

## نتائج التجدد الطبيعي لأشجار الأرز داخل القطع المسيجة بالأطلس المتوسط (المغرب)

م. الزاهري، ب. بلغازي وم. باحماد

المدرسة الوطنية الغابوية للمهندسين

سلا - المغرب

استعملت في مقارنة دراسة التجدد الطبيعي لغابات الأرز بالأطلس المتوسط طرق المعاينة المطابقة مع أخذ جميع المواقع حيث يلتقي النوع بعين الاعتبار فاعتمادا على ٧١ ساحة صغيرة للملاحظة تغطي القطع المسيجة، أثبت التحليل العاملي للمراسلات ثلاثة أوساط مختلفة للتجدد الطبيعي وهذه هي العوامل المسؤولة على ذلك: الثوابت المناخية، النحيزة، عمق التربة وبنية النباتات.

# BILAN DE LA REGENERATION NATURELLE DE LA CEDRAIE DANS LES PARCELLES CLOTUREE DU MOYEN ATLAS, MAROC

EZZAHIRI M.\* BELGHAZI B.\*\* et BAHMAD M.\*\*\*

\* Professeur à l'E.N.F.I., Salé, Maroc.

\*\* Maître de conférence à l'E.N.F.I., Salé, Maroc.

\*\*\* Ingénieur des Eaux et Forêts à la D.R.E.F.S., Maroc.

**Résumé** - L'étude de la régénération naturelle de la cédraie du Moyen Atlas a utilisé dans son approche les méthodes d'échantillonnage stratifié prenant en compte toutes les situations où se rencontre l'essence. A partir de 71 placettes d'observations couvrant les parcelles clôturées, l'analyse factorielle des correspondances a mis en évidence trois milieux différents pour la régénération naturelle. Les facteurs responsables de celle ci sont: les paramètres climatiques, le substrat, la profondeur du sol et la structure de la végétation.

**Cèdre / Moyen Atlas / Parcelles clôturées / Echantillonnage stratifié / Analyse numérique / Régénération naturelle.**

**Summary** - In the study of natural regeneration of Middle Atlas cedar forest, we used the stratified sampling taking into account all the situations where the species was encountered. Using 71 observation plots from fenced parcels, correspondence factorial analysis showed three different types of natural regeneration media. The responsible discriminating factors are: climatic parameters, substrat, soil depth and vegetation structure.

**Cedar / Middle Atlas / Fenced parcels / Stratified sampling / Numerical analysis / Natural regeneration.**

## INTRODUCTION

Actuellement, les forêts de cèdre connaissent une régression continue. L'absence des semis et la présence des vides et des clairières sont les indicateurs de cette régression.

L'équilibre de la forêt devient extrêmement fragile, et il est même rompu dans certaines localités. Ce phénomène a entraîné la perturbation de plusieurs mécanismes d'ordre physiologique et biologique et plus particulièrement celui de la régénération naturelle.

L'étude de cette régénération n'a été entreprise que tardivement. On peut citer les travaux de Marion (1954); Lepoutre (1963 et 1964); Lepoutre et Pujos (1964); Pujos (1966); Baha (1985) et Ezzahiri (1989) auxquels s'ajoutent les aménagements forestiers qui se sont succédés depuis 1940. A la lumière de ces travaux, il ressort qu'en plus des descripteurs liés à la station et ceux du peuplement, l'impact humain reste sans conteste dans tous les milieux un obstacle majeur à la régénération du cèdre et au maintien même des peuplements.

Dans se sens, nous avons entrepris l'étude de la régénération du cèdre dans des parcelles clôturées ou le facteur anthropique est en principe éliminé pour établir un bilan et déterminer les paramètres responsables de cette régénération.

## **PRESENTATION DE LA ZONE**

La zone d'étude fait partie du Moyen Atlas. Elle regroupe les parcelles clôturées d'Ajdir et de Ouiuane qui appartiennent au Moyen Atlas central et celles d'Itzer du Moyen Atlas plissé.

La superficie des placettes clôturée qui a fait l'objet de cette étude est de 2306 ha répartie comme suit: 1372 ha à Ouiuane, 854 ha à Ajdir et 80 hectares à Itzer. Ces parcelles sont assises sur des faciès lithologiques notamment les substrats carbonates représentés par les calcaires et les dolomies du lias moyen et le basalte du quaternaire. Les cuvettes et les dépressions sont colmatées par des argiles rouges de décalcification et constituent des milieux défavorables au développement de la cédraie.

L'étude climatique de cette région montre que les stations de Ouiuane et d'Ajdir sont les plus arrosées en raison des perturbations océaniques et enregistrent une moyenne annuelle de 1000 mm. La station d'Itzer, située à l'est enregistre une valeur annuelle plus faible de l'ordre de 374mm (Mimoun, 1992).

Les synthèses bioclimatiques mettent en évidence l'originalité du climat qui est typiquement méditerranéen. On note l'existence d'un gradient pluviométrique décroissant de l'ouest vers l'est et d'une période de sécheresse estivale bien marquée qui peut durer jusqu'à cinq mois.

Le secteur occidental qui regroupe les parcelles de Ouiuane et d'Ajdir appartient au bioclimat humide à variante froide et l'autre oriental qui correspond à la cédraie d'Itzer fait partie du semi-aride supérieur à variante fraîche.

## **STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE ET METHODE D'ANALYSE**

### **Echantillonnage**

Le Moyen Atlas présente un relief tourmenté. C'est une zone qui offre plusieurs ensembles bioclimatiques et faciès lithologiques. Pour mener notre recherche dans une région aussi hétérogène du point de vue écologique, nous avons opté pour un échantillonnage stratifié. Ce type d'échantillonnage est un moyen très efficace pour étudier ces milieux comme l'ont recommandé plusieurs auteurs en particulier Godron (1971 et 1976); Godron et Daget (1982) et Frontier (1983). Trois types de stratificateurs ont été retenus: la nature du substrat, le type de peuplement et la continentalité. Au niveau de chaque strate, les relevés ont été répartis systématiquement selon une allocation proportionnelle. Au total, 71 placettes de 10m de rayon ont été échantillonnées.

### **Méthode d'étude**

#### ***Méthode d'analyse et d'interprétation***

Pour le traitement des données, nous avons utilisé l'analyse factorielle des correspondances (AFC). C'est une approche objective employée au Maroc par plusieurs chercheurs en particuliers M'hirit (1982) et Ezzahiri (1989) pour étudier respectivement la dynamique de la cédraie du Rif et celle du Moyen Atlas tabulaire.

L'interprétation des résultats de cette méthode repose essentiellement sur:

- Les valeurs propres qui correspondent à l'inertie du nuage de points le long des axes.
- Les contributions absolues (CTR) qui expriment la contribution d'un point dans la constitution d'un axe et les contributions relatives (COR) qui expriment la contribution de l'axe dans l'explication de la dispersion d'un point.

- La répartition des points au niveau des axes.

### ***Méthode d'investigation sur le terrain***

Au niveau de chaque placette ont été collectés les descripteurs suivants:

- Les variables topoclimatiques représentées par l'altitude, l'exposition, la position topographique et la pente.
- Les descripteurs édaphiques: les sols du Moyen Atlas dépendent essentiellement de la roche mère (Pujos, 1966). Nous avons ainsi retenu la nature de la roche mère, la profondeur du sol, l'épaisseur et la nature de l'humus (décomposée ou non décomposée).
- La structure de la végétation qui donne une idée sur les potentialités stationnelles et sur l'évolution du peuplement forestier. Elle correspond au recouvrement du sol par les strates arborescente, arbustive et herbacée.
- Les groupements végétaux: L'analyse de la végétation par la méthode numérique a mis au préalable quatre groupements végétaux (Mimoun, 1992). Les facteurs responsables de cette diversité sont le bioclimat, le substrat et dans certains cas la dégradation. Au niveau de chaque communauté végétale a été étudié le processus de la régénération. Dans ce cas, chaque groupement végétal a été considéré comme une entité pouvant intervenir directement sur la régénération naturelle du cèdre.
- La consistance des peuplements: il s'agit ici du recouvrement du cèdre et celui du chêne vert.
- Les données sur la régénération du cèdre: pour mieux cerner les problèmes relatifs à l'évolution spatio-temporelle des jeunes plants, nous avons pratiqué au niveau de chaque placette échantillon des comptages suivant trois classes: les semis d'un an, les semis de 2 à 5 ans et les semis de 6 à 10 ans. Cette subdivision a été adoptée en considérant que les semis de 1 an pourraient faire l'objet d'une diminution de leurs effectifs voire entièrement éliminés. En effet, cette catégorie subit la concurrence surtout de la part de la strate herbacée tant pour la lumière que pour l'eau et la nutrition minérale. Pour la classe 2 à 5 ans, les semis se présentent encore à l'état plus ou moins herbacé; certains sujets dont les tiges et les rameaux sont lignifiés, sont moins soumis à la concurrence de la végétation. Enfin, les semis qui dépassent 6 ans ont de fortes chances de subsister. On signale aussi que la fourchette de 10 ans qui a été retenue correspond à la date d'installation des premières clôtures.
- Biologie et écologie de la fructification: interviennent aussi dans les stratégies de colonisation spatiale du cèdre les facteurs tels que la fructification liée à la biologie de cette essence, en effet la fructification a été prise en compte dans chacune des placettes en se référant à des critères qualitatifs facilement repérables (fructification nulle, faible, moyenne, abondante ou très abondante).

Les données de base sont constituées par une matrice à double entrée où les relevés sont disposés en colonnes et les variables en ligne.

