

# نموذج سجلي لنمو الغابات المعضدة أو غير المنتظمة لأرز سدرس أطلنتيكا مانيتي: حالة غابة سيهب بالأطلس المتوسط المغربي

مساط سعيد - المدرسة الوطنية الغابوية للمهندسين

سلا - المغرب

يتم تطوير نموذج سجلي لاصطناع النوع المصمم بهدف إنجاز مشروع نمو وتطور غابات أرز الأطلس ذات البنية المعضدة أو غير المتزنة (بنية غير "عادية"). وترتكز ثوابت هذا النموذج على: (أ) تقدير احتمالات انتقال الأشجار من ترتيب قطري إلى آخر ترتيب قطري آخر خلال مدة ١٠ سنوات (١٩٧٥-١٩٨٥). (ب) تقييم المرور إلى الغابة (وظيفة دخول النموذج) في نفس المدة. (ج) تقدير معدل الوفاة الطبيعية لكل ترتيب قطري خلال نفس مدة النمو (وظيفة الخروج) وذلك باستعمال مبدأ قوة الشجرة و (د) تحديد المعدل الأقصى للإنجاز المقرر تطبيقه على كل ترتيب قطري (وظيفة الخروج) لنقل وتوصيل الشجرات من وضعها الحالي إلى وضع توازن معين مسبقاً ("البنية المثالية"). وقد تم تعيين "الوضع المثالي" الذي تمت دراسته وذلك باستعمال كثافة احتمال الدالة الأسية التنازلية. وتم تقييم معدل الإنجاز الأقصى انطلاقاً من نموذج اصطناع (توقع مكرر تدريجياً). وباستعمال المعدل الأقصى هذا، تم تحديد بنية التوازن على قدر تعاقب أدنى من ١٠ تعاقبات وقد أشار تطبيق معدلات إنجاز مختلفة إلى أن أي انحراف عن المعدل الأقصى يؤثر على بنية التوازن وكذا على المرور إلى الغابة والنموذج السجلي الذي تم تقديمه عبارة عن وسيلة تسمح بتحليل نتائج مختلف المخططات الحرجية. ويمكن تطبيق هذه المقاربة على أية شجرات ذات بنية غير منتظمة يرجى لها توزيع متوازن

**MODELE MATRICIEL POUR LA CROISSANCE DES FUTAIES  
JARDINEES OU IRREGULIERES DE *CEDRUS ATLANTIC A*  
(MANETTI): CAS DE LA FORET DU SEHEB AU  
MOYEN ATLAS DU MAROC**

**MESSAT S.**

*Professeur d'Aménagement des Forêts à l'Ecole  
Nationale Forestière d'Ingénieurs Salé-Maroc*

**Résumé** - *Un modèle matriciel de simulation du type déterministe est développé pour la projection de la croissance et le développement des futaies de cèdre de l'Atlas qui ont une structurejardinée ou déséquilibrée (structure non "normale"). Les paramètres de ce modèle sont basés sur (a) l'estimation des probabilités de transition des arbres d'une classe de diamètre à une autre durant une période de 10 ans (1975-1985), (b) l'évaluation du passage à la futaie (fonction d'entrée pour le modèle) pour la même période, (c) l'estimation du taux de mortalité naturelle pour chaque classe de diamètre pour la même période de croissance (fonction de sortie) en utilisant la notion de vigueur de l'arbre et (d) la détermination du taux optimum de réalisation à appliquer à chaque classe de diamètre (fonction de sortie) pour acheminer le peuplement de son état actuel vers un état d'équilibre défini au préalable ("structure idéale").*

*L' "état idéal " considéré a été défini en utilisant la densité de probabilité de la fonction exponentielle décroissante. Le taux optimum de réalisation a été évalué à partir d'un modèle de simulation (prédiction itérative de proche en proche). En utilisant ce taux optimum, la structure d'équilibre a été déterminée après un minimum de 10 rotations. L'application de différents taux de réalisation a montré que toute déviation par rapport au taux optimum affecterait la structure d'équilibre ainsi que le passage à la futaie.*

*Le modèle matriciel présenté est un moyen qui permet d'analyser les résultats des différentes stratégies sylvicoles. L'approche peut être appliquée à tout peuplement de structure non régularisée pour lequel une distribution d'équilibre est recherchée.*

**Cèdre / futaie / modèle matriciel / simulation / croissance / rotation / mortalité.**

Abstract - A matrix growth model for stand projection of cedar (*Cedrus atlantica*, Manetti) was developed and applied to unregulated stands in the Seheb forest (Morocco). A transition matrix was built using data taken for diameter growth during the last 10 year growth period.

To reach a target diameter-class structure, the optimum harvest rate to be applied to each diameter class was determined. Growing stock was simulated under different harvest levels. The optimum harvest strategy developed is one that gives the optimum growing stock corresponding to the optimum diameter distribution. The optimum global distribution (target structure) of trees was determined using the bounded exponential probability density function. Under the optimum harvest rate, a limiting equilibrium for the diameter distribution was defined.

Using period by period projection, it was found that, at the present rates, it would take a minimum of 10 cutting cycles for the diameter distribution to reach a steady state. Applying different harvest regimes indicated that any deviation from the optimum harvest regimes would have a long-term effect on tree distribution, volume production and ingrowth.

The projection matrix was shown to be a useful model for examining long-term results from practice of different management strategies. Also, the approach presented can be applied to any unbalanced stand for which an equilibrium distribution is desired.

**Cedar / unregulated stands / matrix model / simulation / growth / rotation / mortality.**

## **INTRODUCTION**

Au Maroc, le cèdre (*Cedrus atlantica* Manetti) occupe près de 132.000 ha réparti principalement dans les chaînes de montagnes du Moyen Atlas (76% des surfaces), du Haut Atlas (13%) et du Rif (11%). Malgré sa faible surface, le cèdre est l'espèce la plus importante du point de vue économique. Il fournit annuellement entre 80.000 et 120.000 m<sup>3</sup> de bois d'œuvre principalement. Cette production représente près de 90% de la production totale et couvre près de 15% de la demande nationale en cette catégorie.

La grande majorité des forêts de cèdre (70%) est aménagée. Ces forêts sont en général composées de peuplements de structure irrégulière à jardinée. Les méthodes d'aménagement appliquées à ces forêts sont dérivées des méthodes classiques de la futaie régulière à champs de régénération strict ou élargi ou de celle de la futaie jardinée.

Pour la planification et la gestion des forêts de structure irrégulière ou jardinée les forestiers ont toujours été concernés par quatre caractéristiques et leur interaction: - la composition, - la qualité du site, - la production en volume et - la structure (distribution). De ces quatre éléments, la distribution des diamètres est la moins maîtrisée car elle est tributaire de plusieurs facteurs (difficulté de régénération, problèmes de mortalité,...) En partant de ce dernier point, l'étude qui sera présentée ci-après traitera de l'élaboration d'un modèle matriciel pour régulariser la structure de peuplements ayant actuellement une distribution principalement irrégulière.

## **OBJECTIF ET METHODOLOGIE D'APPROCHE**

L'objectif principal de cette étude est de développer une approche matricielle pour la prédiction de la croissance et du développement des futaies (irrégulières ou jardinées) dont la structure est déséquilibrée (forêts non régularisées). Les données utilisées pour cette étude ont été récoltées dans 150 placettes circulaires de 10 mètres de rayon. Les placettes ont été réparties systématiquement avec une intensité d'échantillonnage de l'ordre de 1% dans les peuplements de cèdre de la Série du Séheb (forêt de Sidi M'Guild au Moyen Atlas). Ces peuplements sont caractérisés par leur homogénéité écologique et sont classés dans l'association "*Argyrocytiso battandieri-Cedretum atlanticae*".

L'étude a été essentiellement axée sur trois points;

**1-** Estimation des probabilités de transition des arbres d'une classe de diamètre à une autre durant une période de croissance (rotation) fixée à 10 ans. Les probabilités de transition ont été évaluées à partir des accroissements de diamètre. Ainsi, durant une période, un arbre non exploité peut soit: (i) rester dans sa classe de diamètre avec une probabilité (a), (ii) transiter aux classes supérieures avec des probabilités respectives de (b) et (c) pour les promus et les super-promus ou (iii) mourir naturellement (mortalité régulière) avec un taux associé à chaque classe de diamètre. Le taux de mortalité a été évalué en se basant sur la notion de vigueur de l'arbre. On notera que dans tous les cas et pour une classe de diamètre donnée  $a_i + b_i + c_i \leq 1$ . La matrice de transition est donnée comme suit:

$$T = \begin{pmatrix} a1 & 0 & . & . & . & . & 0 \\ b1 & a2 & . & . & . & . & . \\ c1 & b2 & . & . & . & . & . \\ 0 & c2 & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . \\ 0 & . & . & . & . & . & an \end{pmatrix}$$

**2-** Evaluation du nombre d'arbres qui passent à la futaie (diamètre minimum de 17,5 cm) durant une période de croissance. Le modèle de régression utilisé pour évaluer le passage à la futaie est exprimé en fonction du diamètre quadratique et du rapport du nombre de tiges des catégories "petit bois" et "gros bois".

**3-** Détermination du taux optimum de réalisation (intensité optimale des coupes) à appliquer à chaque classe de diamètre afin d'acheminer le peuplement de son état actuel vers un état d'équilibre (structure idéale). La structure idéale globale est définie à partir d'une fonction exponentielle décroissante correspondant à une surface terrière optimale de 22 m<sup>2</sup>/ha avec une densité de 250 tiges/ha et un volume de 220 m<sup>3</sup>/ha. Afin de déterminer les taux de réalisation, le développement des peuplements a été simulé sous différentes intensités de coupe. L'intensité optimale retenue est celle qui donne un équilibre dynamique de la distribution des tiges la plus proche de la structure idéale. L'intensité des coupes (ei) est exprimée par la matrice diagonale suivante:

$$E = \begin{pmatrix} e1 & 0 & . & . & . & . & 0 \\ 0 & e2 & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . \\ 0 & . & . & . & . & . & en \end{pmatrix}$$

Une fois ces éléments déterminés, un modèle matriciel dynamique et déterministe a été élaboré. Ce modèle considère la mortalité naturelle et la réalisation des arbres comme des fonctions de sortie (output fonctions) et le passage à la futaie comme fonction d'entrée (input fonction); le passage à la futaie (en nombre d'arbres) est représenté par le vecteur g dans le modèle qui suit. Le système étudié est défini par l'ensemble des arbres ayant un diamètre minimum de 17,5 cm (classe de 20 cm) et un diamètre maximum de 102,5 cm (classe de 100 cm) représenté par le vecteur y. Ce système, soumis aux fonctions d'entrée et de sortie ainsi qu'aux probabilités de transition des arbres, a été projeté en utilisant la technique de projection période par période pour simuler la structure d'équilibre propre à la forêt en question. Ce modèle est donné comme suit:

$$y_{t+p} = (I - E) \cdot T \cdot y_t + g_t$$

avec I = matrice identité de dimension n

et p = période de 10 ans.

Finalement, la sensibilité du modèle a été étudiée en analysant les impacts et les conséquences de l'application des différentes variantes d'aménagement (variation des taux de réalisation) sur la structure, le potentiel de croissance et sur le passage à la futaie du peuplement.

## RESULTATS

La mortalité naturelle observée a été évaluée pour les classes de diamètre inférieur à 50 cm. Le taux moyen de mortalité pour ces classes a été estimé à 9% pour la dernière période de croissance.

La probabilité pour qu'un arbre reste dans sa classe (arbre stationnaire) pendant une période de croissance diminue de 30% pour la classe de 20 cm à 18% pour la classe de 40 cm. Elle fluctue entre 4% et 19% pour les classes 45 à 70 cm et plafonne à 75% pour la catégorie 100 cm. La probabilité pour qu'un arbre soit promu à la classe immédiatement supérieure croit de 62%, pour la classe de 20 cm, à 91% pour la classe de 55 cm; fluctue entre un minimum de 25% et un maximum de 77% pour les classes de diamètre supérieur à 55 cm. Finalement, la probabilité pour qu'un arbre transite deux classes (arbre super-promu) est, en général, nettement inférieure aux autres probabilités. Elle fluctue entre 1% et 8% pour les classes inférieures à 80 cm et chute à zéro pour les autres catégories.

Les taux de réalisation ont été stabilisés après 50 itérations. Durant chaque itération, en moyenne, un minimum de 10 périodes de croissance étaient nécessaires pour voir la structure actuelle approcher la structure idéale. A l'état d'équilibre, le taux moyen de réalisation a été évalué à 23% de la densité de tige (28% du volume). Ceci représente une possibilité de 53 arbres/ha/période correspondant à une possibilité volume de l'ordre de 6 m<sup>3</sup>/ha/an.

L'étude a aussi montré que, indépendamment de la structure actuelle, un équilibre dynamique et unique a été atteint. Le passage à la futaie optimum est de l'ordre de 100 tiges/ha/période correspondant à un volume de 3 m<sup>3</sup>/ha/an.

