois.

Classiquement, la productivité d'une essence forestière en peuplement pur et fermé est estimée par la hauteur des arbres dominants des peuplements à un âge de référence, dénommée « indice de fertilité ». Pour étudier la production des taillis de chênes, nous avons retenu le protocole suivant :

– la surface des placettes est de 2 ares, ce qui correspond à 30 ou 40 brins par placette ; ces valeurs sont conformes à celles utilisées par d'autres auteurs dans des taillis de chênes méditerranéens (Duché, 1983 ; Fernandez, 1978 ; Miglioretti, 1983). Par contrainte pratique, les placettes sont implantées le long d'un sentier sur 20 mètres de longueur et ont une largeur de 10 mètres ;

– sur chaque placette, la hauteur des cinq plus gros brins

pour chaque espèce est mesurée à la perche télescopique jusqu'à 9 mètres et au dendromètre au-delà, avec une erreur de mesure estimée à 30 cm ;

– l'âge des arbres est estimé grâce aux archives forestières, en prenant en compte la date de la vente, l'exploitation ayant lieu - en principe - dans les deux années suivantes. Les peuplements choisis ont des âges compris entre 25 et 55 ans, ce qui permet de limiter les variations liées à la phase de démarrage et de croissance juvénile, l'effet des fluctuations climatiques décennales et les erreurs liées aux courbes de croissance. L'âge médian des 118 placettes étudiées est de 47 ans ;

– afin de pouvoir calculer l'indice de fertilité pour chacune des essences (chêne vert et chêne pubescent), on a ramené pour chaque placette la moyenne des cinq hauteurs réellement mesurées à leur hauteur théorique à l'âge de référence de 47 ans. Ce calcul a été effectué à l'aide des courbes de croissance établies pour le chêne vert et pour le chêne pubescent par l'Inventaire Forestier National, construites à partir des données du premier et du deuxième cycle d'inventaire pour la région des garrigues du Gard.

Pour les placettes mixtes (chêne vert et chêne pubescent mélangés), on a calculé H47 pour chacune des deux essences. Dans ces conditions, la valeur de H47 peut être affectée par la compétition entre espèces et ne pas refléter les potentialités réelles de la station.

– les facteurs bioclimatiques, qui expliquent une part importante des variations de la productivité des forêts (Darracq *et al.*, 1984 ; Marsteau et Curt, 1997). Le bioclimat est de type méditerranéen humide à hiver froid (Cemagref, 1987) avec un gradient assez important sur la zone d'étude, entre les plateaux de Lussan plus froids et relativement plus humides et la basse Cèze plus chaude et sèche. Les précipitations moyennes annuelles varient entre 700 et 1 000 mm, et la température moyenne annuelle entre 12 et 13 °C. Le déficit hydrique estival est fortement marqué, de l'ordre de 300 mm. A l'échelle locale, on observe de fortes variations topoclimatiques en fonction de l'exposition des versants et de l'effet d'abri par rapport aux vents dominants ;

– la *substratum* géologique et les conditions géopédologiques. Trois principaux types de roches composent le *substratum* : des calcaires (calcaires purs à faciès massif, calcaires argileux ou gréseux), des grès calcaires et des sables. La couverture pédologique est constituée par des sols brunifiés et des sols rouges, qui sont fréquemment remaniés et tronqués par l'érosion et l'activité humaine. A l'échelle stationnelle, on observe de fortes variations des caractéristiques géopédologiques : pierrosité et profondeur du sol, fissuration de la roche, présence de calcaire actif.

■ **La méthode d'évaluation de la productivité des taillis de chêne**

Les deux essences étudiées sont le chêne vert (*Quercus ilex* L.) et le chêne pubescent (*Q. pubescens* Willd.), qui sont autochtones en région méditerranéenne française. Le chêne vert est une essence plus xérophile et plastique que le chêne pubescent. Il supporte les sols superficiels et pierreux développés sur des roches affleurantes et/ou massives, même si sa croissance est nettement améliorée sur roches fortement fracturées ou sur sols profonds (Cemagref, 1987). Le chêne pubescent préfère les sols profonds et meubles, et les matériaux de texture légère, sableuse à sablo-limoneuse.

La démarche d'analyse de la productivité des peuplements a consisté, dans un premier temps, à échantillonner le plus largement possible la variété des conditions topographiques et géopédologiques (figure 1). 118 placettes ont été étudiées dans des taillis de composition prédominante de chêne vert (49 placettes), de chêne pubescent (37 placettes),

ou mixte (32 placettes). On a effectué sur chaque placette des observations de variables de milieu (pente, topographie, profondeur du sol, intensité et profondeur de la réaction à l'acide, etc.) et des mesures dendrométriques sur les peuplements (encadré 1). La productivité du chêne vert et du chêne pubescent est estimée par un « indice de fertilité » constitué par la hauteur des cinq brins dominants de chacune de ces essences à l'âge de référence de 47 ans (ou H47).

■ **La caractérisation des types de peuplements**

Nous avons constitué un premier fichier contenant la description de la composition, de la physiologie et de la structure des 118 peuplements étudiés : âge des arbres mesurés, nombre de strates (arborée, arbustive, herbacée). Pour chaque strate, on a relevé la composition (essence principale, essences secondaires) en indiquant la nature de ces essences (sempervirentes, caduques), le nombre de tiges et le taux de recouvrement (exprimé en dixièmes). Ce fichier a fait l'objet d'une AFC (Analyse Factorielle des Correspondances) couplée avec une CAH (Classification Ascendante Hiérarchique) sur les relevés et sur les variables. La hauteur dominante des peuplements de chêne vert et de chêne pubescent, codée en classes, a été prise en compte comme variable supplémentaire : elle n'entre pas dans les calculs mais elle est projetée sur les plans factoriels aux fins d'analyse.