## **RESULTATS ET DISCUSSION**

### **Interprétation des axes**

Pour faciliter l'interprétation des axes, nous avons retenu les modalités qui ont des contributions absolues supérieures au double de la contribution moyenne (M'hirit, 1982; Ezzahiri, 1989).

L'examen du tableau des contributions des différentes variables relatives au premier axe permet de dégager deux lots. Le premier se situe sur le pôle négatif, il regroupe les relevés échantillonnés sur substrat basaltique où le nombre de semis de différentes classes d'âge est très important. Du côté positif de l'axe, sont regroupés les relevés du substrat carbonaté où la régénération est moyenne à faible. Le premier axe peut être considéré comme un axe qui indique le substrat.

Au niveau de l'axe 2 les modalités ayant les fortes contributions absolues sont celles des recouvrements. Cet axe explique la relation qui existe entre le recouvrement des différentes strates et la régénération.

L'axe 3 est lié aux paramètres stationnels, il est interprété comme axe topoclimatique.

### **Caractérisation des différents milieux de régénération**

Trois ensembles représentant les différents milieux de régénération ont été mise en évidence (voir figure 1).

#### ***Milieu de régénération 1***

Ce milieu regroupe les placettes inventoriées dans la cédraie d'Itzer où les effectifs de semis de 1 an dépassent 400 plants à l'hectare, les semis de 2 à 5 ans dépassent 260 plants à l'hectare et ceux de 6 à 10 ans dépassent 180 plants à l'hectare.

Ces résultats ont été obtenus dans des endroits caractérisés par un sol profond sur basalte où les racines des jeunes plants arrivent à coloniser les horizons profonds humides et à profiter de la réserve en eau utile du sol.

Du point de vue écologique, cet ensemble se situe dans l'expositions nord ouest à une altitude comprise entre 1900 à 2100 mètres.

La fructification qui est un facteur majeur généralement en haute altitude est très abondante. Ce milieu est caractérisé par un recouvrement moyen de la strate arborée. Le recouvrement des strates arbustives et herbacées est faible. Dans ces milieux, les peuplements sont constitués par de jeunes cèdres, des adultes et de rares semenciers qui sont répartis de manière à assurer l'ensemencement des parcelles.

Le cortège floristique présent caractérise un groupement végétal à *Cedrus atlantica*, *Helianthemum croceum* et *Marrubium fontianum*.

Il faut souligner ici, que les caractéristiques du sol (texture, structure et profondeur), l'influence océanique, le recouvrement moyen et l'abondance de la fructification sont les éléments déterminants du renouvellement du cèdre dans ces milieux.

#### ***Milieu de régénération 2***

Ce milieu regroupe les relevés effectués dans la série de Ouiuane. Bien que cette partie de la cédraie de Sidi Mguild reçoit une tranche pluviométrique de l'ordre de 1000mm, la régénération est moins importante que celle de la cédraie d'Itzer. Elle est abondante surtout dans des situations particulières notamment dans les expositions ouest et nord ouest et sous le taillis de chêne vert qui crée une ambiance favorable pour les semis de l'année. La fructification dans ces localités est moyenne. A signaler aussi que sous la futaie du chêne vert, se développe une importante litière plus au moins décomposée qui empêche le maintien en place des semis germes. Du point de vue écologique, cette série se situe entre 1700 à 1900 mètres d'altitude et se développe sur un substrat de type calcaro-dolomitique. Le cortège floristique inventorié est composé de

*Hedera helix*, *Jlex aquifolium*, *Rubus ulmifolius* et *Quercus canariensis*, espèces caractéristiques de milieu plus au moins conservé et une ambiance bioclimatique humide.

### **Milieu de régénération 3**

Ce milieu correspond aux relevés effectués dans la cédraie d'Ajdir où la régénération est faible ou même absente dans la plupart des cas. Les difficultés de la régénération surtout liées au faible recouvrement des différentes strates, à l'orientation des versants (Est et Sud), aux conditions édaphiques défavorables (substrat calcaire compact) et au manque de fructification. Les espèces caractéristiques de ce milieu sont représentées par *Cedrus atlantica*, *Quercus rotundifolia*, *Peonia maroccana* et *Rubus ulmifolius*.

### **CONCLUSION**

L'étude de la régénération naturelle par l'analyse multidimensionnelle a permis de dégager trois milieux de régénération et a mis en évidence la dépendance de la régénération de certains paramètres liés à la station et au peuplement: paramètres climatiques, nature du substrat, profondeur du sol et structure de la végétation.

Du point de vue climatique, le cèdre se renouvelle dans des microstations qui bénéficient d'apport important de précipitations et d'une océanité qui améliore le bilan hydrique et atténue la continentalité. Ce phénomène a été observé surtout au niveau de la parcelle d'Itzer où la régénération est très abondante dans les expositions ouest qui profitent de ces perturbations océaniques.

<b>F<sub>2</sub></b>	
<p><b>Ensemble de régénération 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Substrat basaltique</li> <li>-Sol profond</li> <li>-Altitude: 1900-2100m</li> <li>-Exposition Ouest</li> <li>-Recouvrement moyen</li> <li>-Fructification abondante</li> <li>-Groupement végétal (G<sub>1</sub>) <ul style="list-style-type: none"> <li>-Cedrus atlantica</li> <li>(G<sub>1</sub>)-Bupleurum montanum</li> <li>-Acer monspessulanum</li> <li>-Rosa canina</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Ensemble de régénération 3</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Substrat calcaire compact</li> <li>-Sol superficiel</li> <li>-Altitude 1800-1900</li> <li>-Toutes les expositions</li> <li>-Recouvrement faible</li> <li>-Fructification faible</li> <li>-Groupement végétal (G<sub>4</sub>) <ul style="list-style-type: none"> <li>-Cedrus atlantica</li> <li>(G<sub>4</sub>)-Quercus rotundifolia</li> <li>-Paeonia corallina</li> </ul> </li> </ul>
<b>F<sub>1</sub></b>	
	<p><b>Ensemble de régénération 2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Substrat: calcaire-dolomie</li> <li>-Sol moyennement profond</li> <li>-Altitude: 1700-1900</li> <li>-Toutes les expositions</li> <li>-Recouvrement moyen</li> <li>-litière importante mal décomposée</li> <li>-Fructification moyenne</li> <li>-Groupements végétaux ( G<sub>2</sub> et G<sub>3</sub> ) <ul style="list-style-type: none"> <li>-Cedrus atlantica</li> <li>G<sub>2</sub>)-Bupleurum montanum</li> <li>-Acer monspessulanum</li> <li>-Rosa canina</li> <li>-Cedrus atlantica</li> <li>G<sub>3</sub>)-Quercus rotundifolia</li> <li>-Quercus canariensis</li> </ul> </li> </ul>

**Figure 1: Les grands traits de chaque ensemble de régénération**

Les facteurs édaphiques comme la nature du substrat, la texture et la profondeur jouent un rôle déterminant dans le renouvellement du cèdre. Les milieux favorables à la régénération naturelle sont les sols basaltiques profonds. En effet, les jeunes cèdres trouvent de l'espace pour s'installer et peuvent utiliser par une bonne pénétration des racines et durant la période estivale, l'eau emmagasinée dans les horizons profonds du sol. Sur substrat carbonaté superficiel, les jeunes plants n'arrivent pas à dépasser le cap de l'été et se dessèchent rapidement.

Bien que la régénération naturelle soit abondante dans certaines localités, il faut signaler tout de même que la structure actuelle du peuplement ne permet pas dans la plupart des cas au cèdre de se régénérer. Le cortège floristique déjà inventorié est constitué essentiellement par des espèces épineuses et des therophytes liées à la dégradation et au surpâturage. Il en résulte une situation caractérisée par des changements au niveau de la station et l'équilibre de l'écosystème (strates

arborescente, arbustive et herbacée) qui devrait être en place a été rompu. Il faut signaler aussi que la densité du cèdre dans certaines placettes ne permet pas dans l'état actuel à cette essence de se renouveler. On ne trouve que de vieux individus dépérissants très dispersés, ce qui limite les possibilités de dissémination.

## BIBLIOGRAPHIE

- Baha S., (1981). Contribution à l'étude de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas dans la région du Khénifra (Moyen Atlas Central, Maroc). Mémoire de 3<sup>è</sup>rae cycle agronomie. INAV. 120p.
- Ezzahiri M., (1982). Application de l'analyse numérique à l'étude phytoécologique et sylvicole de la cédraie du Moyen Atlas tabulaire: L'exemple de la cédraie de Sidi M'guild. Thèse de Doctorat Es-sciences. INAV. 163p.
- Godron M., (1966). Essai d'application de quelques éléments simples de la théorie de l'information à l'étude de la structure et de l'homogénéité de la végétation. Thèse Doct-Ing. USTL., Montpellier. 67p.
- Godron M., (1971). Essai sur une approche probabiliste de l'écologie des végétaux. Thèse d'Etat, U.S.T.L., Montpellier. 247p.
- Godron M., (1976). Les échantillonnages phytoécologiques. Notes n°8. C.N.R.S.-C.E.P.E. Louis Emberger, Ronéo. 23p.
- Lepoutre B., (1963). Recherche sur les conditions édaphiques de régénération des cédraies marocaines. T (6). Ann. Rech. For. au Maroc. Rapport 1957-1961, fasc. 2, SRF. Rabat.
- Lepoutre B., Pujos A., (1964). Suite d'observations sur la régénération du cèdre par taches. Ann. Rech. For. au Maroc. T (7): 1-20.
- Marion J., (1954). La régénération naturelle dans les cédraies du rebord septentrional du Moyen Atlas occidental calcaire. Ann. Rech. For. au Maroc. 4(1): 105-127.
- M'herit O., (1982). Etude écologique et forestière des cédraies du Rif marocain: Essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de la productivité du cèdre. Thèse Doct. es-sciences, Univ. Dr Eco. Sci. Aix-Marseille. 436p.
- Mimoun B., (1992). Contribution à l'étude de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans les parcelles clôturées (cas du Moyen Atlas). Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle, E.N.F.I., Salé. 111p.
- Pujos A., (1966). Les milieux de la cédraie marocaine. Etude d'une classification des cédraies du Moyen-Atlas et de la régénération actuelle dans les peuplements. Ann. Rech. For. T (8): 1-323 + cartes.