Les résultats de l'analyse de la sensibilité du modèle présenté ont montré, qu'en général, le système est très sensible aux variations du taux de réalisation. Toute déviation du taux optimum affecterait la structure, la production et le passage à la futaie. Ce dernier élément étant le plus sensible est négativement affecté. Enfin, de cette analyse, il découle que si l'intensité des coupes est bien dosée (application du taux optimum de réalisation), la structure actuelle pourrait tendre vers la structure recherchée après un minimum de 10 rotations.

## CONCLUSIONS

L'approche présentée dans cette étude pourrait facilement être appliquée à tout peuplement présentant une structure irrégulière et pour lequel une distribution d'équilibre est désirée. La contrainte majeure de cette méthode est qu'elle suppose l'uniformité des stations (ou faible variations de productivité) et l'existence d'une seule essence.

Pour mieux évaluer les probabilités de transition ainsi que les taux de mortalité, des placettes permanentes avec des mesures répétées sont préférables. Par conséquent, le modèle élaboré doit être considéré comme un modèle de transition car il se base et utilise des informations tirées de peuplements non équilibrés et surtout suppose que le même phénomène se poursuivra dans le futur. Un réajustement s'avère donc obligatoire à la fin de chaque période de croissance surtout en ce qui concerne l'évaluation de la matrice de transition et des taux de mortalité. Ces informations ne seraient exactes que si les peuplements en questions possèdent une structure équilibrée.

## أرز الأطلس بفرنسا: النمو والإنتاج ضمن الترتيبات القديمة

جان بلوث  
المعهد الوطني للمبحث الزراعي  
أفنيون - فرنسا

تتعلق الدراسة بإنتاج ونمو أشجار أرز الأطلس (سدرس أطلنتيكا مانيتي) داخل شبكة تتألف من ١٩ ترتيب تجريبي قديم تمثل في مجملها ١١ محطة بيئية مختلفة في جنوب فرنسا. سيتم التطرق في البداية إلى الجانب التاريخي للشبكة مع استحضار النتائج التي سبق نشرها، يأتي بعد ذلك تحليل بعض المحطات المهمة كمحطة جبل فتو ومحطة لوبوتي لوبرون ومحطة لوريالسس، وسنقدم النتائج حول نمو وإنتاج عدة بيانات، كما سنقدم خصائص محطتين هما محطة بلغزي ومحطة ساو مع تحليلهما بإيجاز.

# LE CEDRE DE L'ATLAS EN FRANCE: CROISSANCE ET PRODUCTION DANS LES DISPOSITIFS ANCIENS

TOTH J.

*Institut National de la Recherche Agronomique (INRA)  
Laboratoire de Recherches Forestières Méditerranéennes  
Avenue A. Vivaldi, F-84000, Avignon, France.*

**Résumé** - L'étude concerne la production et la croissance du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans un réseau de 19 dispositifs expérimentaux anciens représentant 11 stations écologiques différentes dans le sud de la France. On traite d'abord l'aspect historique du réseau en évoquant les résultats déjà publiés; viendra alors l'analyse de quelques stations importantes, telles que le Mont-Ventoux, le Petit-Lubéron et le Riassesse. Nous donnerons les résultats sur la croissance et la production de plusieurs inventaires et nous présenterons la spécificité de deux stations, Belvézet et Saoû, en les analysant sommairement.

## ***Cedrus atlantica* / Production / Croissance / Dispositif experimental / Station.**

**Summary** - This investigation is about the productivity and the growth of the Atlas Cedar (*Cedrus atlantica* Manetti) of a network of 19 old experimental plots which represent eleven sites in the South of France. The historical aspect of the network is discussed from already published results. Some important sites (Mont-Ventoux, Lubéron, Riassesse) are analyzed and the results concerning growth and production of several inventories are presented. The specific characteristics of two sites, Belvézet and Saoû, are briefly analyzed.

## ***Cedrus atlantica* / Yield / Growth / Experimental design / site.**

### **INTRODUCTION**

Après la première introduction du Cèdre de l'Atlas dans la seconde moitié du siècle dernier dans le sud de la France, il a fallu attendre 1924, soit plus d'un demi siècle, pour que les premières places d'expériences de cèdre, soient installées dans les massifs les plus importants: Mont-Ventoux (84) et Riassesse (11).

Plus tard d'autres placettes ont été installées en plusieurs étapes: 1932 à Riassesse (11), 1960-72 dans le Mont-Ventoux, mais aussi dans le Petit-Lubéron (84) et à Saoû dans la Drôme. Enfin, l'achèvement de l'installation des placettes dit "anciennes" se situe vers 1980 et concerne le chantier pilote de reboisement à Belvézet, dans le Gard. Il faut noter que pendant cette période quelques placettes temporaires ont également été installées: Cabrières d'Avignon dans le Vaucluse, Lac du Ternay dans l'Ardèche, Marcilly et Citou dans l'Aude; elles ont des objectifs divers qui n'entrent pas dans le cadre de cette étude.

### **LE RESEAU DES DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX.**

Le tableau n° 1 ci-dessous donne des renseignements généraux sur l'ensemble des dispositifs installés. Plusieurs de ces dispositifs ne sont plus gérés par l'INRA pour plusieurs raisons: trop faible surface du dispositif (Veraza, Lac de Ternay), destruction par les tempêtes (Lamalou, et la placette la plus ancienne à Riassesse).

Pour chaque dispositif, appelé aussi "place" ou "placette", les renseignements principaux sont communiqués: le nom de la station, le département, la date de

l'installation, l'âge du peuplement fin 1992, le nombre des placettes par station, le nombre d'inventaires, et la surface de la placette. Dans le tableau, les placettes analysées figurent en caractères gras.

**Tableau 1: Renseignements principaux sur le réseau.**

Nom de la station (ha)	N°du départ	Date d'inst.	Age fin 92	Nb. de place	Nb d'inv.	Surface de place (ha)
<b>Mont-Ventoux</b>	<b>84</b>	<b>1924</b>	<b>130</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>0.36</b>
Mont-Ventoux	84	1960	78	1	3	0.09
Mont-Ventoux	84	1973	62	1	7	0.48
<b>Lubéron</b>	<b>84</b>	<b>1968</b>	<b>55</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>0.30</b>
Cabrières	84	1924	130	1	4	0.21
d'Avignon	11	1924	122	2	7	1.00
Rialsesse	<b>11</b>	<b>1932</b>	<b>98</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>0.60</b>
<b>Rialsesse</b>	<b>11</b>	<b>1976</b>	<b>66</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0.17</b>
Marcilly	11	1978	23	1	1	0.26
Citou	11	1971	65	1	2	0.09
Veraza	07	1976	83	1	2	0.07
Lac de Ternay	34	1975	63	1	2	0.16
Lamalou	<b>26</b>	<b>1972</b>	<b>62</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0.10</b>
<b>Saoû Belvézet</b>	<b>30</b>	<b>1980</b>	<b>35</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0.40</b>

#### **HISTORIQUE DU RESEAU A TRAVERS DES TRAVAUX ANTERIEURS.**

Dès 1970, après trois ans de recherches dans le réseau des places d'expériences nous donnions déjà quelques éléments sur la production de cette essence (Toth. J. Toth 1970). Il s'agissait de montrer l'importance de la production dans deux massifs: Mont-Ventoux et Rialsesse, opposés sur le plan écologique.

En 1973, une étude beaucoup plus complète traitait la production potentielle du cèdre dans le sud de la France. (Toth, 1973). Nous avons alors donné les résultats de plusieurs dispositifs tels que Mont-Ventoux, Lubéron, et Rialsesse.

Il en découla l'établissement des classes de productivité, basées sur la relation "âge-hauteur dominante". Quatre classes ont été définies (voir figure n°I). Un tarif de cubage à une entrée a également été établi; il fut complété par une comparaison entre les principaux paramètres (hauteur dominante, production totale, accroissement moyen annuel/ha) pour les deux grands massifs, Mont-Ventoux et Rialsesse.

En 1971, l'Institut pour le Développement Forestier, en collaboration avec la Recherche Forestière de l'INRA, a publié un numéro spécial sur le cèdre où la croissance et la productivité de cette essence a été largement traitées à travers les données du réseau. En 1974, le même Institut a publié un autre numéro spécial sur le reboisement en cèdre dans le Sud-Est de la France (Putod, 1974).

En 1976, les données de plusieurs placettes du réseau se trouvant en Languedoc-Roussillon ont été incluses dans une étude faite à la Faculté des Sciences de Montpellier (Yi, 1976).

En 1978, une thèse soutenue à la Faculté des Sciences de St-Jérôme (Toth, 1978) a utilisé le réseau des dispositifs de production pour y étudier la fructification et la régénération naturelle en fonction des données dendrométriques, mais surtout en relation avec les facteurs écologiques. Ainsi à Rialsesse, première classe de productivité, nous avons constaté une absence presque totale de semis naturels dans les dispositifs où la production ligneuse est exceptionnellement élevée. Inversement, la



cédraie du Mont-Ventoux, se situant dans la troisième classe, assure sa parfaite pérennité, car les semis naturels y sont toujours abondants.

En 1990, toujours en relation avec l'exploitation des données du réseau, trois faits sont à mentionner:

1- La construction d'un tarif de cubage à deux entrées où une étude comparative a fait la parallèle entre les données du réseau INRA et celles obtenues par l'Inventaire Forestier National (Courbet 1991).

2- Dans le cadre du 19<sup>ème</sup> Congrès Mondial de l'IUFRO à Montréal au Canada, un exposé et une publication traitent des nombreux aspects du cèdre, y compris la croissance et la production ligneuse au niveau du réseau (Ferrandes, Oswald, Toth, 1990).

3- A l'occasion du Symposium International du Cèdre à Antalya, en Turquie, il a été démontré que le cèdre peut descendre jusqu'à la zone du chêne vert et y donner de bons résultats (Toth, 1990).

### **DESCRIPTION DES PRINCIPAUX DISPOSITIFS.**

Dans le tableau n<sup>o</sup>1 nous avons retenu 5 placettes, considérées comme les plus importantes de l'ensemble du réseau.

Ces placettes sont sélectionnées en raison de leur importance: surface du peuplement et nombre d'inventaires. Il s'agit du Mont-Ventoux, le Riassesse, le Lubéron. Deux autres viennent s'ajouter au groupe: Belvèzet dans la zone du chêne vert et Saoû sur un ancien terrain agricole abandonné.

Pour une meilleure compréhension et pour éviter des répétitions dans l'explication des tableaux, nous donnons ci- après la signification des sigles utilisés.

Les données dendrométriques présentées dans les tableaux sont calculées à l'hectare, après éclaircie. Les volumes (V, Ve, P, Iv, v) sont des volumes "bois fort tige commercial", découpe arrêtée à 7 cm de diamètre (22 cm de circonférence) sur écorce.

N	=	Nombre de tiges	Ho =	Hauteur dominante (m)
Hg	=	Hauteur moyenne (m)		
Co	=	Circonférence dominante (cm)		
Cg	=	Circonférence moyenne (cm)		
G	=	Surface terrière (m <sup>2</sup> )		
V	=	Volume sur pied (m <sup>3</sup> )		
Ve	=	Somme des volumes enlevés en éclaircie (m <sup>3</sup> )		
P	=	Production totale en volume (m <sup>3</sup> )		
Iv	=	Accroissement moyen annuel en volume (m <sup>3</sup> /ha/an)		
v	=	Volume de l'arbre moyen (m <sup>3</sup> ).		

### **MONT-VENTOUX (84)**

Le cèdre de l'Atlas en provenance de l'Algérie fut semé en 1862 sur 15 ha dans la série méditerranéenne du chêne pubescent de l'étage eu-méditerranéen à une altitude de 800m environ, en forêt communale de Bédoin; il a connu depuis lors une spectaculaire extension et son abondante régénération naturelle lui assure une parfaite pérennité. C'est dans ce massif qu'il occupe la plus grande superficie au plan national, tant en reboisements qu'en régénérations naturelles.

L'Inventaire Forestier National indiquait en 1978 une superficie de 830 ha de la cédraie. Actuellement on peut estimer à plus de 1500 ha la surface occupée par le cèdre dans le massif du Mont-Ventoux.

Les arbres les plus âgés ont maintenant 130 ans. Ils ont créé quatre générations successives et les peuplements sont en parfait équilibre écologique.

La 1<sup>ère</sup> génération est constituée par les arbres âgés de 130 ans, plus ou moins isolés, souvent bas-branchus et peu nombreux. Mais on trouve aussi, quelques bouquets de futaies à tiges rectilignes avec un assez bon élagage (cas de la place d'expériences, citée dans le tableau n° 1, ligne 1).

La 2<sup>ème</sup> génération, issue de semis naturels, est âgée de 80 à 90 ans. Elle représente des mosaïques assez étendues de futaies régulières, souvent très serrées, résultat d'une sylviculture très prudente (placette du tableau n° 1, ligne 2). L'élagage naturel y est assez satisfaisant. Ces peuplements de 80-90 ans ont déjà dépassé le maximum de leur accroissement moyen en volume.