Ce travail a permis de distinguer cinq types de taillis en fonction de leur structure, de leur composition et de leur physiologie (tableau 1). Le chêne pubescent est prédominant en surface dans les deux premiers types, et le chêne vert dans les trois derniers. Des traitements statistiques complémentaires ont permis d'établir des affinités entre les types de peuplements et certaines conditions de milieu : on observe ainsi que les taillis de chêne vert sont fréquemment associés aux milieux développés sur argiles de décarbonatation, et les taillis de chêne pubescent aux argiles calciques ou aux sables loessiques.

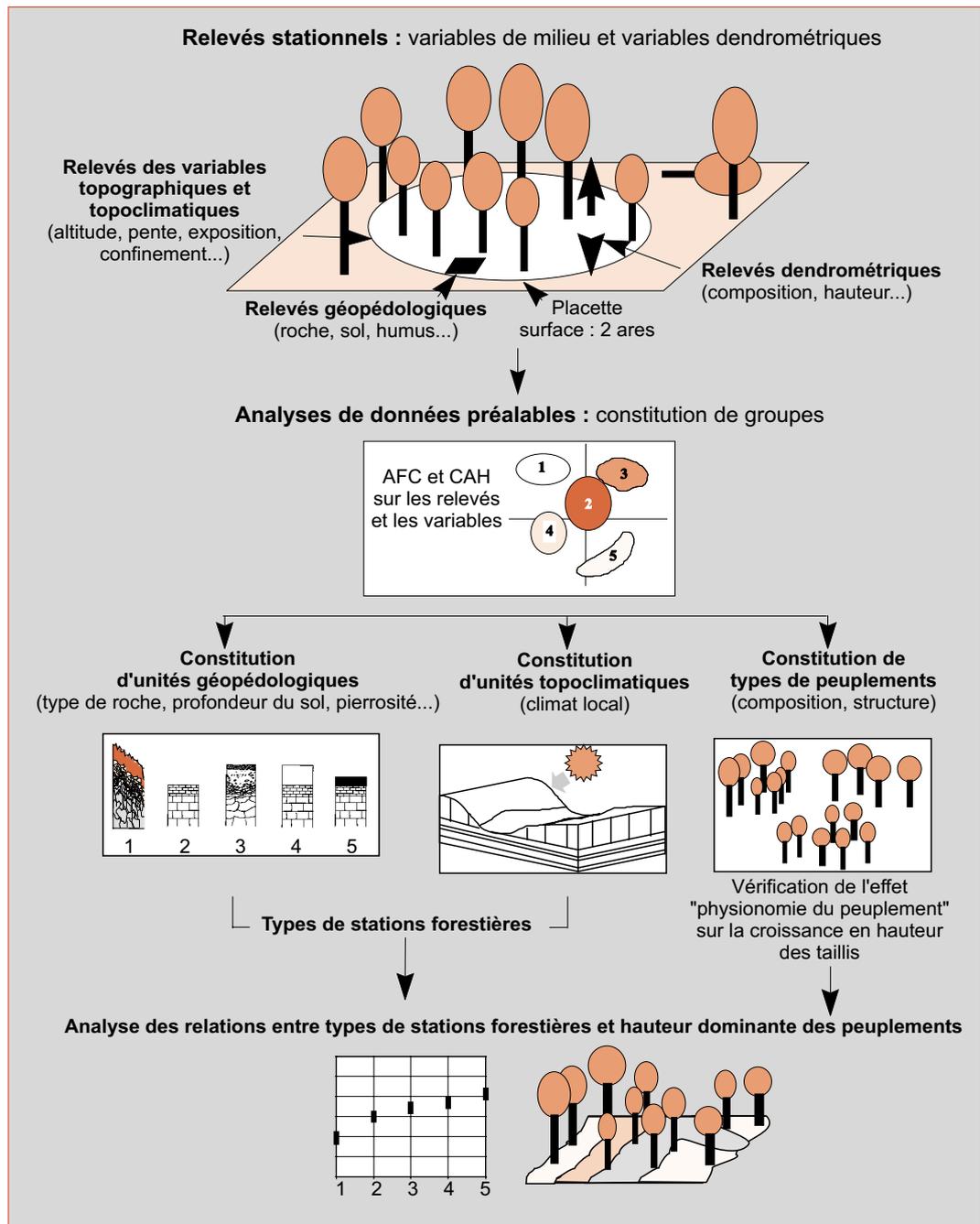
■ **La caractérisation des unités géopédologiques**

Les caractéristiques des sols et des roches jouent un rôle essentiel pour la croissance forestière dans les milieux méditerranéens carbonatés (Boisseau, 1996), mais les typologies de sols classiquement

proposées sont trop grossières et mal adaptées à la description des sols rencontrés sur les plateaux calcaires, qui sont perturbés par l'action humaine. Pour décrire les sols en milieux calcaires, Callot (1978) propose de prendre en compte les caractéristiques de l'ensemble du *substratum*, ou système géopédologique. Celui-ci inclut la roche, le maté-

riau parental et les horizons de surface du sol. Nous avons donc effectué des analyses multivariées sur l'ensemble des caractéristiques géopédologiques des 118 placettes d'étude, afin de déterminer des unités de sol présentant des caractères communs. Les données traitées concernent la roche (nature, massivité, pendage, fracturation, etc.), le matériau

Figure 1 - Démarche générale de l'étude.