## أثر التوسيع فيما بين الأشجار ضمن تجدد طبيعي مختلط بين أرز وصنوبر أسود

برنارد كوهرت ١، فيليب دريفوس ٢

١- المكتب الوطني للغابات

أفينيون - فرنسا

٢- المعهد الوطني للبحث الزراعي

أفينيون - فرنسا

أقيمت تجربة بالتجمع الغابوي ببودوان (فوكلوس) من طرف المكتب الوطني الفرنسي للغابات (الشعبة التقنية الجوية لأفينيون) والمعهد الوطني الفرنسي للبحث الزراعي (مختبر الأبحاث الغابوية لحوض البحر المتوسط) بموقع مختلط عمره ١٥ سنة فيه الصنوبر النمساوي الأسود وأرز الأطلس. وقد تمت مراقبة هذا الموقع منذ تجده الطبيعي وتتم دراسة التوسيع قبل التجاري وأثر معدل الاختلاط بعد التوسيع على النمو القطري والارتفاعي لكلا النوعين من أجل تقييم إمكان نمو الأرز في موقع مختلط من هذا النوع.

وبعد ثلاث سنوات، لم ينجم عن التوسيع قبل التجاري الشديد، رغم كونه حدث متأخراً، أي ضرر بالغ (كالموت، الرياح القوية، هجومات الحشرات) بل زاد في النمو القطري في السنة الأولى وبصفة أكثر وضوحاً في السنتين الثانية والثالثة. وكانت استجابة الصنوبر الأسود لهذا التوسيع أفضل من استجابة الأرز. كما لم يؤثر معدل الاختلاط بعد التوسيع على النمو القطري لكل من النوعين.

# EFFET DU DEPRESSAGE DANS UNE REGENERATION NATURELLE MIXTE DE CEDRE ET PIN NOIR

**BERNARD O et PHILIPPE D.\*\***

*\* Ingénieur de la Section Technique Interrégionale Méditerranée de l'Office  
National des Forêts 1175 Chemin du Lavarin - F. 84000 Avignon*

*\*\* Chargé de Recherches au Laboratoire de Recherches Forestières  
Méditerranéennes de l'Institut National de la Recherche  
Agronomique Avenue Vivaldi - F. 84000 Avignon*

**Résumé** - Une expérience a été menée dans la communauté forestière de Bedoin (Vaucluse par l'Office Français National des Forêts (section technique interrégionale (d'AVIGNON) et l'Institut National de la Recherche Agronomique de France (Laboratoire de recherches Forestières Méditerranéennes) dans un peuplement mélangé de Pin noir d'Autriche et de cèdre de l'Atlas âgés de 15 ans. Ce peuplement a été surveillé depuis sa régénération naturelle. L'impact de l'éclaircie pré-commerciale et du taux de mélange après éclaircie sur la croissance du diamètre et de la hauteur des deux espèces est étudié pour évaluer la faisabilité d'une promotion du cèdre dans un peuplement ainsi changé.

Après trois ans, et malgré qu'elle ait été quelque peu retardée, l'importante éclaircie commerciale n'a induit aucun dommage important (tels que la mort, attaques d'insectes, chutes dues au vent) mais a augmenté la croissance du diamètre même dans la première année et beaucoup plus clairement durant la deuxième et troisième année. La réaction du Pin noir à cette éclaircie est meilleure que celle du cèdre. La proportion de mélange après éclaircie n'a pas influencé la croissance du diamètre de chaque espèce.

**Cèdre de l'Atlas / Pin noir d'Autriche / éclaircie / régénération mixte / taux de mélange.**

**Summary** - An experiment was established in the community forest of Bedoin (Vaucluse) by the french office National des Forêts (Section Technique Interrégional d'AVIGNON) and the french Institut National de la Recherche Agronomique (mediterranean forestry research laboratory) in a mixed 15-year old Austrian black pine - Atlas cedar stand, this stand has been surveyed since natural regeneration. Impact of precommercial thinning and of mixture rate after thinning on diameter and the height growth of both species is studied in order to evaluate feasibility of promoting cedar in such a mixed stand.

After three years, the vigorous despite slightly late precommercial thinning did not induce any heavy damage (such as death, windfalls, insect attacks) but increased diameter growth even in the first year and more and more clearly in the second and third years. Black pine reaction to this thinning is better than cedar reaction. Mixture rate after thinning did not influence diameter growth of each species.

***Cedrus atlantica / Pinus nigra nigricanq / Precommercial thinning / Mixed natural regeneration / Mixture rate.***

## **INTRODUCTION**

Le suivi de la régénération naturelle mixte de cèdre et pin noir de la parcelle 20 de la forêt communale de Bedoin (Mont Ventoux-Vaucluse) depuis son origine par l'Institut National de la Recherche Agronomique INRA (Toth, 1987) et l'inventaire initial

réalisé en 1988, ont permis de confirmer ce que suggérait l'aspect respectif des deux essences: dans cette régénération naturelle mixte à dominante pin noir, celui-ci prend lentement le dessus sur le cèdre (diminution légère mais régulière des pourcentages de cèdre en nombre).

La qualité comparée du cèdre de l'Atlas et du pin noir conduisit donc à se poser la question de la possibilité de profiter d'un dépressement nécessaire (forte densité) pour rééquilibrer au profit du cèdre la composition de la régénération.

Corrélativement les effets de l'intensité du dépressement sur la croissance en circonférence et en hauteur des semis de pins noirs pur étant connus (Dreyfus, 1988), il est apparu intéressant d'étudier l'effet du dépressement sur la croissance en circonférence et hauteur des cèdres et pins noirs en mélange en fonction de la composition du mélange après dépressement.

Enfin la volonté d'installer sur un même site expérimental un dispositif conciliant l'étude de peuplements plus démonstratif pour le gestionnaire et l'objectif scientifique de l'INRA de quantification de la compétition interindividuelle et interspécifique a conduit à choisir un dispositif expérimental relativement simple avec parcelles unitaires suivi par l'Office National des Forêts O.N.F, dans lequel la forme et les dimensions du houppier de nombreuses tiges échantillons seront suivies par l'Institut de la Recherche Agronomique (Ph. DREYFUS).

## **LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL**

### **La station et le peuplement initial**

La parcelle 20 de la forêt communale de Bedoin est située sur le versant sud du Mont Ventoux, à une altitude de 920 m, en exposition sud-Ouest. Elle appartient à la petite région naturelle N° 128 de la région méditerranéenne française (sud Ventoux-Monts de Vaucluse) définie par le CEMAGREF (Guide Technique du Forestier Méditerranéen Français-chapitre 2, 1992).

Le climat est caractérisé par une pluviométrie totale faible ( $P_{tot} = 900$  mm) avec une pluie estivale également faible ( $P_{été} = 180$  mm) le rattachant au type pluviométrique N° 6 (CEMAGREF 1992) et par des températures assez chaudes ( $T_{moy} = 13,8^{\circ}C$ ,  $m = -1^{\circ}C$ ,  $M = 23,9^{\circ}C$ ) correspondant au type thermique n°3. Dans le climagramme d'Emberger il correspond au bioclimat méditerranéen humide à hivers froids ( $Q = 127$ ,  $m = -1^{\circ}C$ ). Il n'y a aucun mois sec au sens de Gaussen ( $P < 2 T$ ) et l'indice de sécheresse estivale d'Emberger  $I = P_{été} / M = 7,5$  le situe à la limite du caractère méditerranéen au sens large ( $I < 7$ ).

Le sol développé sur un colluvium calcaire est carbonaté, à forte charge grossière (> 50 %). La terre fine est humifère et de structure grumeleuse, et la texture est limono-argileuse.

La station est située dans l'étage supraméditerranéen-série du chêne pubescent.

Le peuplement initial en fin 1988 était une régénération naturelle dense (10 000 tiges/ha) et mixte de pin noir (69 %) et cèdre (30 %) avec quelques pins sylvestres, âgée de 15 ans, installée au printemps 1974 après incendie d'une futaie adulte mixte (Juillet 1973). La hauteur dominante de la régénération était de l'ordre de 5 m.. Le pin noir se développait vigoureusement au détriment du cèdre: diminution du pourcentage de cèdre de 1978 et 1988, pin noir en moyenne plus gros que le cèdre ( $C_{moy} = 13,7$  cm contre  $C_{moy} = 7,3$  cm pour le cèdre) et légèrement plus grand.

## Le dispositif proprement dit

Les facteurs étudiés sont au nombre de 2:

- **Facteur 1** = Densité après dépressage à 2 modalités
  - . Témoin non dépressé
  - . Dépressage à 1.600 tiges/ha soit un espacement moyen de 2,50 m avec une tolérance de  $\pm 30$  % (entre 1,75 m et 3,25 m)
- **Facteur 2** = Composition du mélange après dépressage à 2 modalités.
  - . mélange à dominante cèdre: cèdre (2/3) pin (1/3)
  - . mélange à dominante pin: pin (2/3) cèdre (1/3)

Les unités expérimentales sont des parcelles unitaires de 6 ares, entourées d'une bande d'isolement de 4,50 m de large seulement en limite des parcelles dépressées et des parcelles témoins (voir plan dispositif: figure 1).