La 3<sup>ème</sup> génération est présente sur une superficie plus importante que les deux premières et occupe plusieurs centaines d'hectares. Il s'agit d'une large fourchette d'âges de 30 à 70 ans. Ces peuplements, souvent très serrés, ont manqué de coupes d'éclaircies vigoureuses. Dans ces classes d'âges nous trouvons aussi des plantations à grand espacement, où les arbres sont de puissants géniteurs de semis (placette du tableau n° 1, ligne 3).

La 4<sup>ème</sup> génération englobe des taches très denses et très vigoureuses de semis; fourrés, gaulis et perchis de 1 à 30 ans. Il s'agit surtout de l'extension de la cédraie en direction de l'est, sud-est et sud de la régénération naturelle à partir des trois générations précédentes.

Le massif de cèdres du Mont-Ventoux est composé d'une mosaïque de larges bouquets purs et équiennes; il est aménagé en futaie régulière par parquets.

Pour illustrer la place du cèdre sur le Mont-Ventoux nous présentons la placette la plus âgée (130 ans) du massif. En consultant le tableau n° 2 nous constatons que la hauteur dominante culmine à 20,7 m et que la production totale atteint 833 mVha. Il en ressort qu'à 65 ans, à l'âge où l'accroissement moyen en volume est maximum, nous obtenons déjà une production totale en volume de 530m<sup>3</sup> à l'ha.

## **RIALSESSE (11)**

La cédraie se trouve à environ 4 km au sud de la commune d'Arques et s'étale dans le bassin supérieur de La Sais. Le massif de cèdre a une superficie d'un peu plus de 100 ha, soit à l'état pur, soit mélangé avec d'autres espèces telles que le sapin de l'Aude, l'épicéa ou le pin laricio de Corse.

**Tableau 2: Données dendrométriques de la place d'expériences n° 84-06 sur le Mont-Ventoux (84).**

**Forêt communale de Bédoin (Vaucluse).**

Altitude: 850 m. Exposition: Sud. Substratum: Calcaire. Pente: 8%

Etage supra-méditerranéen, série supra-méditerranéen du Chêne pubescent. Classe de productivité: 3

Symboles	Inventaires			
	Années	1971	1976	1982
A (ans)		109	114	120
N (tiges)		519	508	311
Ho (m)		20.4	20.6	20,7
Hg (m)		19.3	19,5	19,6
Co (cm)		121	135	146
Cg (cm)		98	101	116
G (m <sup>2</sup> )		39.7	41,2	54,4
V (m <sup>3</sup> )		378	400	331
Ve (m <sup>1</sup> )		407	409	502
P (m <sup>3</sup> )		785	809	833
lv (m <sup>3</sup> /an)		7,2	7,1	6,9
v (m <sup>3</sup> )		0,73	0,79	1,07

Les deux premières places d'expériences ont été installées en 1924, bientôt suivies par deux autres places en 1932 en vue d'étudier la production et l'effet des éclaircies (forte et faible) dans les Corbières occidentales.

La productivité du cèdre dans cette région rivalise avec celle du sapin, essence autochtone. Pour les autres essences résineuses introduites, elle dépasse légèrement celle du pin laricio de Corse et très largement celle du pin noir d'Autriche. Il faut cependant souligner que les conditions écologiques sont extrêmement variables en forêt de Riasses où la roche-mère, l'altitude et l'exposition changent rapidement. D'ailleurs, la différence importante de production à l'avantage de l'éclaircie faible (voir tableau n° 3), s'explique en partie par un nombre de tiges et un volume sur pied déjà nettement plus faible de la placette à éclaircie forte à la date de l'installation en 1932 (967 tiges contre 1561, 317 m<sup>3</sup> contre 428m<sup>1</sup>) et par des chablis non comptabilisés. Ceci conduit à une sous-estimation de la production totale.

En consultant le tableau n° 3 nous constatons qu'à l'âge de 94 ans, l'accroissement moyen annuel en volume se situe entre 12,3 et 15 m<sup>3</sup> et la production totale entre 1160 et 1412 m<sup>3</sup>. Quant à la hauteur dominante elle atteint 35,5 m et 36,1 m; il s'agit là d'un de nos meilleurs peuplements de cèdre.

**Tableau 3: Données dendrométriques des places d'expériences 1 et 2 (éclaircie forte et faible) en forêt domaniale de Rialsesse (11).**

Forêt domaniale de Rialsesse (Aude).

Altitude: 720-750 m. Exposition: Nord-Est. Substratum Grès rose Pente. 40 %

Etage montagnard, série du Hêtre et du Sapin

Classe de productivité: 1.

Symboles	Inventaires	
	Eclaircie forte	Eclaircie faible
Années	1990	1990
A (ans)	94	94
N (tiges)	132	330
Ho (m)	36.1	35.5
Hg (m)	33.2	32.8
Co (cm)	200	165
Cg (cm)	176	123
G (nr)	32.7	39.7
V (m <sup>3</sup> )	543	635
Ve (m <sup>3</sup> )	617	777
P (m <sup>3</sup> )	1160	1412
Iv (m <sup>3</sup> /an)	12.3	15.0
v (m <sup>3</sup> )	4.1	1.9

#### **LUBERON (84)**

Sur la crête du Petit-Lubéron la cédraie s'étend sur environ 140 ha. Elle est composée, comme dans le massif du Mont-Ventoux, de larges bouquets de futaie régulière issus de régénérations naturelles successives. Les plus vieux arbres et peuplements qui restent encore en forêt communale de Bonnieux ont environ 120 à 130 ans.

Deux placettes ont été installées en 1968. L'une, sans éclaircie, sert de témoin. L'autre a subi 5 éclaircies successives; nous donnons les résultats des trois dernières (voir tableau n°4).

Le peuplement est issu d'un semis naturel installé après un incendie en 1937, à densité extrêmement forte. Vers l'âge de 33 ans le nombre de tiges avoisinait encore les 10 000 tiges et la première éclaircie de 1968 a ramené la densité à 3641 tiges à l'hectare.

**Tableau 4: Données dendrométriques de la place d'expériences 84-02 (avec éclaircie), sur le Petit-Lubéron (84).**

**Forêt communale de Ménerbes (Vaucluse). Petit-Lubéron.**

Altitude: 665 m. Exposition Nord- Nord Est.

Substratum: Calcaire. Pente 2 %

Etage eu-méditerranéen, série méditerranéenne, variante xérophile et mésophile.

Classe de productivité: 3.

Symboles	Inventaires			
	Années	1968	1978	1988
A (ans)		33	43	53
N (tiges)		3641	2062	1062
Ho (m)		9.4	12.6	14.5
Hg (m)		7.5	10.0	12.8
Co (cm)		55	70	85
Cg (cm)		33	46	64
G (m <sup>2</sup> )		31.6	34.9	34.1
V (m <sup>3</sup> )		109	186	224
Ve (m <sup>3</sup> )		62	119	214
P (m <sup>3</sup> )		171	305	438
lv (m <sup>3</sup> /an)		5,2	7,1	8.3
v (m <sup>3</sup> )		0,03	0,09	0.21

En 1988, lors du dernier inventaire, à l'âge de 53 ans, il y avait encore 1062 tiges qui correspondent à la densité employée actuellement dans les reboisements en région méditerranéenne. En ce qui concerne la production, ce peuplement figure dans la 3ème classe, légèrement en dessous de celui du Mont-Ventoux (voir figure n°1 et 2).

**BELVEZET (30).**

Le but principal de la création de ce chantier expérimental de reboisement à Belvézet était triple:

- étudier la mise en valeur d'une zone improductive d'une garrigue à chêne vert (*Quercus ilex*) très dégradée.
- expérimenter différentes méthodes de préparation mécanique du sol.
- tester la possibilité d'introduction de plusieurs essences résineuses et notamment du cèdre de l'Atlas.

La réussite fut spectaculaire. Le cèdre a une croissance très supérieure à celle de toutes les autres essences utilisées (Pin noir. Pin de Salzman). Parmi les 3 placettes de cèdre installées dans cette plantation expérimentale, nous donnons les résultats de la placette n° 3 qui représentait une densité moyenne au nviru nt de son installation.

A l'âge de 35 ans, avec une hauteur dominante de 15,2 m et une production totale en volume de 279 m<sup>3</sup>/ha, elle appartient à la première classe de productivité, ce qui n'est pas négligeable dans une garrigue de chêne vert dégradée (voir tableau n° 5 et figure n° 1 et 2).

Il faut cependant préciser qu'une plus forte pluviométrie (environ 920 mm par an) et le travail mécanique du sol en profondeur, compensent les mauvaises conditions édaphiques (calcaire superficiel).

**Tableau 5: Données dendrométriques des 3 inventaires de la place d'expériences n°3 (densité moyenne), à Belvézet (30).**

**Forêt communale de Belvézet (Gard).**

Altitude: 300 m. Exposition: plateau. Substratum: calcaire. Pente: 0 %.

Etage eu-méditerranéen, série de Chêne vert et de Genévrier de Phénicie.

Classe de productivité: 1.

<b>Symboles</b>	<b>Inventaires</b>		
<b>Années</b>	<b>1981</b>	<b>1986</b>	<b>1991</b>
A (ans)	25	30	35
N (tiges)	1567	1032	1032
Ho (m)	10.7	12.6	15.2
Hg (m)	8.8	11.4	13.8
Co (cm)	69	78	92
Cg (cm)	47	60	70
G (m <sup>2</sup> )	27.3	29.6	39.6
V (m <sup>3</sup> )	108	159	236
Ve (m <sup>3</sup> )	0	40	43
P (m <sup>3</sup> )	108	199	279
lv (m <sup>3</sup> /an)	4.3	6.6	8.0
v (m <sup>3</sup> )	0.07	1.15	0.23