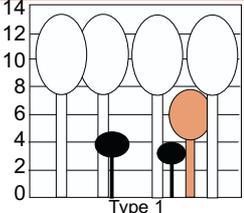
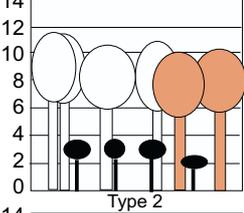
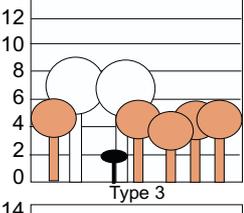
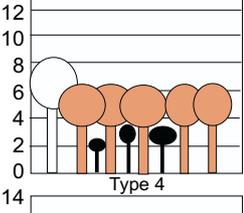
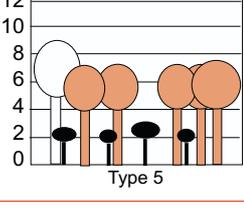


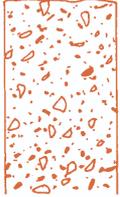
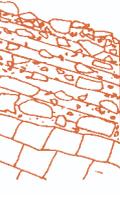
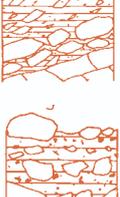
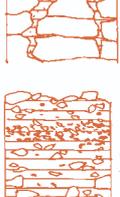
parental (nature, texture, pourcentage et nature des éléments grossiers, etc.) et les horizons pédologiques de surface (structure, type morphologique d'humus, texture, pierrosité, etc.). Ces informations issues des relevés de terrain ont été complétées par les résultats d'analyses physico-chimiques effectuées sur 55 échantillons de sols prélevés sur des fosses pédologiques représentatives. L'ensemble de ces données a été traité par AFC et CAH, en prenant en compte les variables

géopédologiques comme variables actives, et l'indice de fertilité pour chacun des deux chênes comme variables supplémentaires.

Ces analyses ont permis de mettre en évidence sept unités géopédologiques (tableau 2). Elles sont constituées par des placettes présentant les mêmes caractéristiques de *substratum*, de matériau parental et de sol. Ces sept unités sont organisées en deux ensembles principaux en fonction du type de roche : les unités géopédologiques caractérisées par

Tableau 1. – Description des types de peuplements. ▼

Type physionomique	Composition et structure	Conditions géopédologiques prédominantes	Représentation schématique
Taillis de chêne pubescent pur	Taillis de chêne pubescent avec très peu de tiges de chêne vert et quelques feuillus caducs (alisier blanc, alisier torminal, sorbier domestique)	Argiles calciques	
Taillis de chêne pubescent mélangé	Taillis de chêne pubescent avec au moins 1/3 de tiges sempervirentes (arbousier)	Sables loessiques et argileux	
Taillis de chêne vert mélangé	Taillis fermé de chêne vert avec 2 à 5/10 de tiges feuillues caduques (chêne pubescent, érable de Montpellier)	Argiles de décarbonatation rougeâtres à cailloutis et argile calcaire	
Taillis de chêne vert fermé	Taillis fermé de chêne vert avec au plus 1/10 de tiges feuillues caduques	Argiles de décarbonatation rougeâtres à cailloutis et argile calcaire	
Taillis de chêne vert plus ou moins ouvert	Taillis de chêne vert plus ou moins ouvert à strate arbustive et herbacée fortement développée	Argiles de décarbonatation avec présence de calcaire actif	

Unité géo-pédologique	Lithologie Lithofaciès	Matériau parental	Caractéristiques physiques du sol	Caractéristiques chimiques du sol	Profil type
1	Sables et grès (faciès meubles ou consolidés)	- Sables d'altération des grès - Loess (matériaux meubles)	- Texture AS ou AL - Epaisseur moyenne : 50cm - Absence d'éléments grossiers	- Sols acides - pH = 5 en profondeur - Réaction HCl nulle dans tout le profil (recarbonatation locale possible)	 1
2	Grès Présence de barres rocheuses obliques	Altérites sablo-argilo-graveleuses	- Sols profonds (épaisseur moyenne 50 cm) et meubles - Texture SA - Fort pourcentage d'éléments grossiers	- Sols acides - pH = 5 - Réaction HCl nulle dans tout le profil	 2
3	Calcaires argileux et calcaires gréseux	Argiles de décarbonatation brun-gris ou brun-jaunâtre à cailloutis (60-90 % d'éléments gr.) Eboulis	- 60 à 90 % d'éléments grossiers - Profondeur 50 à 70 cm - Texture AS-SA	- Calcaire actif dans tout le profil (effervescence généralisée) - pH = 8 dans tous les horizons	 3
4	Calcaires argileux et calcaires gréseux	Argile calcique brun-jaunâtre ou brun-rougeâtre	- Charge moyenne en él. grossiers (10 à 30 %) - Texture A-AL - Compacité moyenne	- Sols neutres (pH = 6 à 7) partiellement décarbonatés (décarbonatés en surface)	 4
5	Calcaires durs cristallins fracturés et karstifiés Altern. d'affleur. rocheux et de poches d'altér.	- Argile de décarbonatation rougeâtre (terra rossa) avec des gélifrac, en en « poches »	- Environ 90 % d'éléments grossiers - Texture AL - 80-100 % d'affleurement rocheux surface	- Sols neutres (pH = 6 à 7) partiellement décarbonatés avec réaction HCl locale et modérée	 5
6	- Calcaires durs cristallins en gros bancs très fissurés et fracturés (lapiés) à pendage inv. ou oblique	- Argile de décarbonatation rougeâtre (terra rossa) - Plaquettes décimétriques ou cm	- Abondance de plaquettes - 30 à 80 % d'él. Grossiers - Matériau et sol compact à très compact	- Sols décarbonatés : pH = 6, absence d'effervescence à l'acide	 6
7	Calcaires crayeux très purs à faciès massif urgonien, peu fracturés	- Argiles de décarbonatation à gélifrac	- Abondance des gélifrac (80 à 90 %) - Présence de grains de calcaire diffus - Profondeur sol : 25 à 45 cm	- Sols décarbonatés en surface (réaction HCl nulle) - Réaction généralisée en prof. (pH= 7 à 8)	 7