Le nombre de traitements testés est de 3:

- Témoin non dépressé = TEM
- Dépressage à 1600 tiges/ha à dominante cèdre = DEP.CED
- Dépressage à 1600 tiges/ha à dominante pin = DEP.PIN

Les 3 traitements sont répétés 2 fois. Ces répétitions sont organisées en deux blocs complets destinés à contrôler la densité initiale avant dépressage (bloc 1 plus dense N = 11.300 tiges/ha et légèrement plus haut que le bloc 2, N = 8750 tiges/ha).

Les variables de jugement sont au nombre de trois:

- Evolution de la stabilité et de la mortalité de chaque essence.
- Croissance en circonférence.
- Croissance en hauteur de chaque essence.

**Tableau 1 (a): Etat initial des 6 parcelles**

PARCELLES	AVANT DEPRESSAGE							
	Densité N/ha	% en effectif		Cire.moyenne (cm)			H.dom. (cm)	
		Cèdre	Pin N	Cèdre	Pin N	Ttesess	Cèdre	Pin N
TEMOIN	10 720	19.9	80,1	6,8	12,8	11,6	4,27	4,60
DEP.CED	11 900	44.7	54,1	7,8	13,0	10,7	4,71	4,09
DEP.PIN	11 320	30.5	69,9	7,6	13,7	11,9	4,57	5,05
MOYENNE BLOC 1	11 310	32,1	67,2	7,4	13,2	11,4	4,52	4,58
TEMOIN	7 530	14,8	80,3	6,9	14,9	13,7	3,90	4,58
DEP.CED	9 080	32,1	65,9	8,6	14,2	12,5	4,76	4,46
DEP.PIN	9 630	32,5	65,7	5,5	13,8	11,2	4,21	4,31
MOYENNE BLOC 2	8 750	27,3	70,0	7,0	14,3	12,4	4,29	4,454

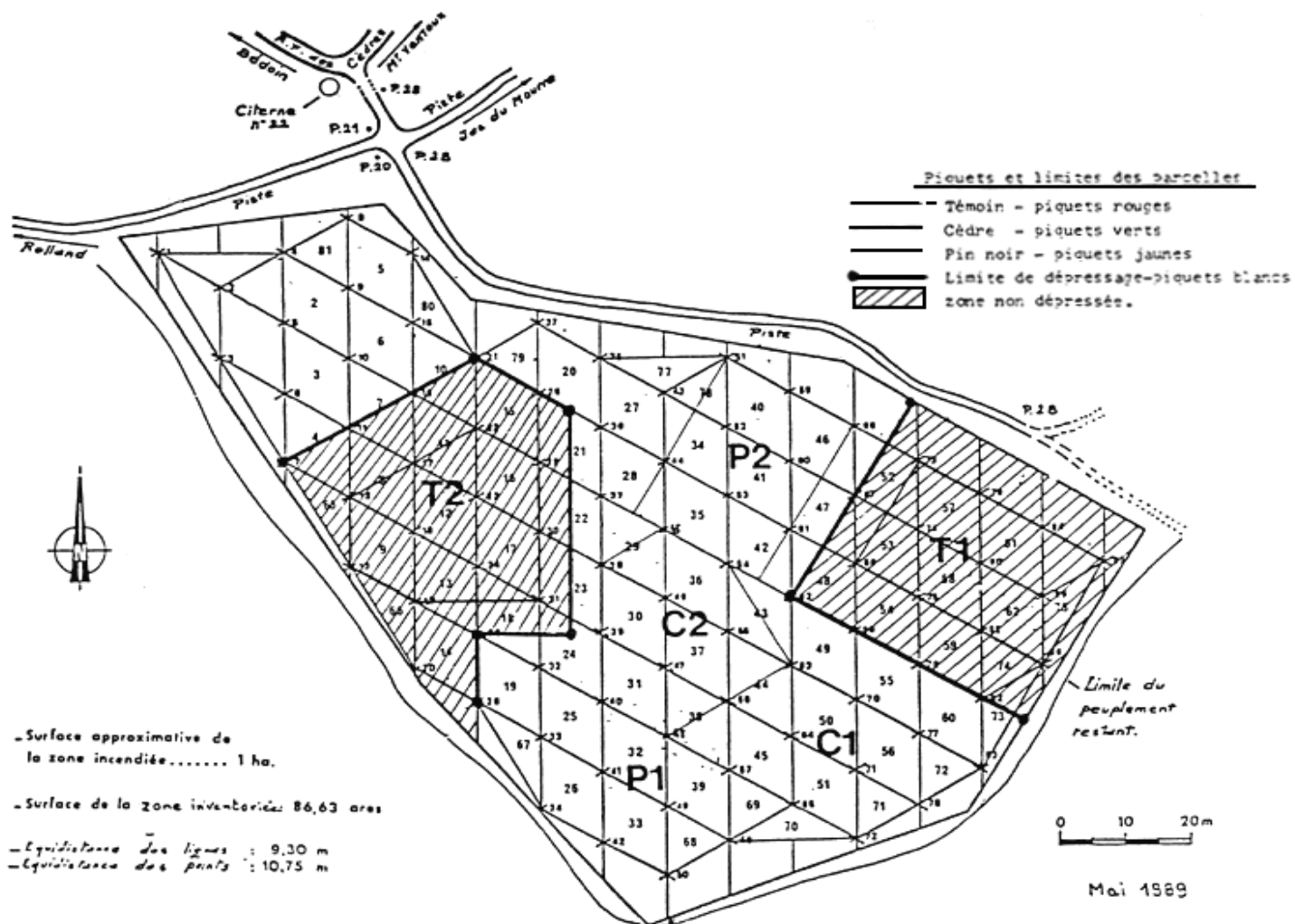


Figure 1: Dispositif AR 88 21.8, Dépressage dans une régénération naturelle mélangée, de pins noirs et de cèdre de l'Atlas, âgée de 15 ans. F.C. de BEDOIN - Série des cèdres - parcelles 20.

**Tableau 1 (b): Etat des 6 parcelles après dépressage**

PARCELLES	APRES DEPRESSAGE						
	Densité N/ha	% en effectif		Cire.moyenne (cm)			Fact.moy.élanc. H/D
		Cèdre	PinN	Cèdre	PinN	Ttesess	
TEMOIN	10 720	19.9	80,1	6,8	12,8	11,6	79
DEP.CED	1 600	65,6	34,4	12,4	17,6	14,2	82
DEP.PIN	1 617	34	66	11,9	18.2	16,1	76
MOYENNE BLOC 1	-	-	-	-		-	-
TEMOIN	7 530	14,8	80,3	6.9	14,9	13,7	68
DEP.CED	1 600	64,6	35.4	12.7	18.8	14,8	79
DEP.PIN	1 600	34.4	65.6	9.4	18.2	15,2	72
MOYENNE BLOC 2	-	-	-	-	-	-	-

Les croissances en hauteur et en circonférence sont mesurées sur un échantillon mixte de 96 arbres par parcelles, composé de deux sous-échantillons (un par espèce). Cet échantillon comprend toutes les tiges dans les parcelles dépressées et 96 tiges, désignées de la même façon que dans le dépressage, pour les parcelles témoins.

Le dépressage et l'état initial avant et après dépressage ont été réalisés en Mars-Avril 1989. Les circonférences ont été mesurées pendant quatre années: après 1 an (Mars 1990), après 2 ans (Mars 1991), après 3 ans (Avril 1992) après 4 ans (Avril 1992). Les hauteurs ne seront mesurées qu'après 5 ans.

### RESULTATS APRES 4 ANS

L'état initial avant et après le dépressage de chacune des 6 parcelles est résumé dans le tableau 1.

### L'évolution de la stabilité et de la survie

La période du dépressage ayant été très mal choisie, une attaque de scolyte (*ips sexdentatus*) un mois après a provoqué la mort de 19 tiges de pins noirs réparties sur les 4 parcelles dépressées. L'attaque a été endiguée immédiatement par un traitement des rémanents et des tiges attaquées. Les dégâts sont donc limités et supportables (10 % des pins dépressés).

Le 17 avril 1989, soit trois jours après le dépressage, un mistral violent suivant une chute de neige lourde a provoqué le renversement de 5 cèdres situés dans les parcelles dépressées.

L'examen de leur système racinaire montre qu'ils avaient tous un défaut très grave d'enracinement. Les dégâts sont insignifiants (2,6 % descèdres dépressées).

Aucune mortalité nouvelle ne s'est manifestée ultérieurement.

### Croissance moyenne en circonférence des échantillons

Compte tenu des différences initiales de circonférence moyenne des cèdres et des pins, ainsi que de leur proportion différente dans chaque traitement par définition même de ceux-ci (dépressage à dominante PIN ou dépressage à dominante CEDRE), il y a lieu d'étudier séparément les deux sous-échantillons de cèdre et de pin noir.

Les figures 2 (a) et 2 (b) visualisent l'évolution en cours des 4 années de la circonférence moyenne de chaque parcelle unitaire.

Le tableau 2 récapitule ces résultats par traitement, avec les principaux résultats des analyses de variances ou de covariances et du test de Newman-Keuls au seuil de 5 %.