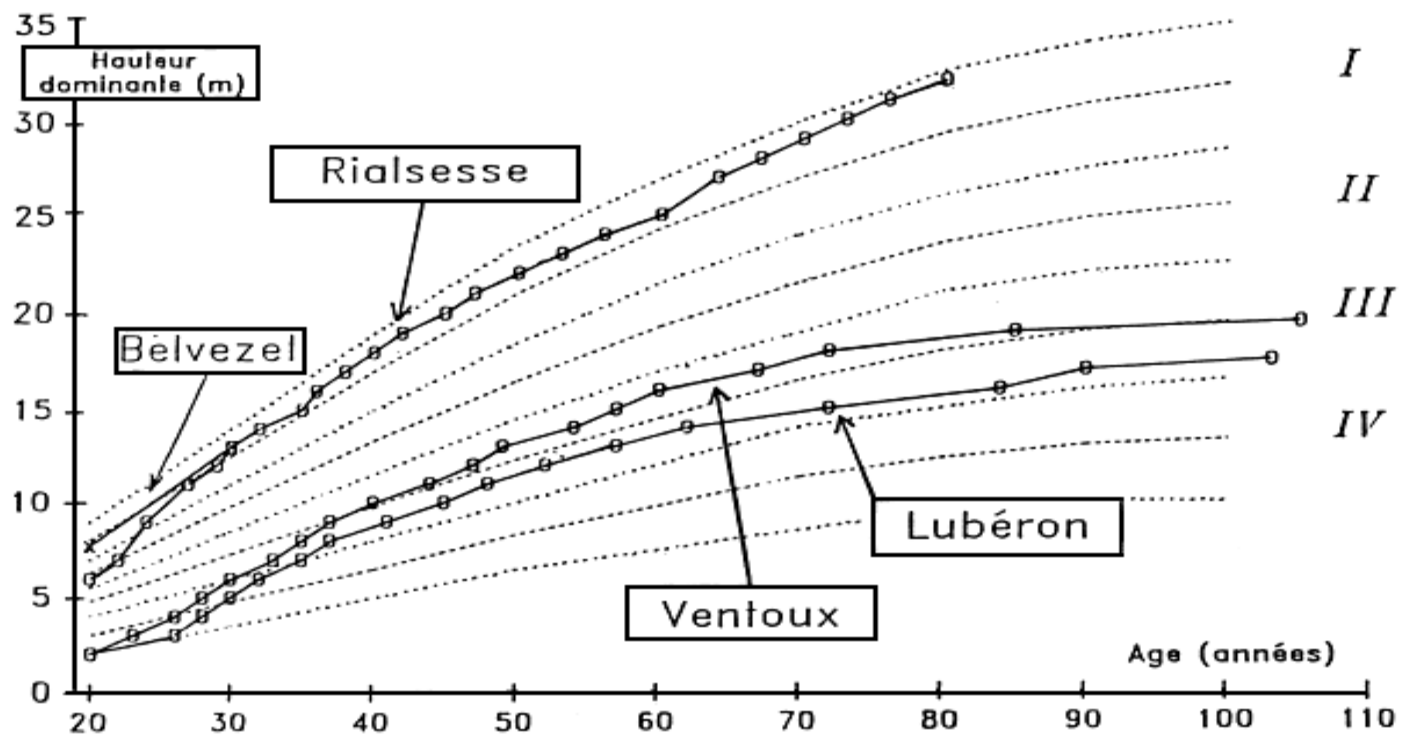


Figure 1: Croissance en hauteur et classes de productivité du cèdre de l'Atlas

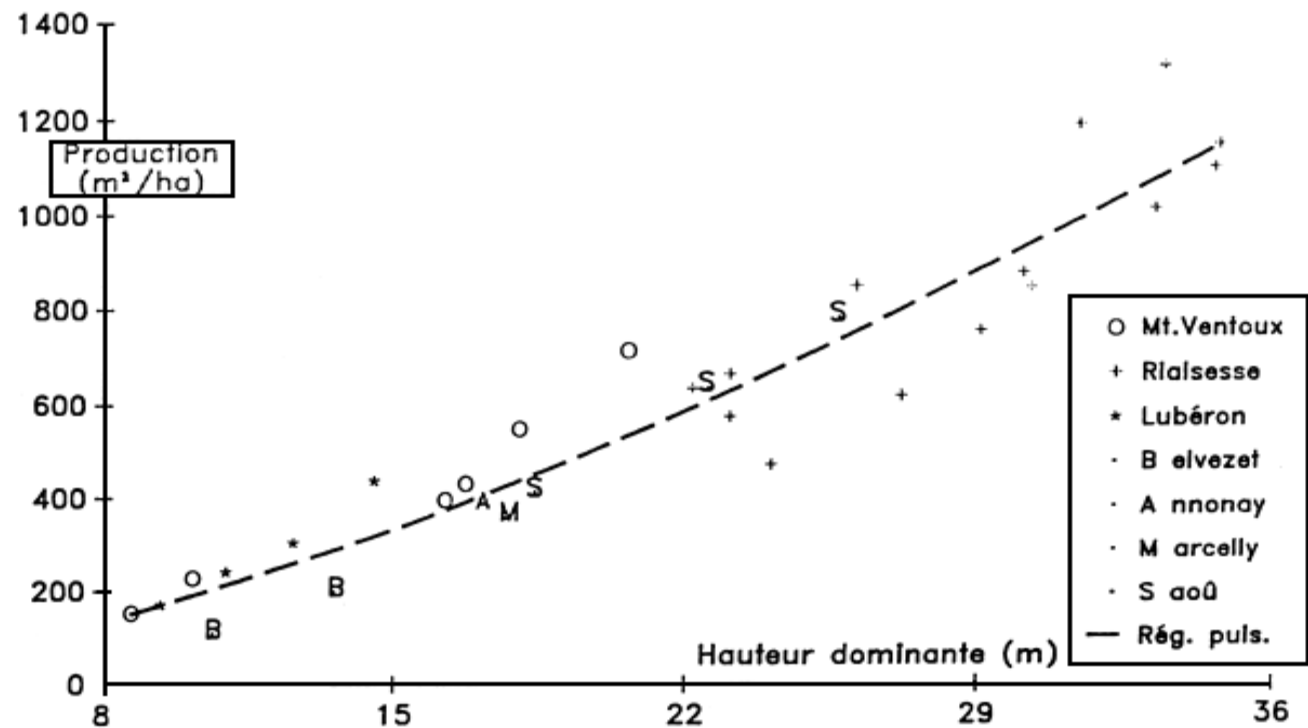


Figure 2: Production totale en volume en fonction de la hauteur dominante du cèdre de F Atlas



## SAOU (26).

La cédraie de Saoû dans la Drôme n'occupe que deux hectares mais dans des conditions écologiques extrêmement favorables. Il s'agit d'un ancien terrain agricole fertile et profond situé sur un bas-versant et présentant une bonne alimentation en eau.

C'est une forêt privée qui depuis 1980 appartient à la Société Générale et sa gestion est assurée par la Société de Gestion Forestière et Foncière dont le siège social est à Paris.

La place d'expériences fut installée en 1972 en vue d'étudier la croissance et la production de cette essence dans de très bonnes conditions stationnelles. En effet, le peuplement se situe largement dans la 1ère classe de productivité, la hauteur dominante atteint 25,6 m et la production totale est de 778 m<sup>3</sup>/ha à l'âge de 58 ans (voir tableau n° 6).

**Tableau 6: Données dendrométriques de la place d'expériences n° 26-01 (éclaircie moyenne), à Saoû (26).**

### Forêt privée "La Forêt des Pins" à Saoû (Drôme).

Altitude: 430 m. Exposition: Sud-Sud Ouest. Substratum: Grès. Pente: 12 %. Etage montagnard - méditerranéen, série supérieure de Pin sylvestre. Classe de productivité: 1.

Symboles	Inventaires		
	1972	1982	1988
A (ans)	42	52	58
N (tiges)	1430	823	617
Ho (m)	18.4	22.5	25.6
Hg (m)	16.2	20.5	22.4
Co (cm)	109	120	131
Cg (cm)	71	91	105
G (m')	58.0	53.8	54.4
V (m')	414	484	562
Ve (m <sup>3</sup> )	0	149	216
P (m <sup>3</sup> )	414	633	778
Iv (m <sup>3</sup> /an)	9.9	122	134
v (m')	0.32	0.59	0.91

## DISCUSSION ET CONCLUSION

L'introduction du cèdre de l'Atlas en région méditerranéenne française a commencé en 1862 sur le Mont-Ventoux. Aujourd'hui les plantations sont poursuivies avec une cadence d'environ 1000 ha/an. Avec la contribution très importante de la régénération naturelle on peut estimer la surface occupée actuellement par le cèdre à environ 20 000 ha, tous âges confondus. Cette réussite est liée aux conditions écologiques, mais il faut souligner que cette essence s'adapte remarquablement bien, même aux conditions difficiles.

Le climat des sept dernières années n'a pas été très favorable au développement des essences méditerranéennes. Froid, gel et sécheresse se sont succédés. Froid et gel en 1985 et 1986, sécheresses en 1989, 1990 et 1991. Le cèdre a très bien supporté ces aléas climatiques et aucune mortalité exceptionnelle ne s'est produite dans les placettes.

Dans quelques stations comme le Mont-Ventoux et le Lubéron la croissance a diminué, dans d'autres (Rialsesse, Belvézet, Saoû) elle est restée au niveau de la moyenne annuelle.

En ce qui concerne la productivité, beaucoup de stations appartiennent à la 1ère classe de productivité (Rialsesse, Belvézet, Saoû). La 2ème classe est représentée par Marcilly (11), Citou (11) et Véraza (11), et la 3ème par les deux grands massifs, Mont-Ventoux (84) et Lubéron (84), ainsi que par le Lac de Ternay (07). La 4ème classe de productivité n'est présentée dans nos expériences que par une seule placette (Cabrières d'Avignon).

L'ensemble de ces placettes a été suivi assez régulièrement, avec cependant une courte interruption pendant la dernière guerre mondiale pour ce qui concerne les placettes les plus anciennes.

La mise à jour des données a présenté quelques difficultés du fait de l'évolution des protocoles et des techniques de mesures au fil du temps et de l'introduction de notions nouvelles comme la hauteur dominante. Les analyses de tiges d'arbres dominants effectuées dans la plupart des placettes ont permis de rétablir et/ou de confirmer l'évolution de la hauteur dominante.

Les données recueillies dans ces placettes seront intégrées dans un réseau plus vaste de dispositifs expérimentaux en cours de réalisation, visant à terme la modélisation de la croissance et de la qualité du bois du cèdre de l'Atlas en France.

L'ensemble de résultats recueillis dans ces dispositifs anciens a permis d'affirmer les fortes potentialités et l'intérêt de cette essence pour la reconstitution de la forêt méditerranéenne française (C.E.M.A.G.R.E.F., 1987).

**N.B.:** Ces recherches bénéficient du soutien financier du Conseil Régional PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR et de la Communauté Economique Européenne.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- Bourdenet Ph.. (1977). Enquête sur le cèdre en Languedoc-Roussillon et possibilités d'extension. Mémoire de fin d'étude, ENITEF. Centre National du Machinisme Agricole du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Groupement Aix-en-Provence, 102 p.
- C.E.M.A.G.R.E.F., (1987). Guide technique du forestier méditerranéen français. Fascicule 3 "Essences forestières". C.E.M.A.G.R.E.F., Groupement d'Aix-en-Provence, Division Forêt Méditerranéenne.
- Courbet F., (1991). Tarif de cubage à deux entrées pour le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en France. Revue forestière française, vol. XLIII, n°3, pp 215-226.
- Ferrandes P., Oswald H., Toth J., (1990). Amélioration génétique, croissance et fructification du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) méridionale. In: Proceedings, 19<sup>o</sup> Congrès Mondial de l'IUFRO, Division 1, vol. 1: 524-540.
- Putod R., (1974). Le reboisement en cèdre dans le Sud-Est de la France. Bulletin de la Vulgarisation Forestière, n° 8, 58 p.
- Toth J., (1970). Plus que centenaire et plein d'avenir: le cèdre en France. Revue forestière française, vol. XXII, n°3: 355-364.
- Toth J., (1973). Première approche de la production potentielle du Cèdre de l'Atlas dans le sud de la France. Revue forestière française, vol. XXV, n°5: 381-389.

- Toth J., (1978). Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le sud de la France. Thèse de docteur ingénieur. Université d'Aix-Marseille III. Faculté des Sciences, 136 p.
- Toth J., (1990). Croissance, sylviculture et production du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) implanté dans une zone naturelle de chêne vert (*Quercus Ilex* L.) en région méditerranéenne française. In: Actes du Symposium Internationale du Cèdre, Antalya, Turquie, 963-973.
- Yi B.G., (1976). Croissance du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en relation avec quelques variables du milieu en Languedoc-Roussillon. Thèse de docteur-ingénieur. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 196 p. + annexes.

## التفطرات المجذرة الظاهرية بأشجار أرز الأطلس

### حالة المعارف والآفاق

أبوروح محمد

قسم الأبحاث والتجارب الغابوية

الرباط - المغرب

تظهر على أشجار أرز الأطلس (سدرس أطلنتيكا مانيتي) عند البلوغ كما هو الشأن عند أغلب الأنواع الغابوية تفطرات مجذرة ظاهرية مع عدة فطريات تكافلية تنتمي بالأساس إلى صنف الدعاميات. وقد تم تمييز عدة أنواع منها حسب مظهرها التكويني والتحليلي؛ فهي جميعها بسيطة، غير أن لونها وسمك غشائها وبنيتها وكذا مستوى ولوج شبكة هارتغ الخ. تتغير بتغير العنصر الفطري الصفة التكافلي الذي ترتبط به.

لا تكون الشتلات من هذا النوع بالمزارع الغابوية تفطرات مجذرة ظاهرية إلا بصفة استثنائية. حتى بعد التلقيح الاصطناعي، هناك في رأينا عاملان يتسببان في هذه الصعوبة أو في التفطر المجذر السيء هما: النمو السريع للنظام الجذري وكثرة وجود مواد حامض الكربوليك به. وهناك حاليا أعمال جارية لفحص هنين الافتراضين.

# LES ECTOMYCORHIZES DU CEDRE DE L'ATLAS: ETAT DES CONNAISSANCES ET PERSPECTIVES

ABOUROUH M.

*Division de Recherches et d'Expérimentations  
Forestières, B.P. 763 Agdal - RABAT  
MAROC*

**Résumé** - *Cedrus atlantica* Manetti à l'état adulte forme, comme la plupart des essences forestières, des ectomycorhizes avec plusieurs champignons symbiotiques appartenant principalement à la classe des Basidiomycètes. Différents types ont été différenciés, selon leur aspect morphologique et anat. uque. Ils sont tous simples mais leur couleur, l'épaisseur et la structure du manteau, le ns eau de du réseau de Hartig, etc., changent avec le partenaire fongique symbiotique.

*En pépinières forestières, les plants de cette espèce ne forment qu'exceptionnellement des ectomycorhizes même après des inoculations artificielles. Deux facteurs sont à notre avis responsables de cette difficulté ou mauvaise mycorrhization: la croissance rapide du système racinaire et sa richesse en produits phénoliques. Des travaux sont actuellement en cours pour vérifier ces deux hypothèses.*

## ***Cedrus atlantica* / ectomycorhizes.**

**Summary** - Like most forest species, *Cedrus Atlantica* Manetti forms at the adult stage ectomycorrhiza with many symbiotic fungi belonging mainly to the Basidiomycetes class. Several types were differentiated regarding their morphological and anatomical aspects. They are all simple but their color, thickness and mantle structure, level of penetration of Hartig network, etc. change with the symbiotic fungus partner.