◀ Tableau 2. – Description des unités géopédologiques.

des sols profonds sur grès et calcaires gréseux, et les unités présentant des sols plus superficiels sur calcaires purs ou marneux. Au sein de chacun de ces ensembles lithologiques, la distinction des unités se fait en prenant en compte les variables les plus significatives au plan statistique : fracturation de la roche, présence de calcaire actif et pH, charge en éléments grossiers, profondeur du sol facilement prospectable par les racines.

■ *La constitution de groupes de stations forestières*

Darracq *et al.* (1984) ont établi une typologie des stations forestières pour l'ensemble des garrigues du Gard, en se basant sur la durée de la sécheresse estivale, le faciès géologique et le type de peuplement. Cette typologie apparaît trop grossière car elle ne prend pas en compte les facteurs topoclimatiques qui conditionnent fortement les potentialités forestières des stations. Par contre, Darracq *et al.* donnent une place importante à la physionomie du peuplement en distinguant notamment des taillis et des garrigues hautes en fonction de la densité des tiges. Or, Bichard (1982) a montré que la fertilité des stations est indépendante de la densité des tiges. C'est pourquoi nous proposons d'affiner cette typologie à l'aide d'analyses multivariées sur les données de milieu. Nous avons déterminé des types de stations forestières en associant des variables géopédologiques, géomorphologiques (formes de relief) et topoclimatiques (figure 2 et tableau 3). Ces variables de milieu apparaissent comme les variables qui gouvernent la variabilité des milieux forestiers et leur productivité et permettent d'obtenir une évaluation rapide de fertilité de la station à l'aide d'un bilan de chaleur, d'alimentation en eau et d'éléments nutritifs (figure 5).

Les résultats

■ *L'influence de la structure du peuplement sur la croissance en hauteur*

La productivité des 118 peuplements étudiés, estimée par leur hauteur dominante à l'âge de 47 ans (ou H47), varie de 5,2 à 15 mètres pour le chêne pubescent, et de 5,2 à 9,8 mètres pour le

chêne vert (valeurs moyennes). Les peuplements étudiés étant mélangés et présentant des physiologies variées, la première étape du travail a consisté à évaluer l'effet de leur composition et de leur structure sur la croissance en hauteur des chênes. L'analyse de variance montre que les types de peuplements expliquent 30 % de la variance de H47. Ceci résulte de la combinaison de plusieurs facteurs qui agissent sur la croissance en hauteur :

– la compétition inter espèces notamment dans les placettes de composition mixte : le chêne pubescent a une croissance en hauteur plus forte que le chêne vert, quelles que soient les conditions stationnelles. Ceci peut s'expliquer par une plus forte croissance individuelle d'origine génétique, une meilleure adaptation aux stations rencontrées dans la zone d'étude, une plus forte compétitivité dans les peuplements mélangés. On sait notamment que le chêne pubescent est beaucoup plus dynamique que le chêne vert quand les sols s'approfondissent et s'enrichissent, et que le peuplement se ferme (Bonin et Romane, 1996) ;

– la sylviculture, qui a favorisé le chêne vert aux dépens du chêne pubescent. Contrairement au chêne pubescent, le chêne vert peut se régénérer après des coupes répétées ;

– l'influence de facteurs du milieu : nous avons vu ci-dessus que certains types de taillis sont liés à des conditions stationnelles particulières. Dans de nombreux cas, il y a interférence entre la fertilité de la station, la sylviculture et la dynamique du peuplement. En règle générale, les taillis purs à strate arbustive peu développée et à forte croissance sont situés sur des sols sablo-argileux profonds. Au contraire, les taillis à strate arbustive et herbacée bien développée, à croissance faible, sont situés sur substrats calcaires superficiels. Ces résultats confirment ceux de Ducrey (1992).

■ *Le rôle essentiel des conditions géopédologiques*

Les types d'unités géopédologiques décrivent 43 % de la variance de H47 pour chêne pubescent, et 41,5 % pour le chêne vert (Curt et Marsteau, 1997). On observe (figure 3) que le chêne vert est toujours moins productif que le chêne pubescent dans des conditions géopédologiques comparables. Les plus

Station forestière	Unité géopédologique	Groupe topographique	Composition du peuplement	Hauteur à 47 ans	
				chêne vert	chêne pubescent
1.1	Sables loessiques ou argileux profonds	Bas de versant, combe large	Chêne pubescent mélangé	8,5 à 11 m	10,5 à 13,5 m
1.2		Rupture de pente, début de dépression	Chêne pubescent pur		15 à 19 m
2	Sable argileux		Chêne pubescent pur, chêne vert ouvert	8,5 à 10,5 m	11 à 13,5 m
3	Éboulis à blocs et cailloutis épais très calcaires		Chêne vert mélangé	5,5 à 7 m	7,5 à 10 m
4.1	Argile calcique	Bas de versant, combe large et mi-versant	Chêne pubescent pur, chêne vert ouvert	8 à 10 m	10 à 13,5 m
4.2		Rupture de pente, début de dépression, plateau		6 à 8 m	9 à 12 m
5	Cailloutis superficiel		Chêne vert mélangé / pur	5 à 6 m	5 à 8 m
6	Argile rouge		Chêne pubescent pur, chêne vert mélangé / pur	6,5 à 7,5 m	9 à 11 m
7	Cailloutis et argile calcaire moyen		Chêne vert mélangé / pur	5,5 à 7 m	7 à 10,5 m