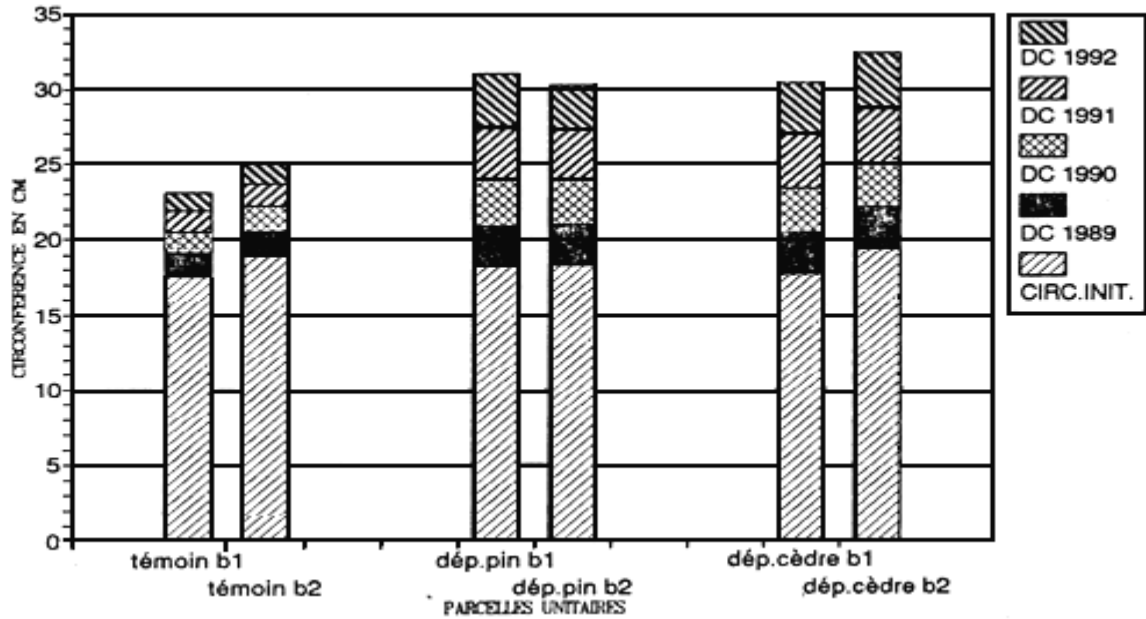


Figure 2 (a): Evolution de la circonférence moyenne pour les sous-échantillons Pin noir.

EVOLUTION DE LA CIRCONFERENCE MOYENNE  
POUR LES SOUS-ECHANTILLONS CEDRE

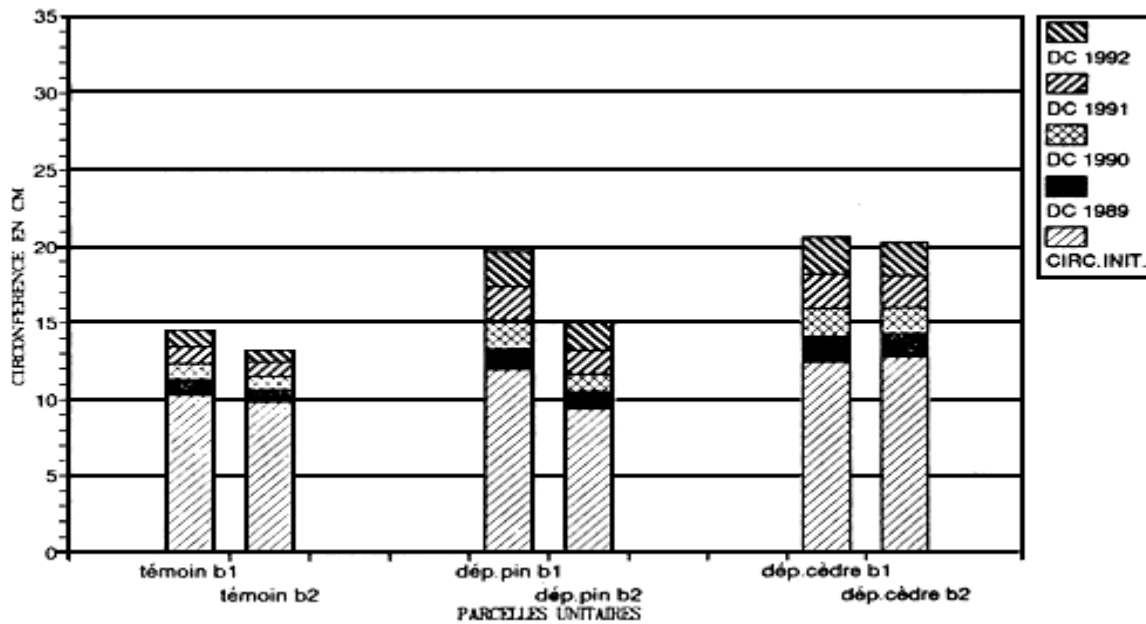


Figure 2 (b):

**Tableau 2: Evolution des circonférences moyennes sur 3 ans**

Moyenne par modalité	Sous-échantillon Pin					
	Circonf. Initiale (cm)	Accroiss.moyen circonférence (cm)				
		1ère année DC89	2ème année DC90	3ème année DC91	4ème année DC92	Cumul 4 ans
TEMOIN	18,2	1,7 B	1,6 B	1,5 B	1,3 B	6,0 B
DEP.CED	18,4	2,8 A	3,1 A	3,6 A	3,6 A	13,0 A
DEP.PIN	18,2	2,7 A	3,0 A	3,5 A	3,4 A	12,5 A
Signif. Effet trait	NS (P = 88%)	*** (p=0,34%)	*** (P=1,39%)	*** (P=0,94%)	*** (P=0,94%)	*** (P=0,83%)

(Suite)

Moyenne par modalité	Sous-échantillon CEDRI					
	Circonf. Initiale (cm)	Accroiss.moyen circonférence (cm)				
		1ère année DC89	2ème année DC90	3ème année DC91	4ème année DC92	Cumul 4 ans
TEMOIN	10.1	1,0 B	0.9 A	1,1 A	1 B	3.9 B
DEPCF.D	12,6	1,6 A	1.8 A	2,2 A	2,4 A	8,0 A
DEP.PIN	10,7 NS	1,2 B	1,5 A NS	1,9 A	2,2 A	6,8 A
Signif. Effet trait	NS (P = 25,3%)	** (p = 2,1%)	NS (P=10,3%)	* (P=7,96%)	*** (P=0,39%)	** (P = 3,38%)

Les analyses statistiques (réalisées avec le logiciel STAT-ITCF) permettent de mettre en évidence les faits suivants:

- L'examen du contraste (comparaison entre parcelles dépressées et parcelles témoins) montre que l'effet favorable du dépressage (quelle que soit la composition du mélange) la croissance moyenne en circonférence des tiges de pins noirs d'une part et de cèdres d'autres part, se manifeste immédiatement dès la 1<sup>ère</sup> année après le dépressage, et se maintient au même niveau de signification pendant les 4 premières années (au seuil de 1 % pour le pin noir, à un seuil plus variable pour le cèdre).
- L'examen du contraste (comparaison entre dépressage à dominante cèdre et dépressage à dominante pin) montre une très légère différence de comportement des deux essences: le gain de croissance moyenne des pins noirs est identique dans les deux types de dépressage, alors que pour le cèdre, en 1<sup>ère</sup> année, le gain de croissance est plus important dans les parcelles dépressées à dominante cèdre que dans celles à dominante pin. Notons cependant que ce comportement différent du cèdre disparaît ensuite complètement et qu'au bout de 4 ans on ne distingue plus de différence de croissance cumulée en circonférence entre les deux modalités de dépressage.

### Croissance moyenne en hauteur

Du fait de la faible croissance en hauteur, les hauteurs annuelles n'ont pas été remesurées depuis l'état initial, et on se contentera de croissance en hauteur cumulée sur 5 ans.

### Discussion et conclusion

Les résultats partiels obtenus après 4 ans sont conformes à ceux obtenus dans d'autres dispositifs expérimentaux concernant des peuplements purs:



Dans une régénération naturelle mixte de cèdre et pin noir, les tiges dépressées réagissent immédiatement au dépressage en présentant des gains de croissance en circonférence importants dès la première année (gain de l'ordre de 1 cm par rapport au témoin soit + 60 % pour les pins, et gain de l'ordre de 0,5 cm par rapport au témoin soit + 50 % pour les cèdres) qui s'implifient en valeur absolue chaque année (+ 1 cm en 1<sup>ère</sup> année, + 1,5 cm en 2<sup>ème</sup> année, + 2 cm en 3<sup>ème</sup>, + 2,2 cm en 4<sup>ème</sup> année pour les pins et respectivement + 0,5 cm, + 0,8 cm + 1 cm et + 1,3 cm pour les cèdres).

Un dépressage même violent (enlèvement de l'ordre de 85 % des tiges) et un peu tardif (Ho = 5 m) ne provoque pas de dégâts importants au peuplement restant, à condition de respecter certaines consignes de sécurité:

- Réaliser le dépressage en fin d'été début d'automne pour que les rémanents abandonnés aient le temps de sécher et de ne plus être appétants pour les scolytes en période d'essaimage (printemps et été)
- Choisir des, tiges bien équilibrées et donc bien enracinées surtout pour le cèdre.

Enfin ce dispositif sur peuplementmélangé a permis de montrer que:

- . Les pins noirs réagissent plus fortement au dépressage que les cèdres (croissance en quatre ans de plus du double de celle du témoin contre un gain de + 60 % seulement pour les cèdres).
- . La composition du mélange après dépressage n'a plus d'influence sur la croissance en circonférence des tiges de pins ou de cèdres au bout de 3 ans.
- . Il est encore possible de rééquilibrer une régénération naturelle mixte à pin dominant en la dépressant même tardivement (les cèdres étaient plus frêles que les pins noirs) en faveur des cèdres restants.