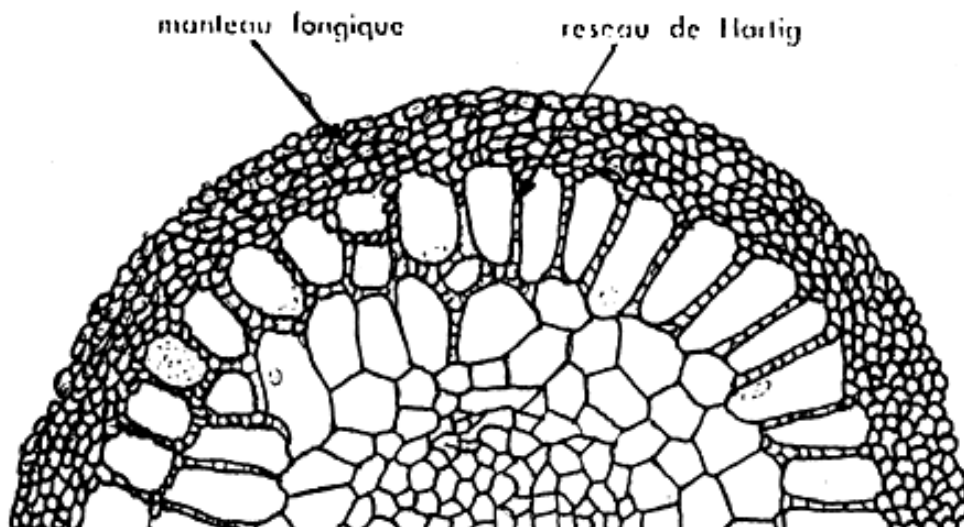
In tree nurseries, young plants of this species exceptionally form ectomycorrhizae even after artificial inoculations. We believe two factors are responsible for this difficulty or bad mycorrhization: fast growth of the root system and the abundance of phenolic products. Studies are in progress to test these hypotheses.

## ***Cedrus atlantica* / ectomycorrhizae.**

### INTRODUCTION

La majorité des plantes possèdent des associations symbiotiques entre leurs racines et des champignons du sol appelées mycorhizes. Sur la base de critères morphologiques et anatomiques, on a l'habitude de répartir ces associations en plusieurs types. Les plus importants sont: les ectomycorhizes et les endomycorhizes.

Dans la nature, les espèces du genre *Cedrus* forment, comme la plupart des autres essences forestières, des ectomycorhizes (Meyer, 1973) caractérisées par la présence d'un manteau fongique autour des racines mycorhizées et d'un réseau de Hartig entre les cellules corticales (Fig.1). Les nombreuses études menées jusqu'à maintenant sur *Cedrus atlantica* ont peu relaté cette forme de symbiose malgré le rôle qu'elle peut jouer dans le processus de renouvellement des cédraies naturelles (Lepoutre, 1961). Peu d'informations sont en effet actuellement disponibles au sujet des différents types d'ectomycorhizes naturelles et partenaires fongiques, de leur physiologie et biologie et des possibilités offertes pour leur utilisation pratique et bénéfique.



**Figure 1: Coupe transversale d'une ectomycorhize**

## **MATERIEL ET METHODE**

### **Etude morphologique et anatomique des ectomycorhizes naturelles**

Nos observations sont faites sur des plants de cèdre issus de plusieurs pépinières forestières et sur des échantillons de racines prélevés dans les cédraies naturelles du Rif et du Moyen Atlas.

En pépinière forestières, les systèmes racinaires des plants sont prélevés en totalité avec leur support tandis qu'en forêts, les prélèvements d'échantillons sol-racines se font au hasard jusqu'à une profondeur de 20 à 30 cm.

Au laboratoire, le sol est éliminé à l'aide d'un filet d'eau de robinet. Après un lavage des racines récupérées, on procède à des observations sous la loupe binoculaire (G 6,5x) pour séparer les ectomycorhizes qui s'y trouve en différents types et ceci d'après la forme générale, le mode de ramification, la texture de la surface et la couleur du manteau. Des échantillons représentatifs de chaque type sont photographiés, décrits, fixés dans le Formol-Acide acétique-Alcool (90-5-5) (Johansen, 1940) et conservés à la température ambiante.

Afin d'obtenir des informations supplémentaires sur le manteau et le réseau de Hartig, des coupes transversales sont faites à main levée sur les ectomycorhizes fixées. Elles sont montées sur une lame porte objet dans une ou deux gouttes d'une solution à 0,05 % de bleu de coton dans du lactophenol d'Amann, recouvertes d'une lamelle et observées au microscope.

### ***Isolement en cultures pures des champignons***

Cet isolement peut être fait soit à partir des ectomycorhizes soit à partir des carpophores.

Les ectomycorhizes sont tout d'abord lavées abondamment dans l'eau de robinet et soumises par la suite à une désinfection en surface. Plusieurs techniques de stérilisation ont été testées. Les ectomycorhizes désinfectées sont lavées plusieurs fois dans l'eau distillée stérile et étalées sur un milieu nutritif gélosé, contenant à sa surface quelques milligrammes de benomyl. L'incubation se fait à  $+ 22^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$ .

Des carpophores en bon état et quant c'est possible représentant différents stades de développement sont collectés au voisinage des lieux des prélèvements des ectomycorhizes. Ils sont mis directement dans des sacs en papier ciré et transportés immédiatement au laboratoire. L'isolement est fait aussi rapidement que possible après la récolte. Nous choisissons pour cela des fructifications jeunes non pourries et ne portant pas des dommages d'insectes. Après élimination des débris qui adhèrent à la base du pied et à la surface supérieure du chapeau, des petits fragments de tissu de 3 à 5 mm de long sont excisés dans la chair interne du chapeau ou du pied, extraits et placés sur le milieu nutritif gélosé contenant également du benomyl. L'incubation se fait à  $22 \pm 1^\circ\text{C}$ .

### ***Etude de l'aptitude ectomycorhizogène des champignons isolés***

Une telle étude est nécessaire pour déterminer si une souche pure donnée est capable de former des ectomycorhizes, donc s'elle est de nature symbiotique. Pour faire ce test, nous utilisons la technique des sachets de croissance à forme plate de Fortin et *al.* (1980).

### ***Inoculations artificielles en pépinières***

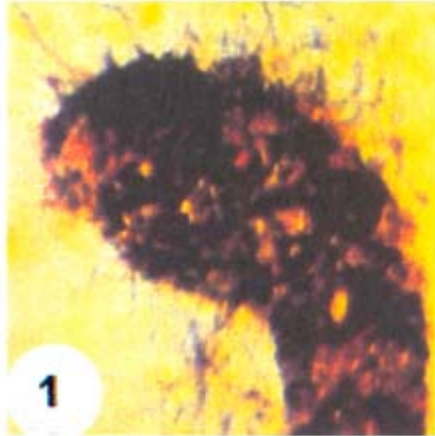
Les essais d'inoculations artificielles pratiquées en pépinière consistent dans l'utilisation du sol forestier issu des cédraies naturelles, de spores de *Pisolithus tinctorius* ou de cultures mycéliennes pures de *Pisolithus tinctorius* ou de *Thelephra terrestris*. Les détails concernant ces essais sont donnés par Ruehle et *Al.* (1981) et Abourouh (1983, 1993).

## **RESULTATS OBTENUS ET DISCUSSION Les ectomycorhizes naturelles en pépinière**

Les plants de *Cedrus Atlantica* Manetti sont rarement mycorhizés naturellement en pépinière (Tableau I). Les quelques plants pourvus de mycorhizés sont tous issus de la pépinière expérimentale de Mkhenza (Rabat). Les ectomycorhizes dans ce cas sont d'un seul type et donc formées par un seul champignon mycorhizateur. Elles sont monopodiales, noires et munies d'hyphes raides de la même couleur (Photo 1). Le champignon responsable de cette mycorhization n'est autre que *Cenococcum geophilum* Fr., espèce fongique à distribution très large au Maroc (Abourouh, 1991). Elevés dans les mêmes conditions et sur le même type de substrat, les plants de *Pinus pinaster*, de *P. halepensis* et de *P. canariensis* sont par contre abondamment ectomycorhizes. Les ectomycorhizes sont ramifiées dichotomiquement et sont formées par au moins deux espèces fongiques symbiotiques dont *Cenococcum geophilum* Fr..

**Tableau 1: Mycorhization naturelle des plants de *Cedrus atlantica* Manetti.**

<b>Pépinière Forestière</b>	<b>Région</b>	<b>Pourcentage d'ectomycorhizes par plants</b>	<b>Pourcentage moyen de plants ectomycorhizes</b>
Mkhenza	Rabat	<b>3</b>	<b>8</b>
Ras El Maa	Azrou	<b>0</b>	<b>0</b>
Aït Oufella	Itzer	<b>0</b>	<b>0</b>
Aghbalou	Khénifra	<b>0</b>	<b>0</b>
Taddoute	Boulmane	<b>0</b>	<b>0</b>
Aïn Rami	Chefchaouen	<b>0</b>	<b>0</b>



**Figure 1: Ectomycorhize noire formée en pépinière par *Cenococcum geophilum* Fr. (G 16x).**

Dans les autres pépinières de production, parfois situés non loin des cédraies naturelles, aucun plant de cèdre n'est mycorhizé. Les racines sont relativement courtes et légèrement charnues mais sans aucune infection ectomycorhizienne apparente.

Exception faite des quelques ectomycorhizes formées par *Cenococcum geophilum*, les plants de *Cedrus atlantica* élevés dans les différentes pépinières forestières échappent donc à toute infection mycorhizienne naturelle. Cette constatation concorde avec celles de Boullard (1957) et Marx (1979) selon lesquelles les ectomycorhizes sur les jeunes plants du cèdre sont très rares. Cette absence de mycorhization naturelle n'est pas due à des facteurs externes comme l'éloignement des pépinières des cédraies naturelles ou l'utilisation d'un substrat d'élevage non approprié mais plutôt à des facteurs intrinsèques à l'espèce. Nous pensons à la morphologie du système racinaire caractérisée par une rareté de racines courtes les seules susceptibles de se transformer en ectomycorhizes (Aldrich - Blacke, 1930) et à la présence dans les racines de cette essence forestière de produits phénoliques inhibiteurs en qualité et/ou en quantité des champignons mycorhiziens (Foster et Marks, 1967).

### **Les ectomycorhizes dans les cédraies naturelles**

Dans la nature, nous avons trouvé jusqu'à maintenant quatorze types d'ectomycorhizes différents mais typiques: présence du manteau fongique et du réseau de Hartig (résultats non encore publiés). Ces ectomycorhizes présentent des couleurs, des structures du manteau et des profondeurs de pénétration du réseau de Hartig variées mais sont toutes simples, charnues et plus longues que celles qu'on observe d'habitude chez les pins (photos 2, 3, 4, 5, 6, 7, et 8). Nos résultats ne font que confirmer ceux de Boullard (1957), de Lepoutre (1961), de Marx (1979) et de Hocine et al. (1990) selon lesquels le cèdre forme toujours des ectomycorhizes simples qu'on peut cependant différencier en plusieurs types.

Plusieurs champignons symbiotiques sont responsables de cette mycorhization naturelle compte tenu de la diversité morphologique et anatomique des ectomycorhizes observées. Environ 75 espèces mycorhiziennes appartenant à 14 genres différents ont été signalées dans les cédraies naturelles par Malençon et Bertault (1970, 1975). A cette liste, il faut ajouter les nombreuses espèces des genres *Russula* et *Lactarius* qui sont presque exclusivement symbiotiques (Trappe, 1962). Pour le moment, seules les ectomycorhizes formées par *Cenococcum geophilum* Fr. (Photos 2 et 3) et par *Tricholoma caligatum* (Viv) Rick. (Photos 4 et 5) sont identifiées.



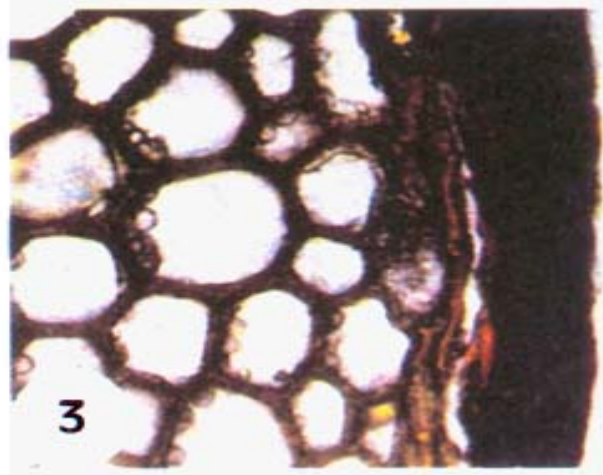


Figure 2: Ectomycorhize noire formée par le même champignon dans la cedraie de Ketama (G40x)

Figure 3: Coupe transversale d'une ectomycorhize de *Cenococcum geophilum* Fr. (G 250 x).