Classes de croissance	1	2	3	4
-----------------------	---	---	---	---

(unité 4) ou sur des calcaires durs cristallins (unité 6) - qui sont pourtant réputés peu favorables à cette essence - quand la roche est recouverte par des matériaux parentaux et des sols fortement décarbonatés et peu caillouteux. Les plus faibles croissances en hauteur sont observées sur les unités 3, 5 et 7. Elles sont liées à une mauvaise alimentation en eau et à la surabondance d'ions calcium qui réduit les performances des deux essences entraînant des carences nutritives. L'effet de la roche est encore essentiel : la croissance est réduite sur les éboulis calcaires (unité 3) ou sur calcaire dur et massif (unités 5 et 7). Les sols sont fortement pierreux, faiblement carbonatés en profondeur, et décarbonatés en surface. Ces résultats ont été

confirmés par des analyses de corrélation ou de variance effectuées sur les variables géopédologiques prises isolément. La première variable explicative de la croissance en hauteur est le type de *substratum* géologique (nature géologique) et surtout son état physique (fracturation, pendage et épaisseur des bancs rocheux). Viennent ensuite la nature du matériau parental (chimie, texture, pierrosité), puis le degré de décarbonatation du matériau et du sol de surface, le pH et la profondeur de sol prospectable par les racines. Les variables géopédologiques apparaissant essentielles pour expliquer la productivité des taillis de chênes, nous avons proposé une clef autécologique (figure 4) qui indique la hauteur dominante des taillis en fonction

▲ Tableau 3. – Caractéristiques des stations forestières et indication des hauteurs dominantes des peuplements à 47 ans.

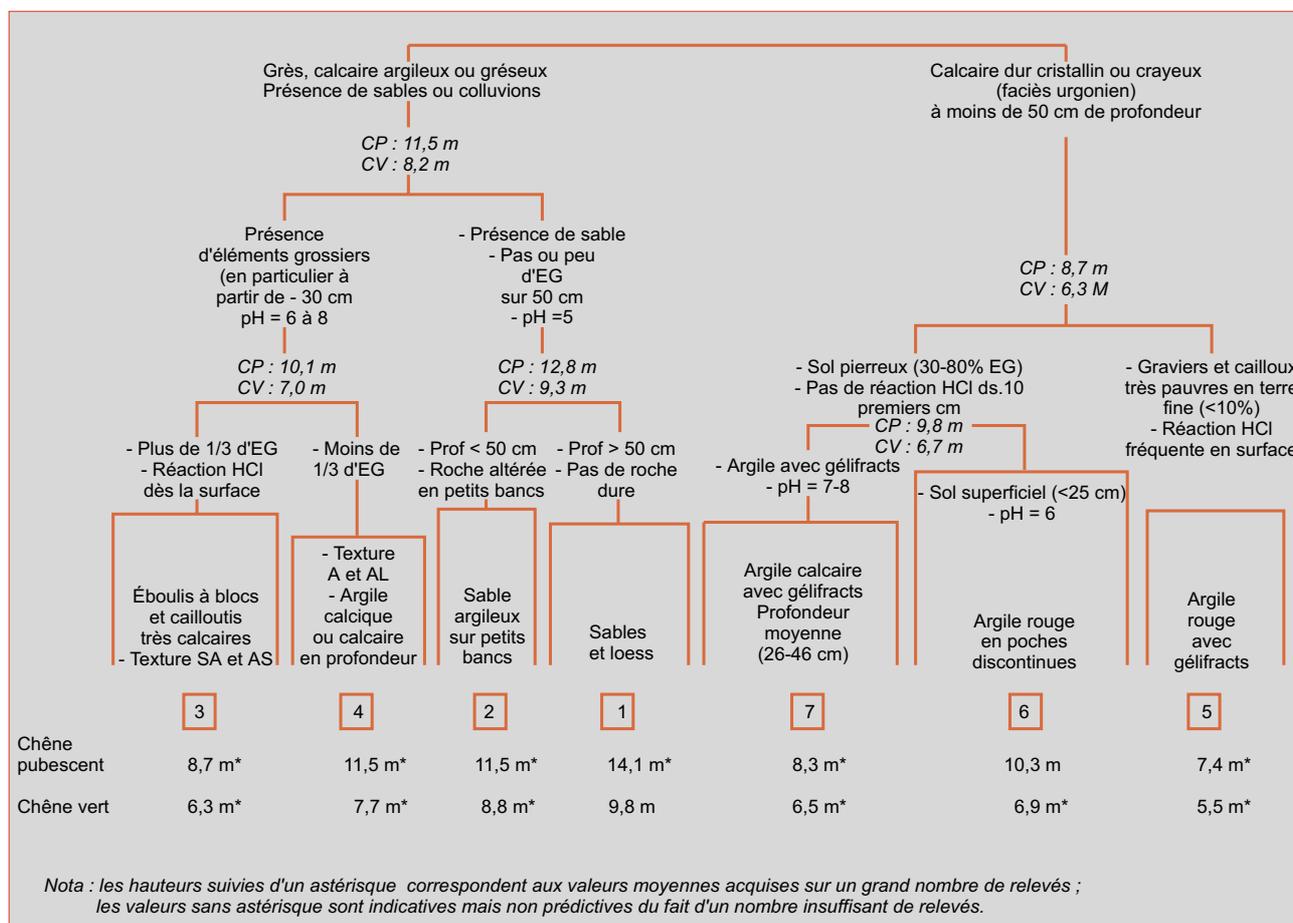
des conditions géopédologiques stationnelles. Cette démarche permet une évaluation assez simple et rapide, utilisable sur le terrain par le gestionnaire forestier à l'aide de tests simples et rapides.