Les effets sur la croissance en hauteur (O.N.F.), et la quantification de la compétition interindividuelle et interspécifique (dimension et forme du houppier étudiées par l'I.N.R.A.) n'ont pas encore été analysés.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- CEMAGREF., (1992). Guide technique du forestier méditerranéen français, chapitre 2 - Station Forestière.
- Dreyfus Ph., (1988). Dispositif d'étude du dépressage dans une régénération naturelle de pin noir d'Autriche à St André les alpes (04): protocole expérimental et résultats trois après dépressage. Document interne I.N.R.A. n° 9 - 88.
- Guyon J.P., (1986). Influence du climat sur l'expression des composantes de la croissance en hauteur chez le pin noir d'Autriche (*pinus nigra* Arn. ssp *nigricans*). Annales des Sciences Forestières. Volume 43. N 2. p. 207 - 226
- Toth J., (1987). Installation et développement du semis naturel "pin noir d'Autriche, pin sylvestre et cèdre de l'Atlas", après incendie Mir le Mont Ventoux (Vaucluse). Forêt Méditerranéenne, tome IX. N I. Août 1987. p. 29 -34.

## مستويات نمو أشجار موسعة من أرز الأطلس

(سدرس أطلنتيكا مانيتي)

أندريا كوتيني و روبرتو ماركوريو

المعهد التجريبي للاستغلال الحرجي

أريزو- إيطاليا

من خلال تحليل ستة وثلاثين شجرة-عينة تنتمي لطبقات اجتماعية مختلفة، أعدنا بناء محضر التمييز الاجتماعي ونتيجة كثافات توسيع ما بين الأشجار ضمن جماعة أشجار من أرز الأطلس عمرها ٢٥ سنة. وتعود الاختلافات الظاهرة على مستوى البعد إلى مستويات النمو المتباينة التي تتحدد بين الأشجار انطلاقا من عمر ١٠-١٢ سنة. ويكون أثر توسيع الأشجار على النمو الفردي قويا جدا لدى الأشجار الوسيطة و المعاصرة، بينما الأشجار التي تحاصر هذه الأخيرة، سواء تعلق الأمر بالمراقبة أو بالمساحات الموسعة، لا تنمو على مستوى الكتلة بنفس نمو الأشجار الأخرى.

# GROWTH PERFORMANCES OF A THINNED ATLAS CEDAR (*CEDRUS ATLANTICA* Man.) STAND

ANDREA C. et ROBERTO M.

*Istituto Sperimentale per la Selvicoltura-Arezzo (Italy)*

**Résumé** - A travers l'analyse du fut de trente-six arbres-échantillon, appartenants à différentes classes sociales, on a reconstruit le procès de différenciation sociale et l'effet de différentes intensités d'éclaircie dans un peuplement de cèdre de l'Atlas de 25 ans. Les remarquables différences en dimension sont dues aux différents niveaux de croissance qui se déterminent entre les arbres à partir de l'âge de 10-12 ans. L'effet de l'éclaircie sur la croissance individuelle est plus fort sur les arbres intermédiaires et dominés, tandis que les dominants, soit pour le contrôle que pour les placettes éclaircies, ont un accroissement en volume presque pareil.

## **Cèdre de l'Atlas / éclaircie.**

**Summary** - Stem analysis has been conducted on thirty six sampled trees from different social classes. It has led to reconstruct the process of social difference and the effect of different thinning intensities on 25 years old *cedrus atlantica* stand. The important size differences are due to the trees growth levels that are noticeable from the age of 10 to 12 years. Thinning impact on individual growth is more important on dominated and dominant trees. The dominant trees have almost volume growth.

## ***Cedrus atlantica* / Thinning**

### **INTRODUCTION**

Atlas cedar (*Cedrus atlantica* Man.) was introduced in Italy at the end of the XIXth century. After 60 years of systematic researches, the possibility of further expansion for afforestation was forecasted under the condition of good site choice and specific cultivation techniques (Ciancio et alii 1982).

Knowledge on growth dynamic of these stands are insufficient, so researches studies on social differentiation process, growth of trees according to social position and thinning intensities are carried out.

### **MATERIAL AND METHODS**

The research area is in the southern Pratomagno mountain (Central Italy) at 880m altitude on a gentle north-north-east slope.

Mean annual rainfall is 1200 mm with maximum in autumn (November) and spring (march) and minimum in summer (175 mm). Mean annual temperature is 10°, 3; coldest month mean temperature is 1°,6; while the absolute minimum is -14°.7.

Brown soil developed from "macigno" -blocks of sandstone alternated with schist-are deep, acid and moderately fine textured.

First thinning was at 25 years and the second 8 years later. In order to assess the effects of different grades of thinning (Schober, 1967) four treatments were applied:

**T-** Control, only dead or suppressed stems are removed (Grade A);

**A-** Moderate-heavy low thinning, removes a lot of dominated and codominant trees and some of dominant and predominant trees with bad crown or stem form (Grade B/C); basal area removed was 14,7 % (1<sup>st</sup> thinning) and 9,6 % (2<sup>nd</sup> thinning);

**B-** Heavy low thinning, removes all dominated and codominant trees and defective dominant and predominant trees, without opening the canopy for a long time (Grade C); basai area removed was respectively 22,7 and 11,4 %;

**C-** Opening up of the stand, in order to cause a permanent opening of the upper canopy, releasing the tree with a good phenotype which will be able to develop their crown quite freely; basai area removed was respectively 40,4 and 31,1 %. More detailed informations on thinning experiment are in Cutini and Mercurio (1990).

After the first thinning, sample trees belonging to upper (dominant), middle (subdominant) and lower (dominated) storey were marked. From this sample, during the second thinning, 36 trees, equally distributed in all social position (9 per each), were drawn for stem analysis (table 1).

**Table 1: Sample trees characteristics**

	n°obs	min	max	average		n°obs	min	max	avera
<b>T</b>					<b>B</b>				
Dominant trees	3	15.2	<b>22.6</b>	18.1	Dominant trees	3	15.4	20.5	17.3
Subdominant t.	3	11.7	<b>12.8</b>	12.2	Subdominant t.	3	12.4	16.9	15.2
dominated trees	3	10.2	<b>10.8</b>	10.5	dominated trees	3	9.1	14.0	11.1
<b>A</b>					<b>C</b>				
Dominant trees	3	15.7	<b>19.1</b>	16.8	Dominant trees	3	17.7	20.9	19.6
Subdominant t.	3	13.3	<b>15.6</b>	14.1	Subdominant t.	3	15.5	19.9	16.8
dominated trees	3	9.5	<b>14.8</b>	12.1	dominated trees	3	10.4	13.1	12.0

From each tree 3 cm thick disks were taken apart 1 m length, beginning 0,5 m from the stump. The last disk was the nearest to the 5 cm diameter section.

Annual ring readings were executed with LEGA SMIL 3 dendrocronograph (Corona et alii 1989) four radius for disks up to 0,5 height (h) and two radius for the others (from 0.5 h to h), with 1 year interval (Weise 1982). For acquisition and data treatment ANAFUS 2 software (Frattegiani et alii 1988) was applied. Stem volume was calculated with HUBER'S formula while the tip volume with the cone one.

Data of 36 sample trees were collected and analyzed separately for the three social positions (Zarnovican and Trencia 1987). Then data regarding plants of the same social position but belonging to different thinning grades were collected and compared to assess if and how different thinning grades can affect the growth 8 years later the first thinning.

To analyze thinning effects on stem form for each class, profiles of two plants, one of the control and one of C thinning grade were compared soon after first thinning and at the observation period.

## RESULTS

### Social differentiation

At age 25 the stand displays differences in tree volume (Figure 1), as a consequence of growth differences in basal area rather than in height (Figures 2 and 3).