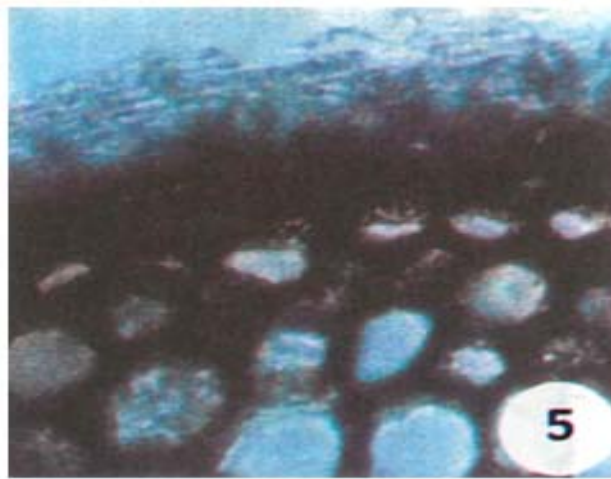
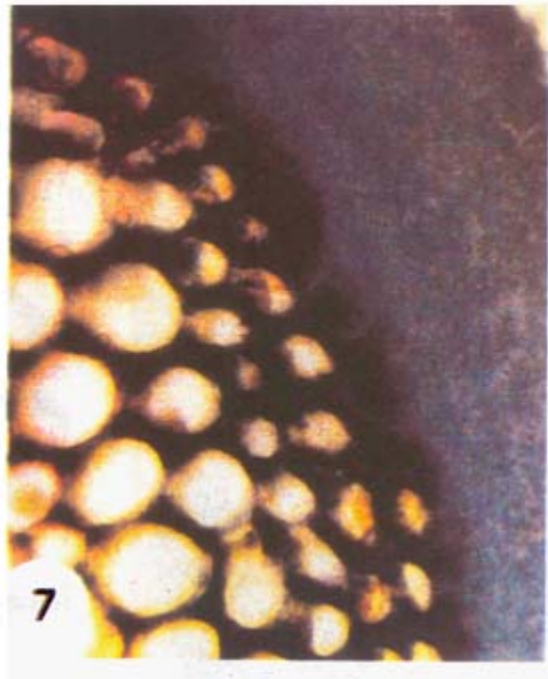


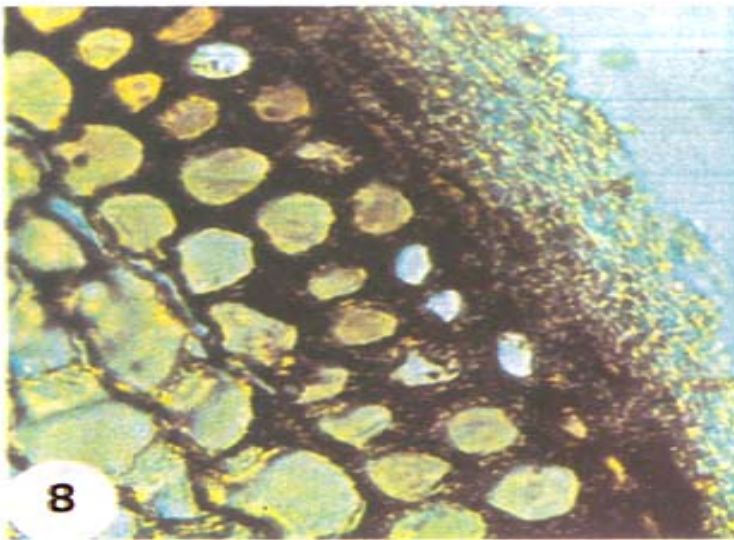
Figure 4: Ectomycorhize bUmche formée probablement par *Tricholoma caligatum* dans les cédraies du Rif (G 40 x,

Figure 5: Coupe transversale d'une ectomycorhize de *Tricholoma caligatum* (G 400 x).



**Figure 6: Ectomycorhizes blanches, lisses et charnues trouvées dans la cédraie du Rif (G 6,5 x).**

**Figure 7: Coupe de cette ectomycorhize (G 400 x).**



**Figure 8: Coupe transversale d'une ectomycorhize brunâtre trouvée dans la cédraie du Rif (G 400x).**

### ***Isolement en cultures pures des champignons mycorhiziens***

Les nombreuses tentatives d'isolement effectuées soit directement à partir des ectomycorhizes soit à partir des fragments de carpophores n'ont donné que peu de résultats. Seules deux espèces fongiques sont actuellement isolées en culture pures. Il s'agit d'une souche de *Tricholoma caligatum* et une d'un champignon non identifiée. Les deux souches sont caractérisées par une croissance lente sur le milieu nutritif utilisé. Même si les champignons ectomycorhiziens en tant que groupe sont difficiles à isoler en

cultures pures (Marx et Kenney, 1982), nous avons trouvé encore plus de difficultés à isoler les champignons liés au cèdre que ceux liés aux pins.

### ***Etude de l'aptitude ectomycorhizogène des champignons isolés***

Ni les souches pures liées au cèdre ni celles liées aux pins ne forment au laboratoire des ectomycorhizes avec les plants de *Cedrus atlantica*. Elles sont par contre toutes capables dans les mêmes conditions de mycorhizer les pins. Les disques mycéliens utilisés comme inoculum s'arrêtent de croître lorsqu'ils se retrouvent au voisinage des racines. Cet arrêt de croissance ne peut être dû qu'à des produits toxiques, phénols par exemple, secrétés par ces racines. Hillis et Al. (1968) et Linnemann (1969) ont en effet constaté que la formation des ectomycorhizes respectivement chez *Pseudotsuga menziesii* et *Abies sp.* peut être contre carrée par les composés phénoliques racinaires.

### ***Inoculations artificielles en pépinières***

L'utilisation du "sol forestier" comme inoculum améliore légèrement le pourcentage de mycorhizes des plants. Presque toutes les mycorhizes formées ne montrent pas de manteaux fongiques caractéristiques mais simplement un réseau diffus d'hyphes entourant les racines; il ne s'agit pas de vraies ectomycorhizes (Abourouh, 1983).

L'inoculation en pépinière à l'aide des spores de *Pisolithus tinctorius* ne permet l'obtention d'aucune ectomycorhize sur les plants de *Cedrus atlantica*. Dans les mêmes conditions, ce champignon arrive à mycorhizer assez bien les pins (Abourouh, 1993).

L'utilisation de la culture mycélienne pure de *Pisolithus tinctorius* conduit seulement à l'obtention de quelques ectomycorhizes monopodiales (6.8 %). Celle de *Thelephora terrestris* n'en forme aucune. Les plants de *Pinus pinaster* var. *atlantica* inoculés avec les mêmes cultures pures montrent respectivement des taux de mycorhization de 65 % et de 48,5% (Ruehle et Al., 1981).

La production dans les pépinières forestières de plants du cèdre mycorhizés artificiellement s'avère pour le moment difficile. Il est au moins certain que cette essence forestière ne contracte pas des associations symbiotiques avec n'importe quel champignon mycorhizien. Les échecs de nos essais de mycorhization avec *Pisolithus tinctorius*, *Thelephora terrestris* et *Rhizopogon sp.* dont l'aptitude ectomycorhizogène est pourtant très bonne (Marx et Artman, 1978; Theodorou, 1967) le prouve.

## **CONCLUSION**

*Cedrus atlantica* Manetti forme naturellement plusieurs types d'ectomycorhizes typiques. Durant le stade pépinière, ses plants sont rarement ectomycorhizés même après des inoculations artificielles. Des études sont actuellement menées pour:

- Vérifier l'hypothèse selon laquelle la mycorhization est inhibée par une croissance rapide du système et par les produits phénoliques racinaires.
- Inventorier, isoler et multiplier les champignons mycorhiziens existant naturellement avec cette espèce.

## **BIBLIOGRAPHIE**

Abourouh M., (1983). Essai de mycorhization en pépinière de *Cedrus atlantica* (Cèdre de l'Atlas). Thèse 3ème cycle, Université Claude Bernard - Lyon 1, France, P 125.

- Abourouh M., (1991). La distribution au Maroc de *Cenococcum geophilum* Fr.. Annales de Recherches Forestières, Maroc, tome 25, 30-40.
- Abourouh M., (1993). Essai de mycorhization en pépinière par les spores de *Pisolithus tinctorius*. Annales Recherches Forestières, Maroc, tome 26. 126-137.
- Aldrich-Blake R.N., (1930). The plasticity of the root system of corsican pine in early life. Oxford forest, Mem. 12, 1-17.
- Boullard B., (1957). Etude des mycorhizés dans le genre *Cedrus*. Première contribution. Société Mycologique de France, tome LXXIII, 225-244.
- Fortin J.A., Piche Y. and Lalonde M., (1980). Technique for the formation of early morphological changes during ectomycorrhiza formation. Canadian Journal Botany, 58, 361-365.
- Foster R.C. and Marks G.C., (1967). Observations on the mycorrhizas of forest trees. II. The rhizosphere of *Pinus radiata* D. Don. Australian Journal Biology Science 20, 915-925.
- Hillis W.E., Ishikma N., Foster R.C. and Marks G.C., (1986). Rôle of extractives in the formation of ectotrophic mycorrhizae. Phytochemistry 7, 409-413.
- Johansen D.A., (1940). Plant microtechnique. Mc Grow Hill Book Company, New York and London, P. 523.
- Hocine H., Perrin R.L. and Belarbi R., (1990). Variation of mycorrhizal association of *Cedrus atlantica* Manetti, the example of Tala-guilef forest (Djurdjura). Proceeding 8\* congress of the Mediterraneanen Plytopathological Union, Agadir, Morocco, 441.
- Lepoutre B., (1961). Recherches sur les conditions édaphiques de régénération des cédraies marocaines. Annales Recherches Forestières, Maroc, tome 6, fascicule 2: 1-207.
- Linneman G., (1969). Erfahrungen bei Synthese-Versuchen insbesondere mit *Pseudotsuga menziesii*, (Mirb) Franco. Zentralbl. Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten, Abt. 2, 123, 453-460.
- Malençon G. et Bertault B., (1970). Flore des champignons supérieurs du Maroc Tome I. Faculté des Sciences de Rabat, Maroc, P. 601.
- Malençon G. et Bertault R., (1975). Flore des champignons supérieurs du Maroc. Tome II. Faculté des Sciences de Rabat, Maroc, P. 539.
- Marx D.H., (1979). Ectomycorrhizal status of tree seedlings in nurseries and field sites in Northern Morocco. Rapport de mission, P.8.
- Marx D.H. and Artman J.D., (1978). Growth and ectomycorrhizal development of loblolly pine seedlings in nursery soil infested with *Pisolithus tinctorius* and *Thelephora terrestris* in Virginia. USDA, Forest Service Research. Note Ser. 253, P.4.
- Marx D.H. and Kenney D.S., (1982). Production of ectomycorrhizal fungus inoculum. In "Methods and principles of mycorrhizal research" (Schenck N.C. Ed.). American Phytopathological Society. Minnesota, 131-146
- Meyer F.H., (1973). Distribution of ectomycorrhizae in native and manmade forest. In "Ectomycorrhizae: their ecology and physiology" (Marks G.C. and Kozłowski T.T. Eds.). Academic Press, N.Y.: 78-105.

- Ruehle J.L., Marx D.H. and Abourouh M., (1981). Development of *Pisolithus tinctorius* and *Thelephora terrestris* ectomycorrhizae on seedlings of coniferous trees important to Morocco. Annales Recherches Forestières, Maroc Tome 21, 281-296.
- Theodorou C, (1967). Inoculation with pure cultures of rhizomycorrhizal fungi of radiata pine growing in partially sterilized soil. Australian Forestry, 31, 303-309.
- Trappe J.M., (1962). Fungus associate of ectotrophic mycorrhizae. Botanical Review, 538-606.

## إمكانيات تفطر أرز الأطلس

ح. حسين +، بلعربي حلير +، ر. بران ++ و ج. شوقاليمي +++

+ جامعة تيزي وزو / تيزي وزو - الجزائر

++ المعهد الوطني للبحث الزراعي / ديجون سيديكس - فرنسا

+++ المعهد الوطني للبحث الزراعي / كليمون فاروند سيديكس - فرنسا

رغم العدد الكبير للدراسات النجزة حول تكاثر التنظر التجنري خلال السنوات العشرين الفارطة، تبقى المستمرة النباتية التكافلية لأرز الأطلس (سدرس أطلتيكا مانيتي) مجهولة عموما.

وفي إطار مشروع تعاون بين الجزائر وفرنسا يرمي إلى تحسين الإنتاج الفابوي بواسطة التنظر التجنري المراقب، تمت دراسة تكاثر تفطر الأرز خلال ثلاث مراحل متتابعة فقد مكنت التدخلات بالجماعات الشجرية الطبيعية لأرز الأطلس بالنطقة الجبلية بالجزائر من تصنيف ما يزيد عن ٢٠ نموذجاً من التنظرات التجنرية الظاهرية وأكثر من ٥٠ نوعاً من الفطريات التي تتغذى على الخشب يقترن أرز الأطلس بعدد كبير من الدعائيات الرقيات. وقد تم تحديد قيم كون عدوى التنظر التجنري الظاهري المتجة باستعمال محاولات بيولوجية أنجزت في ظروف مراقبة. كما أبانت ملاحظة النظم الجذرية للشجرات المتجة بالزراع التقليدية عن وجود نموذجين من التنظرات التجنرية فقط عند نهاية السنة الثالثة للنمو. وظهرت عكس ذلك عدة تنظرات تجنرية مختلفة الأنواع بعد ستة شهور عندما تمت إضافة التربة الأصلية إلى التربة المستعملة في الزراعة وأظهر التلقيح بواسطة وسائل مختلفة مشتقة من الفطريات التي تنتمي لنوع التنظرات التجنرية الظاهرية باستعمال أشكال متنوعة من اللقاحات أن التنظر التجنري للأرز يمكن مراقبته بسهولة، باعتبار خصائص النوع لا سيما خصائص تطور تكوين النظام الجذري.