■ L'influence des types de stations forestières sur la croissance en hauteur

Les types de stations forestières expliquent 51 % de la variance de H47 pour le chêne pubescent et 45 % pour le chêne vert. Les tests statistiques (F-Ratio et P-Value) confirment l'existence de fortes relations statistiques entre les types de stations et la croissance en hauteur des peuplements. La prise en compte de variables géopédologiques et topoclimatiques permet donc une bonne appréciation de la production des taillis de chêne. Le

tableau 3 résume les caractéristiques des types de stations et la hauteur dominante des peuplements à 47 ans, et leur attribue une des classes de croissance. Nous avons établi trois classes de hauteur pour le chêne vert et quatre pour le chêne pubescent. Les plus fortes hauteurs s'observent dans les stations décarbonatées à forte réserve en eau sur sables loessiques ou matériaux argileux épais, dans les bas de versants et les combes (station 1.1), ou dans les dépressions topographiques (station 1.2). Des valeurs comparables peuvent être obtenues sur des argiles de décarbonatation (station 4.1) dans des positions topographiques et topoclimatiques très favorables : bas de versant, combe large, mi-versant. Les plus faibles croissances sont liées à des stations fortement carbonatées et pierreuses, sur éboulis de mi-versants (station 3), sur

Figure 4. – Relation entre les unités géopédologiques et la hauteur moyenne des peuplements de chêne vert et pubescent à 47 ans (en m).



cailloutis peu profonds (station 5) ou sur cailloutis et argile sur plateaux.

Discussion et conclusions

■ *L'autécologie et la croissance en hauteur des chênes vert et pubescent*

Les hauteurs dominantes des peuplements de chênes vert et pubescent étudiés varient fortement dans la zone d'étude : les valeurs maximales de H47 sont comprises entre 5,2 et 14,5 mètres. Ces variations s'expliquent pour partie par le traitement sylvicole des peuplements mais notre travail montre que, à l'échelle stationnelle, les contraintes topoclimatiques et géopédologiques agissent fortement sur la croissance en hauteur des peuplements. Nous avons mis en évidence des différences de comportement entre les deux essences :

– en valeur absolue, le chêne vert a toujours une croissance en hauteur inférieure à celle du chêne pubescent dans des conditions stationnelles comparables (figure 3). L'écart relatif se réduit dans les stations présentant des conditions édaphiques contraignantes (sols superficiels et caillouteux, *substratums* calcaires durs peu fracturés). Ceci confirme le caractère plus xérophile du chêne vert et son adaptation aux sols superficiels et caillouteux rencontrés sur le plateau calcaire karstifié de Lussan ;

– la croissance en hauteur du chêne pubescent est principalement conditionnée par la disponibilité en eau de la station, qui est liée aux conditions géopédologiques et topographiques. Il est plus exigeant en eau que le chêne vert, surtout dans l'étage mésoméditerranéen en conditions climatiques plus sèches (Cemagref, 1987). Il concurrence fortement le chêne vert et présente de meilleurs accroissements en hauteur dès que la profondeur utile du sol est supérieure à 25 cm. Il est donc mieux adapté aux secteurs des coteaux gréseux de la basse Cèze, sur matériaux profonds et localement acides (sables loessiques ou argileux profonds, sables argileux, argiles calciques épaisses).

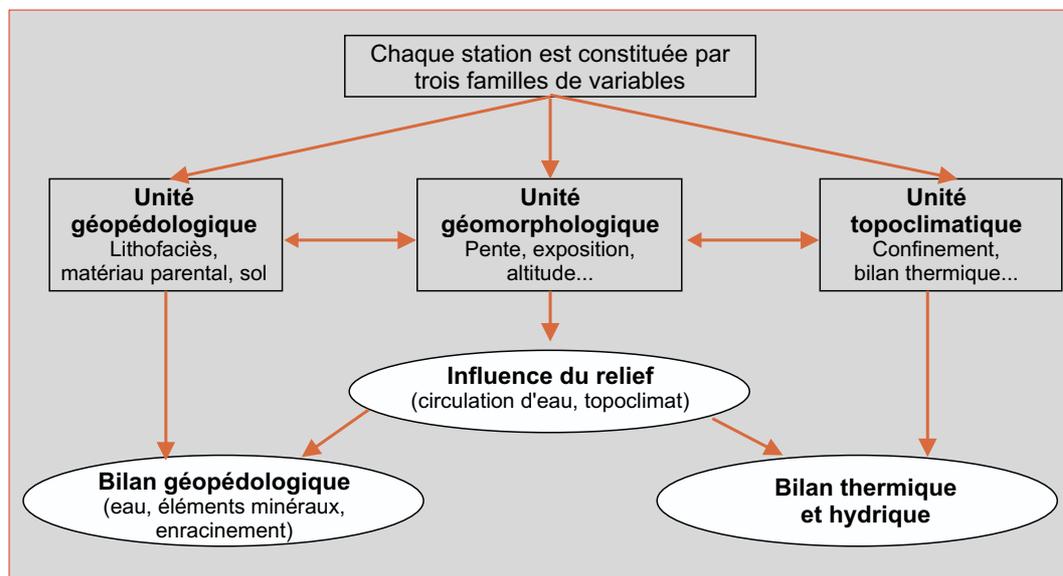
Dans les forêts régulières et monospécifiques, la hauteur dominante du peuplement constitue un bon indicateur de la production. L'évaluation de la production de taillis mélangés est plus difficile : la prise en compte des brins dominants peut