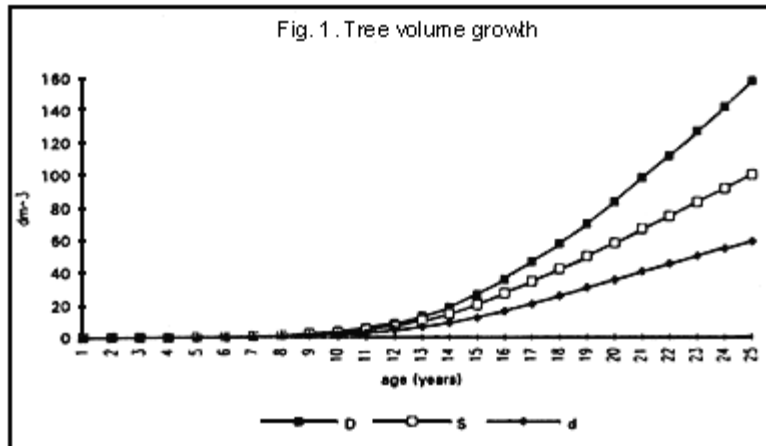


Figure 1: Tree volume growth

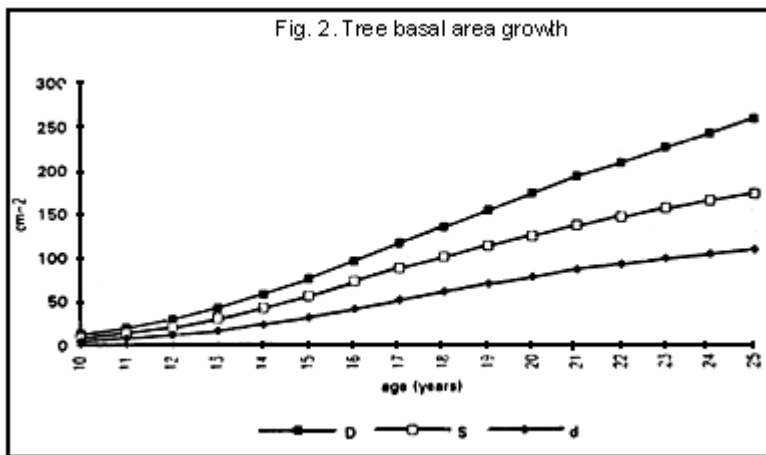


Figure 2: Tree basal area growth

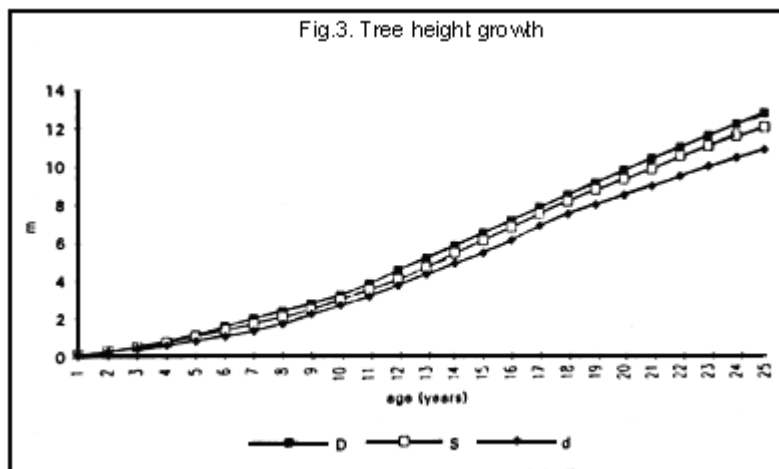


Figure 3: Tree height growth

Analyzing basal area and volume current annual increment (c.a.i), differences started at age 10-12. C.a.i of basal area reaches the maximum at age 16-17 independently from social position (Figure 4). on the contrary height c.a.i. is more variable (Figure 5). C.a.i of volume is increasing on dominant trees while in subdominant is culminating and dominated trees have yet reached the peak at age 21 (Figure 6).

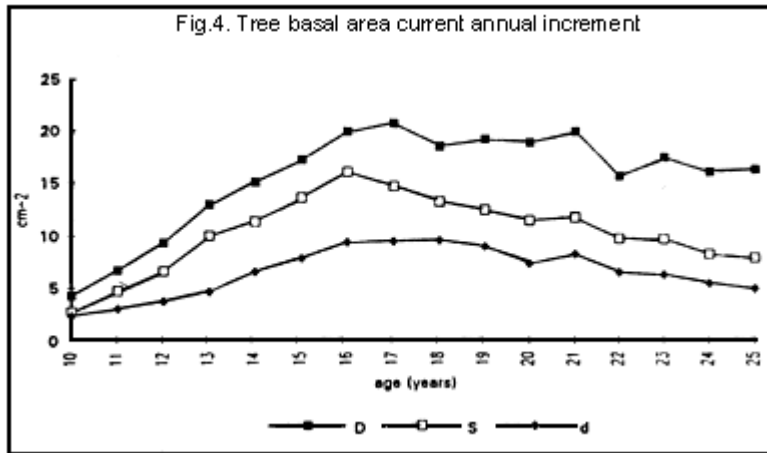


Figure 4: Tree basal area current annual increment

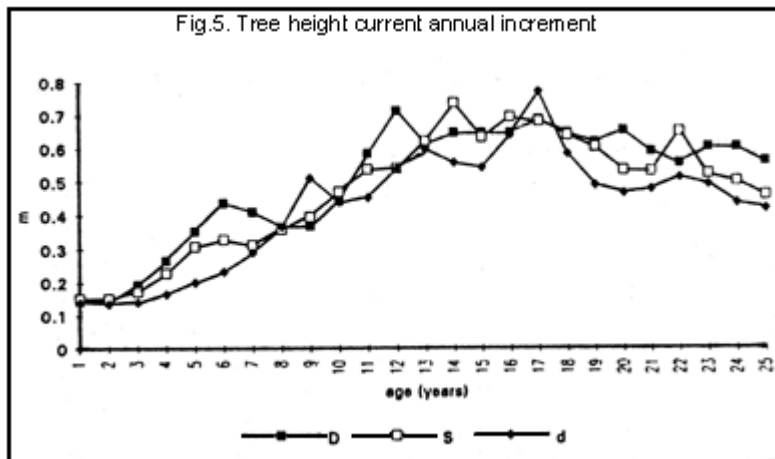
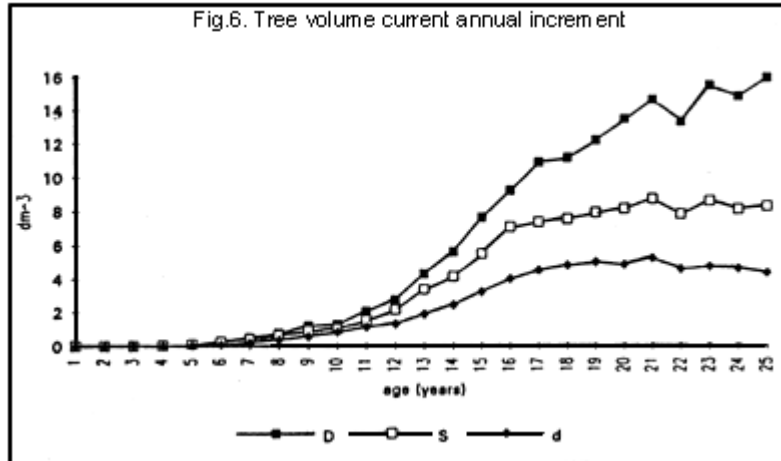


Figure 5: Tree height current annual increment



**Figure 6: Tree volume current annual increment**

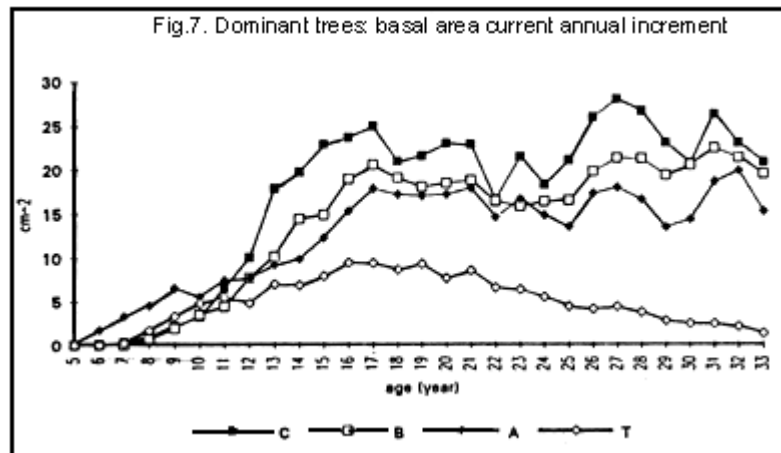
**Effects of thinning**

Results from stem analysis show a different reaction of trees on various social position to different thinning grades.

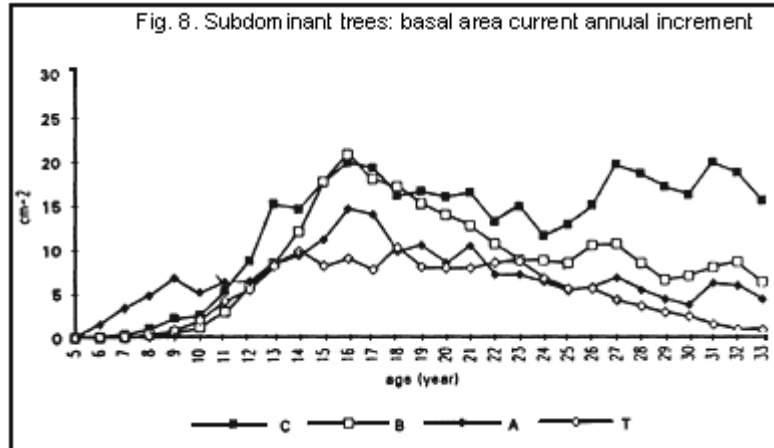
In all social positions higher basal area and volume with increasing thinning grade is evident. We can't observe the same phenomenon in case of height increment.

The current annual increment of basal area in dominant trees increases progressively from control to A, B and C thesis (Figure 7); instead the trend is decreasing in case of control and increasing in thinned thesis. Subdominant and dominated trees of A, B and C thesis have higher values than control ones Yet only in C thesis the increment is clearly higher (Figure 8 and 9).