## POSSIBILITES DE MYCORHIZATION DE *CEDRUS ATLANTICA* MANETTI

HOCINE H.\* BELARBI H.\* PERRIN R.\*\*  
ET CHEVALIER G.\*\*\*

\* Université de Tizi-Ouzou, Unité de Recherche en Biologie et  
Agro-Foresterie, route de Hasnaoua, 15.000, Tizi-Ouzou.

\*\* I.N.R.A., Unité de Recherches sur la flore pathogène dans le sol, 17,  
Rue Sully, 21.031 Dijon Cédex.

\*\*\* I.N.R.A., Unité de Mycologie, 12, Avenue du Brézet, 63.039,  
Clermont-Ferrand Cédex.

**Résumé** - Malgré les nombreuses études effectuées sur la symbiose mycorhizienne ces 20 dernières années, l'association symbiotique de *Cedrus Atlantica* demeure peu connue.

Dans le cadre d'un projet de coopération entre l'Algérie et la France portant sur l'amélioration de la production forestière par la mycorhization contrôlée, la symbiose mycorhizienne du cèdre de l'Atlas a été étudié lors de trois étapes successives.

\* Des interventions dans des peuplements naturels de *Cedrus Atlantica* en Kabylie ont permis de répertorier plus de 20 types d'ectomycorhizes et plus de 50 espèces de champignons (carpophores). Le cèdre de l'Atlas s'associe à un grand nombre de Basidiocètes et d'Ascomycètes. Des valeurs de potentiels infectieux ectomycorhiziens élevées ont été déterminés en utilisant des essais biologiques effectués en conditions contrôlées.

\* L'observation des systèmes racinaires de plants élevés en pépinière traditionnelle a révélé la présence de deux types mycorhiziens seulement à la fin de la 3ème année de croissance. Par contre, plusieurs mycorhizes de types variés sont apparues après 6 mois, lorsqu'au sol utilisé en pépinière on ajoute du sol de cédraie.

\* L'inoculation par différences souches sélectionnées de champignons ectomycorhiziens, en utilisant diverses formes d'inoculum, a montré que la mycorhization du cèdre peut être facilement contrôlée en tenant compte des particularités de développement de l'espèce en particulier de la morphologie du système racinaire.

### **Ectomycorhizes / *Cedrus Atlantica* / synthèse.**

**Summary** - Although the symbiosis has been extensively documented in the last 20 years, little is known of the mycorrhizal association of *Cedrus atlantica*. Within the framework of a cooperative project between Algeria and France devoted to the improvement of re-afforestation by controlled mycorrhization, the mycorrhizal symbiosis of *Cedrus atlantica* was studied in three successive steps:

- From inventories carried out in pure mature stands in Kabylia. More than 20 ectomycorrhizal types have been recorded and more than 50 species (fruiting bodies) have been collected. *Cedrus atlantica* form a natural association with a lot of Basidiomycetes and Ascomycetes. The high level and the great diversity of the rhizospheric soil infectivity have been substantiated using bioassay performed in controlled conditions.
- The survey of the plant colonization by mycorrhizal fungi in traditional nurseries showed that only two different types of mycorrhizae developed naturally on seedlings at the end of the third year of growth. On the contrary, numerous mycorrhizae of

various types appeared after six months when the nursery soil was amended with the cedar stand soil.

- Successful inoculations with different selected species of mycorrhizal fungi, using different kinds of inoculum, showed that the mycorrhizal association of Cedar can be easily controlled taking into account distinctive features in the species development, particularly the morphology of the root System.

## **Mycorrhizae / *Cedrus Atlantica* / Synthesis.**

### **INTRODUCTION**

*Cedrus atlantica* Manetti représente, parmi les essences forestières d'Afrique du Nord et de l'Orient, l'essence noble par excellence (Boudy, 1950); il possède de nombreux avantages: une faible inflammabilité, une croissance juvénile pouvant être rapide, une tolérance face aux stress climatiques, etc..

En Algérie, le cèdre apparaît en populations très dispersées. Derridj (1990) rapporte que différents auteurs ont estimé cette superficie à 32.000 ha; dans le massif du Djurdjura, elle demeure inférieure à 2.000 ha. Cependant la régénération des peuplements naturels pose un problème, notamment en raison de la disparition progressive des semis durant la première période estivale sèche (Derridj, 1985). Cette régénération est étroitement subordonnée aux facteurs climatiques (Nedjahi, 1990), d'où la nécessité de reboisements artificiels, afin de permettre la préservation et l'extension de cette essence. Actuellement, la production forestière est très faible. Pour remédier à cette situation de déficit, l'état algérien a lancé de vastes projets de reboisement à travers tout le territoire national, tel que le barrage vert avec comme essence principale le pin d'Alep. Malheureusement, ces reboisements ont eu un succès limité.

D'après de nombreux auteurs cités par Boughedaoui (1984), cet échec pourrait être dû aux conditions de milieu très difficiles, aux techniques actuelles de production de plants en pépinière et aux méthodes de plantation inadaptées. Cet auteur évoque également, comme cause partielle d'échec, l'absence de microorganismes symbiotiques. A ces raisons s'ajoutent, bien sûr, d'autres causes qui interviennent dans la mortalité des jeunes plants, notamment la crise de transplantation, comme l'a démontré Al Abras (1988) sur l'épicéa commun.

A ce propos, Le Tacon (1978) souligne que l'utilisation en reboisement de plants mycorrhizés par des souches de champignons sélectionnés compétitifs et efficaces pourrait améliorer la reprise et la croissance initiale des plants. C'est d'autant plus indispensable que les boisements se font sur des sites où le potentiel ectomycorrhizien est faible ou nul et où l'environnement est hostile (Le Tacon, 1982).

De nombreux travaux réalisés jusqu'à présent ont démontré l'intérêt de la symbiose mycorrhizienne. Comme le souligne Mousain (1983), cette symbiose se traduit, en sols pauvres, par une amélioration de la croissance et de la nutrition de la plante; elle est susceptible de favoriser la tolérance des arbres à la sécheresse et au calcaire et permet la protection des racines contre les agents pathogènes.

A ce sujet, Le Poutre (1963) établit une relation entre le mécanisme de régénération du cèdre par tache et le rôle du milieu fongique. Il constate que les semis mycorrhizés se maintiennent systématiquement, au contraire des semis non mycorrhizés. Ces observations confirment celles de nombreux auteurs dont Theodorou et Bowen (1970) qui ont mis en évidence le rôle de la mycorrhization dans la résistance à la



sécheresse. Cela montre l'importance de la mycorhization, surtout dans nos conditions climatiques caractérisées par une période estivale sèche.

En Algérie, les quelques études se rapportant à la mycorhization (Kadik, 1973; Lebtahi, 1981 et Boughedaoui, 1984) concernent le pin d'Alep; elles visent à apporter quelques éléments de solution au problème de reprise de cette essence.

De part le monde, rares sont les travaux consacrés à la mycorhization du genre *Cedrus*, à l'exception de ceux de Boullard (1957), Le poutre (1961, 1963) et récemment ceux d'Abourouh (1983). En dehors des inoculations par spores de différents *Tuber*, toutes les tentatives ont échoué, qu'il s'agisse d'inoculation par culture mycélienne de *Thelephora terrestris* et *Pisolithus tinctorius* (Ruehle et al. 1981) ou d'*Amanita muscaria* (Mousain et al., 1987) ou encore d'inoculation avec des spores de *Pisolithus tinctorius* (Abourouh, 1990).

Persuadés de l'intérêt de la mycorhization contrôlée pour l'amélioration de la sylviculture et malgré le manque de connaissances et les échecs répétés, nous avons souhaité apporter notre contribution à l'amélioration de la sylviculture de *C. atlantica*.

Dans cette étude, nous allons présenter brièvement les premiers résultats de nos travaux en matière d'inventaire de la macroflore fongique et des types mycorhiziens rencontrés dans la cédraie de Tala - Guilef; ensuite nous décrirons les mycorhizes observées en pépinière; enfin, nous exposerons les résultats obtenus à partir de synthèses mycorhiziennes.

## **MATERIEL ET METHODES**

### **Description des Stations d'Etude**

#### **Caractéristiques de la station de Tala-Guilef**

La station de Tala-Guilef fait partie du Parc national du Djurdjura situé au Nord de l'Algérie. Elle se trouve à 144 Km au Nord-Est d'Alger et à 60 Km au Sud-Ouest de Tizi-Ouzou.

La station de Tala-Guilef possède une très grande diversité topographique. Elle s'étend sur 3847 ha, ce qui représente 20,40 % de la superficie totale du Parc. Elle est située à 1650 m d'altitude.

Le sol est un sol brun forestier, de texture sablo-limoneuse en exposition Sud et limono-sableuse en exposition Nord. L'humus est de type mull sur le versant Nord et de type mull-moder sur le versant Sud. Le pH varie entre 3,5 et 5,5.

La cédraie de Drâa-Inguel commence à 1450 m d'altitude. Elle se caractérise par un étage bioclimatique humide à variante humide, la pluviométrie avoisine les 1600 mm. Les mois de Juillet et d'Août sont les plus secs de l'année. En hiver, les températures minimales descendent quelquefois en dessous de 0°C et avoisinent les 30°C en été.

#### **Pépinière traditionnelle de Teema**

Cette pépinière est située en pleine forêt de Beni-Ghobri (Yakouren), à une altitude moyenne de 920 m. Elle a pour objectif la production de plants de plusieurs essences forestières destinées au reboisement (Cèdre, châtaignier, cyprès, etc.).

Le substrat utilisé pour la production de plants est prélevé à la surface d'un sol provenant d'une chênaie avoisinante. Les conteneurs utilisés sont des sachets de polyéthylène perforés (dimensions 20 x 11 cm). La production des plants au niveau de cette pépinière se réalise sans irrigation en été.

### **Pépinière de Tadmait**

Les plants de cèdre provenant des différents essais d'inoculation ont été élevés sous ombrière dans cette pépinière qui se trouve à 18 Km de Tizi-Ouzou.

L'inoculation "par terre de cédraie" s'est faite avec différentes doses d'inoculum (10 - 20 et 100 % v/v) mélangé à de la terre de cédraie désinfectée. Les conteneurs utilisés sont des pots horticoles de 500 cm<sup>3</sup>.

### **Pépinière sous abri à l'I.N.R.A de Clermont-Ferrand (France)**

La plupart des essais "en conditions gnotoxéniques" ont été réalisés dans ce type de pépinière (serre vitrée et climatisée).

Différents substrats de culture ont été expérimentés (terre de cédraie, mélange vermiculite - tourbe, perlite - tourbe et pouzzolane), l'objectif étant de sélectionner un substrat permettant à la fois une bonne croissance de la plante et une bonne mycorhization. Nous avons aussi testé différents modèles de conteneurs (pots horticoles, conteneurs anti-chignons modèles Robin et Spencer-lemaire).

Une dizaine d'espèces de champignons mycorhiziens sélectionnés ont été testés. Les inoculations ont été réalisées dans la plupart des cas avec des cultures pures de champignons produites sur milieux solides ou liquides. Pour certaines espèces de champignon, nous avons pratiqué l'inoculation par suspension sporale.

### **Etude de la Mycorhization Naturelle du Cèdre**

Des prélèvements de mycorhizes ont été effectués sur le système racinaire d'arbres de 10 à 100 ans et sur des cèdres millénaires. Les arbres occupaient un espace limité (environ 1 ha).

Pour les plants élevés en pépinière traditionnelle, nous avons observé les systèmes racinaires de plants de différents âges (de trois mois à trois ans).

Pour les plants élevés à Tadmait, le contrôle des systèmes racinaires a eu lieu 6 mois après le semis.

### **Récolte de Carpophores**

Chaque année, nous effectuons un relevé mycologique dans la cédraie de Draâ-Inguel, le premier entre le mois d'octobre et le mois de décembre, le second entre avril et mai. Il est réalisé sur le même site que celui où s'effectue le prélèvement des mycorhizes (environ un hectare).

### **Etude Anato-Morphologique des Mycorhizes**

La description morphologique porte sur les caractères externes (structure superficielle du manteau, organisation du mycélium extramatriciel, etc..) et internes (structure et épaisseur du manteau, aspect du réseau de Hartig, etc.). Après examen des caractères externes, les mycorhizes sont fixés dans un mélange de formol, acide acétique, alcool et eau.

L'étude anatomique se fait sur des coupes transversales effectuées à main levée, puis colorées avec du bleu au lactophénol d'Amann.

Les différents types de mycorhizes ont été classés en se basant sur les classifications déjà existantes.

## RESULTATS ET DISCUSSION Inventaire de la Macroflore Fongique

Aucun inventaire général de la macroflore fongique n'ayant été réalisé jusqu'ici au niveau des cédraies du Djurdjura, il a été nécessaire de procéder à un relevé mycologique, pour mieux connaître les champignons associés naturellement au cèdre, plus particulièrement au stade juvénile. Bien que nos relevés soient peu nombreux, nous avons noté une grande abondance et une grande diversité d'espèces fongiques.

Près d'une cinquantaine d'espèces ont été identifiées\* sur le site d'étude. Cet inventaire n'inclut pas les champignons hypogés.