entraîner une mauvaise estimation de la productivité réelle de la station (Duché, 1983), car ils peuvent avoir un âge très différent de celui des souches (Ducrey, 1992). Ce travail montre cependant que l'on peut évaluer correctement la productivité de taillis de chênes en prenant en compte la hauteur de cinq des brins dominants, suivant le protocole proposé par Miglioretti (1983). Il est important de travailler sur des peuplements gérés avec des techniques sylvicoles homogènes afin de réduire l'effet de la sylviculture sur la croissance en hauteur (encadré 1). La principale difficulté rencontrée porte sur l'évaluation de l'âge des peuplements, qui est estimé ici par les dossiers d'aménagement et qui devrait être complétée pour plus de précision par des lectures directes des cernes sur rondelles.

■ *La typologie des stations forestières et la caractérisation de leur potentiel de production*

Trois familles de variables ont été combinées pour distinguer des types de stations forestières : les variables géopédologiques, topographiques et topoclimatiques. Leur combinaison permet d'effectuer un bilan de la fertilité de la station sur le plan thermique, hydrique et nutritionnel (figure 5). Ce travail a permis de mettre en évidence neuf types et sous-types stationnels en fonction des conditions de milieu (sol et topoclimat). On a montré que, malgré l'apparence monotone des taillis, il existe d'importantes variations de croissance en hauteur des peuplements en fonction des conditions stationnelles. Les hauteurs observées sur les placettes varient de 3 à 14 mètres pour le chêne vert, et de 3 à 20 mètres pour le chêne pubescent. L'analyse des données dendrométriques a permis de distinguer trois classes de croissance pour le chêne vert et quatre pour le chêne pubescent, ce qui précise les estimations obtenues pour le Gard par l'Inventaire Forestier National (Darracq *et al.*, 1984).

La démarche géopédologique s'avère particulièrement robuste et permet de décrire environ 42 % de la variance de la croissance en hauteur des essences étudiées. Dans le contexte des Causses et des substrats calcaires karstifiés, elle permet de décrire les caractéristiques du substrat qui influent sur les potentialités forestières (Callot, 1978 ; Boisseau, 1996 ; Curt et Marsteau, à paraître). Les meilleures productions sont observées sur des sols



▲ Figure 5. – Inter-relations entre les principales familles de variables de production à l'échelle stationnelle.

meubles et décarbonatés, sur des grès et des calcaires gréseux. Inversement, la présence de *substratum*s carbonatés massifs et d'obstacles majeurs s'opposant à la prospection racinaire entraînent une forte réduction de la croissance en hauteur des arbres. Les conditions topographiques induisent de fortes variations topo-climatiques qui ont une forte influence sur la croissance des peuplements forestiers. Ceci s'explique par l'existence de reliefs fortement contrastés, même si les variations d'altitude sont peu marquées.

■ *Les perspectives de gestion à moyen terme des taillis de chêne*

Les choix de gestion doivent s'appuyer, entre autres, sur l'analyse des milieux et de la productivité des taillis. Les peuplements situés en classe 1, caractérisés par une forte croissance en hauteur et situés sur les meilleures stations, sont susceptibles de passer à la futaie, ce qui est parfois déjà le cas (Santelli, 1997). Ce choix permet de bénéficier d'une forêt plus résistante au feu, plus riche en espèces animales et végétales, et de favoriser les feuillus précieux : alisier torminal, sorbier domestique, alisier blanc, petits érables. Mais l'avenir de ces peuplements reste incertain car on connaît mal la dynamique de régénération de souches parfois très anciennes et le fonctionnement des systèmes racinaires des taillis (Ducrey, 1992).

Les peuplements présentant une croissance moyenne (classes 2 pour le chêne vert et 3 pour le chêne pubescent) peuvent être ordinairement traités en taillis simple. Leur grande extension sur plateau permet d'approvisionner le marché local en bois de chauffage. Il apparaît intéressant de conserver dans ces taillis des « grains de vieillissement », c'est-à-dire des bouquets non exploités, en particulier dans les combes et les zones fréquentées préférentiellement par le gibier. Ceci permettrait de créer des discontinuités dans la structure des peuplements. Ces discontinuités peuvent freiner la propagation des incendies et constituer des facteurs favorables à la conservation de la biodiversité.

Les peuplements situés dans les plus mauvaises classes de croissance (3 pour le chêne vert et 4 pour le chêne pubescent), sur des stations de fertilité réduite, pourront aussi jouer ce rôle. Leur faible croissance en hauteur les rend peu intéressants pour l'exploitant forestier : le chêne vert atteint en moyenne 6 m à 47 ans et le chêne pubescent 8 m. Le vieillissement d'une partie des taillis a deux effets intéressants : la diversification des structures horizontales et verticales (peuplements plus clairs, arbres plus gros, organisation en plusieurs strates) et de la composition en espèces. Ce type de traitement peut s'appliquer plus particulièrement aux taillis qui ont dépassé l'âge fixé pour la rotation.

Ils peuvent aussi servir de zones de parcours du fait de l'ombre apportée par les arbres, s'il existe une demande de pâturage. Ce maintien de peuplements vieillissants à croissance lente offre une structure moins favorable aux incendies et une biodiversité plus importante, sans pour autant entraîner une perte importante de biomasse car les taillis semblent avoir une croissance linéaire au-delà de 100 ans (Bonin et Romane, 1996).

Ce premier travail de typologie des milieux et d'évaluation de la productivité des taillis de chênes a été réalisé dans un secteur géographique assez restreint (10 000 ha). Il pourrait être complété par une étude sur une zone plus vaste, et faire l'objet de recherches approfondies sur la croissance des taillis en fonction des sylvicultures et des gestions passées. □

Résumé

La gestion à moyen terme des taillis vieillissants de chênes vert et pubescent des garrigues du Gard implique une bonne connaissance préalable des milieux naturels et de la productivité des peuplements. Ce travail propose une méthode d'analyse du milieu et du peuplement, en vue d'évaluer la productivité des taillis de chênes. 118 placettes ont été étudiées dans différents types de taillis. Deux variables du milieu conditionnent pour l'essentiel la croissance en hauteur des peuplements : les conditions géopédologiques (roche, matériau parental et sol) et le topoclimat qui dépend de la position de la station (exposition, confinement topographique). La structure et la composition du peuplement, liées à la gestion et à la dynamique végétale, influent sur sa croissance en hauteur. Des analyses multivariées ont mis en évidence neuf types et sous-types stationnels en fonction des conditions de milieu (sol et topoclimat). Le type de station permet d'expliquer une part importante des variations de hauteur dominante des peuplements. Des classes de croissance ont été proposées pour le chêne vert (3 classes) et le chêne pubescent (4 classes). Ces résultats doivent faciliter les choix de gestion des peuplements : passage éventuel des meilleurs taillis à la futaie, traitement en taillis simple sur les stations à fertilité moyenne, vieillissement des taillis à très faible croissance.

Abstract

Medium term management of ageing Holm Oak (*Quercus ilex* L.) and Downy Oak (*Quercus pubescens* Willd.) coppices in the Gard requires a thorough understanding of the natural environments and yields of the plantations. This paper puts forward a method for analysing the environment and plantation in order to assess the yield of the oak coppices. 118 small stands were studied in different types of coppices. In general, two environmental parameters determined the dominant height of the stand: geopedological conditions (rock, parent material and soil) and topoclimate which depends on the position of the plantation (orientation and topography). The growth height is affected by the structure and composition of the plantation, together with the forestry and plant growth characteristics. Multivariate analyses enabled 9 types and sub-types of sites to be distinguished with particular environmental conditions (soil and topoclimate). The type of site is closely correlated to the variation in the dominant height of the plantations. Growth classes are proposed for the Holm Oak (3 classes) and the Downy Oak (4 classes). These results should assist plantation management selection: the best coppices should possibly be allowed to develop as standards, plantations of average fertility should be treated as simple coppices, coppices with low growth rate should be allowed to grow on.

Bibliographie

- BICHARD, D., 1982. Essai sur les relations entre milieu et productivité du chêne vert au Lubéron. *Thèse Univ. Aix-Marseille*, 126 p.
- BOISSEAU, B., 1996. Écologie du pin pignon et du pin brutia : définition d'un indice de fertilité en fonction du milieu. *Rev. Forest. Fr.*, XLVIII(4), p. 321-335.
- BONIN, G., ROMANE F., 1996. Chêne vert et chêne pubescent. Histoire, principaux groupements, situation actuelle. *Forêt méditerranéenne*, XVII(3), p. 119-128.
- BONNEVAL, L, De, 1996. Les taillis de chêne vert. Permanence d'une ressource et évolution des besoins économiques et sociaux : 200 ans de la vie d'un taillis communal dans une commune du Gard. *Forêt méditerranéenne*, XVII(3), p. 137-143.
- CALLOT, G. 1978. Analyse des lithosystèmes carbonatés. Rôle du substratum calcaire dans la pédogenèse, *Note interne*, INRA-ENSA Montpellier, Serv. Étude Sols, 94 p.
- Cemagref, 1987. Chapitre 3 : Essences forestières. Le chêne pubescent (4 p.), le chêne vert (2 p.), *Guide technique du forestier méditerranéen*, Cemagref Aix.
- CURT, T., MARSTEAU, C., 1997. Systèmes géopédologiques et production forestière sur *substratum* carbonaté et gréseux en région méditerranéenne. L'exemple des chênes vert et pubescent dans les garrigues du Gard. *Étude et Gestion des Sols*, à paraître.
- DARRACQ, S., GODRON, M., ROMANE, F., 1984. *Typologie forestière de la région des garrigues du Gard*. ENGREF Nancy, 181 p.
- DUCHE Y., 1983. Établissement de classes de croissance des peuplements de chêne pubescent en Provence : analyse de leurs facteurs explicatifs. *Mémoire ENITEF*, Cemagref Aix, 100 p.
- DUCREY, M., 1992. Réflexions sur la sylviculture des taillis de chêne vert dans le midi méditerranéen. *Rencontres Forestiers-Chercheurs Forêt Médit.*, éd. INRA, *Colloque*, n° 63, p. 99-124.
- FERNANDEZ, R., 1978. Les peuplements de chêne pubescent des hautes garrigues du Montpelliérais. Étude dendrométrique et écologique. *Mémoire ENITEF- CNRS-CEFE*, 80 p.
- MARSTEAU, C., CURT, T., 1997. Potentialités forestières et croissance du chêne vert et du chêne pubescent dans les garrigues de Lussan et de la basse Cèze. *Rapport Cemagref*, Riom, 60 p.
- MIGLIORETTI, F., 1983. Phytoécologie des peuplements de *Quercus ilex* et *Quercus pubescens* en Gardiole de Rians (Var) : approche méthodologique pour évaluer la phytomasse des taillis de chêne vert. *Thèse 3^e cycle*, Univ. Marseille St Jérôme, 77 p.
- SANTELLI, M., 1997. *Guide de sylviculture du chêne pubescent*. Office National des Forêts, Toulon, 28 p.