La majorité de ces espèces fongiques appartiennent à des familles connues pour leur caractère mycorrhizogène. Ces premiers relevés montrent que le cortège ectomycorhizien du cèdre est riche. Il se caractérise par l'abondance des Tricholomes, Cortinaires, Inocybes, Hébélomes et Bolets.

*\* Nous remercions Monsieur BOUTEVILLE, mycologue à Ciermom-Fermeid, pour l'identification des rliani-pigrions*

Cette richesse de la macroflore fongique se retrouve aussi dans les cédraies marocaines. En effet, d'après les travaux de Malençon et Bertault (1970, 1975), Trappe (1962) et d'autres auteurs (*in* Abourouh, 1990), 75 espèces mycorrhizogènes appartenant à 14 genres ont été signalées.

D'après nos observations, le cèdre semble être associé à un grand nombre d'espèces mycorrhiziennes. Nous avons noté que la diversification fongique s'effectue progressivement avec le temps. Au niveau des jeunes plantations, la macroflore fongique est moins riche. Nous avons tenté d'établir des corrélations systématiques entre les carpophores d'une espèce donnée et un type morphologique de mycorrhize.

### Inventaire de la Microflore Ectomycorhizienne

Nous avons constaté que les systèmes racinaires sont abondamment mycorrhizés et que les mycorrhizés présentent une grande diversité morphologique (Hocine et al., 1991). Celle-ci se traduit par une grande variété de couleurs (blanches, jaunes, oranges, noires, etc.); les mycorrhizés sont soit simples soit ramifiées (racémeuses, coralloïdes); la dichotomie est rare. Le manteau fongique peut être lisse ou présenter un mycélium extramatriciel de différentes dimensions.

D'une manière générale, les critères définissant les grands groupes dans les classifications existantes ont pu être retrouvés. Cependant, nous avons noté certaines particularités chez les mycorrhizés de cèdre.

Compte tenu de l'absence d'une classification idéale permettant d'identifier le partenaire fongique de l'ectomycorhize, nous avons élaboré une première ébauche de classification. Elle est basée essentiellement sur les structures anatomiques qui se sont avérées plus fiables que les critères morphologiques, comme le signalent plusieurs auteurs.

C'est ainsi que plus d'une vingtaine de types ont été décrits et classés, cette diversité peut être considérée comme très importante, comparativement au nombre de types décrits dans la littérature sur des échantillons plus importants.

Nous avons noté également une variabilité dans l'intensité de mycorrhization. Le maximum de mycorrhization a été observé durant les mois de mars à mai. Pendant la période estivale sèche, certains types mycorrhiziens se maintiennent, notamment *Cenococcum graniforme*. Ce caractère de résistance à des conditions sèches a été

reconnu chez ce champignon qui tolère en culture *in vitro* de faibles potentiels hydriques (Mousain, 1983).

L'inventaire de la microflore ectomycorhizienne et de la macroflore fongique est en cours, sur un plus grand nombre d'échantillons, en tenant compte des différents paramètres écologiques, afin d'élaborer une classification complète.

### **Inventaire de la Microflore Ectomycorhizienne des Plants de Pépinière**

#### **Plants élevés en pépinière sur substrat naturel non inoculé**

Les plants d'un an élevés sur une terre de chênaie ont montré un système racinaire abondamment mycorhizé par des mycorhizes "atypiques" caractérisées par l'absence de manteau et un réseau de Hartig très profond. Ces observations confirment celles de Boullard (1957) et de Marx (1979) (*in* Abourouh, 1983) qui signalent également l'absence d'ectomycorhizes typiques.

Les seules mycorhizes typiques ont été observées chez les plants âgés de deux et trois ans. Elles sont formées, soit par une mycorhizé blanche dont le manteau présente des ornements sous forme de cystides, soit par *Cenococcum geophilum*. D'ailleurs, cette espèce a été signalée par Abourouh (1990).

D'une manière générale, en pépinière, le complexe mycorhizien est constitué par un nombre limité d'espèces (Le Tacon et *al.*, 1985). El Abras décrit comme nous six types de mycorhizes sur des plants d'épicéa commun âgés de quatre ans.

#### **Plants élevés en pépinière sur substrat naturel inoculé avec une terre de cédraie**

Une étude du potentiel infectieux ectomycorhizien de la cédraie de Drâa-Inguel a révélé un potentiel très élevé (résultats inédits). Le transfert de ce potentiel à un substrat de pépinière par apport de 10% de terre de cédraie a permis d'obtenir des mycorhizes typiques sur des plants âgés de 6 mois. L'utilisation de la terre de cédraie pure ne se traduit pas par une augmentation du taux de mycorhizes ni par une plus grande diversité de types mycorhiziens.

#### **Plants élevés sous serre et inoculés avec des spores ou des cultures mycéliennes**

Les essais de synthèse en "conditions gnotoxéniques" ont donné des résultats très intéressants avec des cultures mycéliennes de différentes espèces fongiques: *Hebeloma cylindrosporum*, *H. crustuliniforme* (Hocine et *al.* 1991). *Cenococcum graniforme*, *Laccaria laccata*. Avec ce dernier champignon, des mycorhizes ont été obtenues deux mois après inoculation; six mois après, les fructifications du champignon sont apparues.

Nous avons noté aussi une stimulation de la croissance en hauteur des semis âgés de 12 mois. Cet effet bénéfique du champignon sur la croissance de la plante-hôte a été démontré par de nombreux auteurs, notamment Le Tacon (1991).

Lors de nos essais, nous avons eu des contaminations précoces par deux Basidiomycètes très compétitifs en serre: *Thelephora terrestris* et *Hebeloma mesophaeum*. *T. terrestris* s'est avéré un très bon symbiote du cèdre. En effet, les systèmes racinaires de plants âgés de 6 mois sont entièrement mycorhizés, alors que l'inoculation par culture mycélienne de ce même champignon réalisée par Ruehle et *al.* (1981) n'avait pas provoqué d'infection. Ces résultats montrent une fois de plus la supériorité de l'infection par spores.

Les inoculations par suspension sporale de *Tuber albidum*, truffe de peu de valeur gastronomique mais symbiote fréquent du cèdre en France et en Italie ont été

positives. Rappelons que des plants mycorhizés par *T. melanosporum* (Truffe du Périgord) et *T. uncinatum* (Truffe de Bourgogne), à partir de suspensions sporales, sont commercialisés en France, depuis plusieurs années et que des plants mycorhizés avec *T. albidum* sont en expérimentation dans le sud de la France (Mousaineta/., 1987).

Les résultats des essais réalisés en conditions gnotoxéniques sont très encourageants. Ils montrent qu'avec certaines espèces de champignons mycorhiziens, en tenant compte de la morphologie particulière du système racinaire du cèdre, la mycorhization contrôlée est tout à fait réalisable. Ces résultats inédits sont en cours de publication.

## CONCLUSION

Le cèdre de l'Atlas présente, en peuplements naturels, une abondante mycorhization caractérisée par une grande diversité de types d'ectomycorhizes, contrairement aux rares informations contenues dans la littérature.

De plus, les relevés mycologiques, pourtant réalisés sur un espace restreint, révèlent une grande richesse en espèces fongiques mycorhiziennes. Cette richesse a d'ailleurs été confirmée par l'étude du potentiel infectieux qui s'est avéré très élevé. Ainsi, en inoculant avec 10% seulement d'un sol naturel, nous obtenons des taux de mycorhization très élevés et la formation de mycorhizés typiques. Pourtant, les plants élevés en pépinière traditionnelle ne présentent, à un an, que des mycorhizés non structurés; à trois ans, deux types mycorhiziens seulement se sont formés.

Des synthèses réalisées avec des cultures mycorhiziennes et des suspensions sporales ont donné des résultats très satisfaisants. Ils prouvent que la mycorhization contrôlée du cèdre est parfaitement réalisable, dès lors que l'on prend en considération des particularités du système racinaire de cette essence.

## BIBLIOGRAPHIE

- Abourouh M., (1983). Essai de mycorhization en pépinière de *Cedrus atlantica* Manetti (cèdre de l'Atlas). Thèse de Doct. 3<sup>ème</sup> cycle. Ann. Rech. For du Maroc, 23, 93-328.
- Abourouh M., (1990). La particularité de la symbiose ectomycorhizienne chez *Cedrus Atlantica* Manetti. Symposium International du Cèdre, 22 au 27 octobre 1990, Antalya, Turquie, 136 - 142.
- Al abras K., (1988). La crise de transplantation chez l'épicéa commun. Analyse du comportement des mycorhizes. Thèse de Doct. 3<sup>ème</sup> cycle. Université de Nancy I, 159 p.
- Boudy P., (1950). *Economie forestière nord africaine*. Monographie et traitement des essences forestières, tome II, fascicule 2. Edition la Rose, Paris, 350 - 387.
- Boughedaoui L., (1984). Etude sur les mycorhizes du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill). Thèse de Master en Sciences Agronomiques, I.N.A, 79 p.
- Boullard B., (1957). Etude des mycorhizes dans le genre *Cedrus*. Première contribution. Bull. Soc. Mycol. France, 73: 225 - 244.
- Derridj A., (1985). Etude de l'écologie, de la régénération et des plantules du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). D.E.A., Université Paul Sabatier, Toulouse, 74 p.

- Derridj A., (1990). Etude des populations de *Cedrus atlantica* Manetti en Algérie. Doctorat d'écologie, Université Paul Sabatier, Toulouse, U.E.R des sciences de la terre, 288 p.
- Hocine H., Chevalier G., Perrin R. et Belarbi R., (1991). Les mycorhizes de *Cedrus atlantica* en forêt et en pépinière. C.R. Groupe de travail "application des mycorhizes", 10-11-12 octobre 1991, I.N.R.A. Bordeaux.
- Kadik B., (1973). Influence de la mycorhization sur la croissance de jeunes plants de *Pinus halepensis* Mill. Mémoire d'Ingénieur, I.N.R.A. d'El-Harrach (Alger), 45 p.
- Lebtahi M., (1981). Contribution à l'étude des mycorhizes du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Thèse de Docteur 3ème cycle, U.S.T.H.B., Alger, 76p.
- Le Poutre -B., (1961). Recherches sur les conditions édaphiques de la régénération des cédraies marocaines. Rapport 1957 - 1961. Ann. Rech For du Maroc, 6(2): 1-21.
- Le Poutre B., (1963). Premiers essais de synthèse sur le mécanisme de régénération du cèdre dans le moyen Atlas marocain. Ann. Rech. For du Maroc, 7: 1-20.
- Le Tacon F., (1978). La mycorhization contrôlée et ses possibilités d'application (les progrès réalisés aux U.S.A). Revue Forestière Française, 30: 353 - 362.
- Le Tacon F., Lamoure D., Guimberteau J. et Fiket C, (1985). Les symbiotes mycorhiziens de l'Epicea commun et du Douglas dans le Limousin. Compte-rendu ATP Mycorhizes, 21 - 22 mai 1985, I.N.R.A. Nancy, 1-4.
- Le Tacon F., (1982). Les perspectives de la maîtrise de la mycorhization en sylviculture *In V. Gianinazzi - Pearson et S. Gianinazzi: les mycorhizes: biologie et utilisation*, Paris, I.N.R.A., 13: 273 - 285.
- Le Tacon F., (1991). Les possibilités de mycorhization contrôlée en sylviculture tempérée. Forêt - Entreprise, 74: 29-41.
- Moussain D., (1983). La mycorhization *in vitro*: influence des facteurs nutritionnels et physiques sur l'établissement des ectomycorhizes. Bull. Soc. Fr., 130. Actualbot., 2: 41-46.
- Moussain D., Falconnet G., et Gruez J., (1986). Etude de la mycorhization contrôlée en pépinière avec *Cedrus atlantica*. Compte-rendu des travaux de l'année 1986, I.N.R.A. Montpellier - CEMAGREF Aix-en-Provence 9p.
- Moussain D., Falconnet G., Gruez J., Chevalier G., Tillard P., Bousquet N., Plassard C. et Cleyet-Maret J.C., (1987). Controlled ectomycorrhizal development of mediterranean forest seedlings in the nursery. First results and prospects. Proceedings of the 7th North American Conference on mycorrhizae, 3 - 8 May 1987, Gainesville (Florida, U.S.A.) Ed.D.M. Sylvia, L.L Hung and J.H. Graham, Gainesville, 129 p.
- Nedjahi A., (1990). La régénération du cèdre de l'Atlas en Algérie. Symposium International du cèdre, Antalya, Turquie, 22 - 27 octobre 1990, 974 - 989.
- Ruehle J.L., Marx D.H. and Abourouh M., (1981). development of *Pisolithus tinctorius* and *Thelephora terrestris* ectomycorrhizae on seedlings of coniferous trees important to Morocco. Ann. Rech. For du Maroc, 21: 281- 296.
- Theodorou C. and Bowen G.D., (1970). Mycorrhizal responses of radiata pine in experiments with different fungi. Austral. For, 34: 183 - 191.

مركز الأبحاث الغابوية  
ص.ب. 763 أكدال - الرباط

**STATION DE RECHERCHES FORESTIERES**  
**B.P. 763, AGDAL - RABAT**