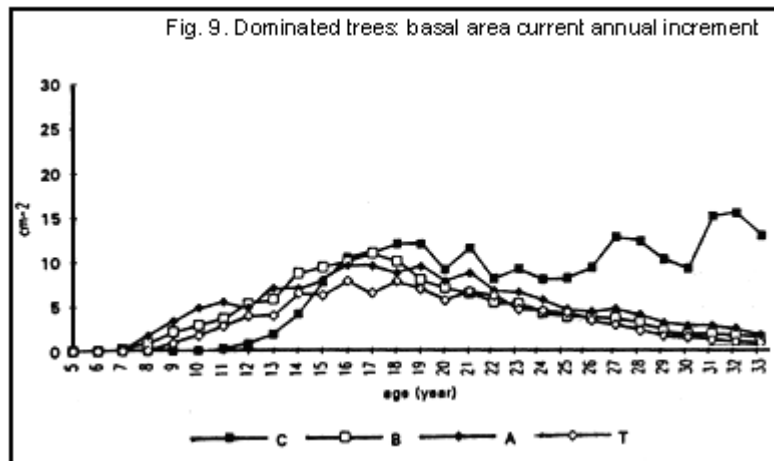
The current annual increment height doesn't vary uniformly to social position and treatment. Dominant trees of C thesis have values lower than trees of other thesis. Subdominant and dominated trees of thinned thesis on the country have value clearly higher than control trees



**Figure 7: Dominant trees: basal area current annual increment**



**Figure 8: Subdominant trees: basal area current annual increment**



**Figure 9: Dominated trees: basal area current annual increment**

The current annual increment volume of dominant trees is almost the same in control and A, B thesis: only C have higher values (Figure 10). The trend is increasing in all thesis. Subdominant trees on the contrary have values progressively higher from control to C thesis; increment trend is increasing in thinned thesis and decreasing in control (Figure 11). The behaviour in dominated and subdominant trees is similar but in A and B thesis the increment trends is decreasing (Figure 12).



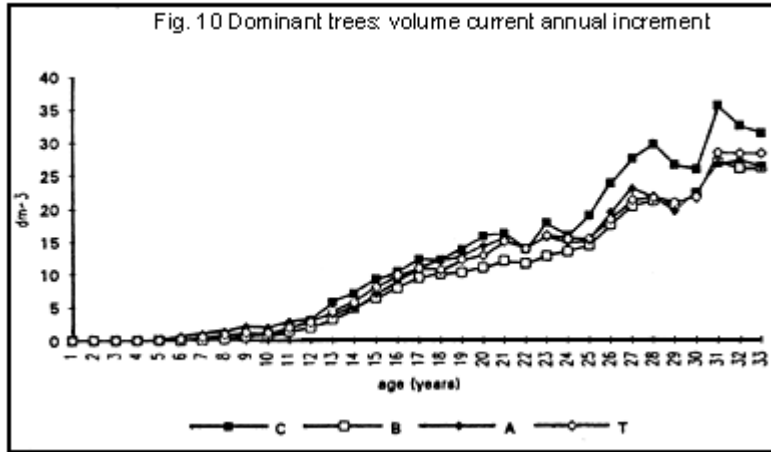


Figure 10: Dominant trees: volume current annual increment

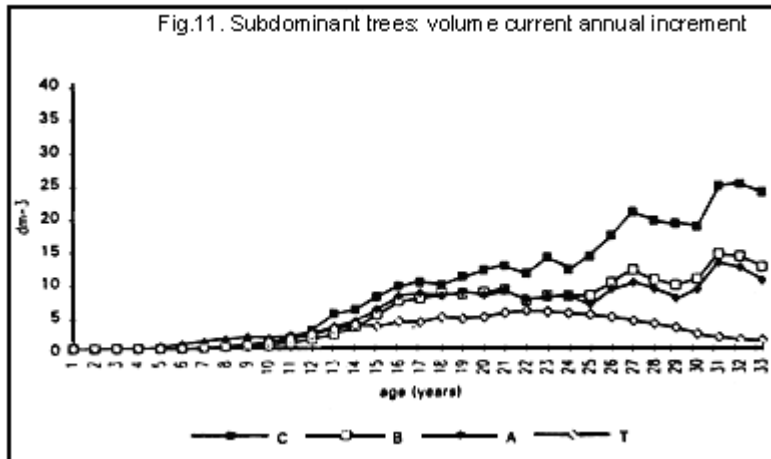


Figure 11: Subdominant trees: volume current annual increment

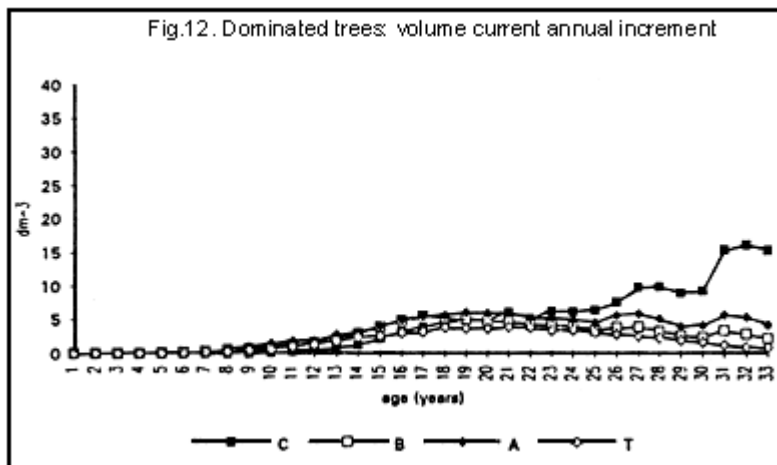


Figure 12: Dominated trees: volume current annual increment

## Stem profile

Comparing stem profiles at the beginning and the end of the observations period we can observe that thinning increases stem taper in dominant trees (Figure 13), on the contrary this doesn't occur in the subdominant and dominated ones (Figure 14 and 15).

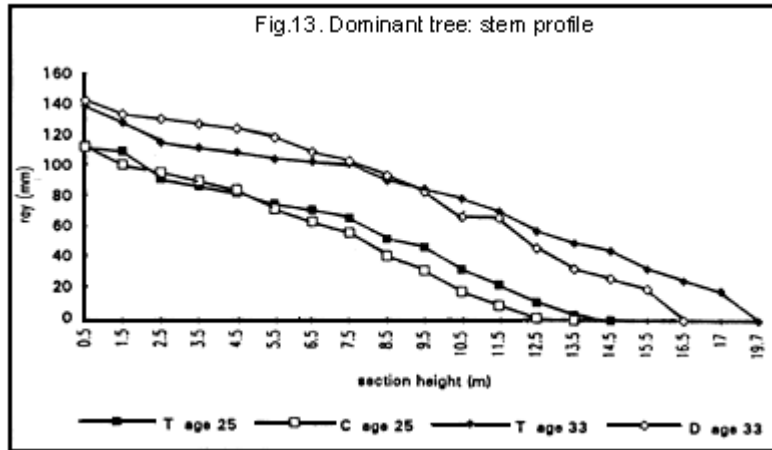


Figure 13: Dominant trees: stem profile

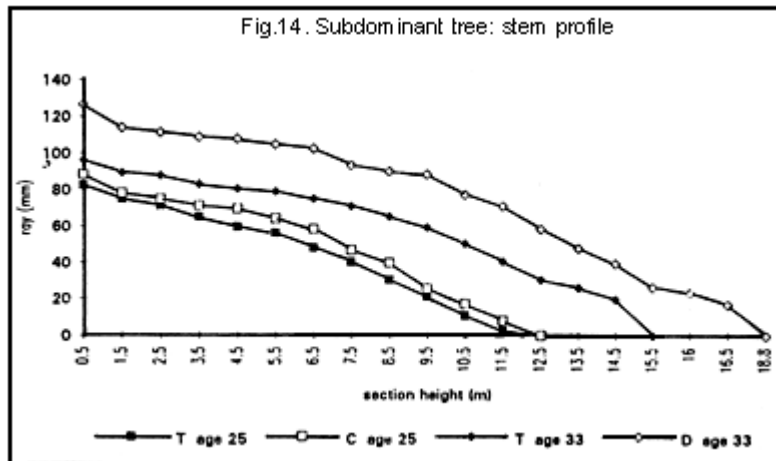
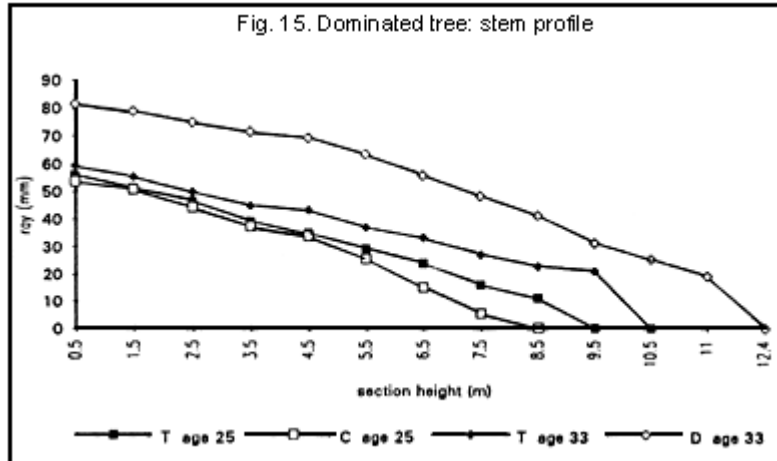


Figure 14: Subdominated tree: stem profile



**Figure 15: Dominated tree: stem profile**

## DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Investigations on growth performances point out that at age 10-12 trees exhibit different dbh dimension. So this suggest that, at this age. the future social position of each tree is just defined. At age 16-17 when c.a.i of basal area culminated the stand is definitively structured in upper, middle and lower story

Competition decreases individual growth in the middle and lower story. Consequently thinning have different effects on individual growth in the various storeies. In dominant trees the effects on growth volume are low: higher dbh growth in thinned trees, higher height growth in control ones (Assmann, 1970; Mercurio and Cutini, 1990). As we noted in 18 and 27 years old douglas fir stands (Cutini and Nocentini, 1990) likewise the cultural effects of thinning are more evident in subdominant and dominated trees: when thinning intensities rise up all trees react with higher growth both in basal area and volume. In the control plot dominant trees only show high growth rates.

Among the consequences of thinning the variation of stem profile of dominant is to be pointed out too. In case of very heavy thinning with consequent opening up of the stand a better dbh growth, resulting from an opening canopy, is not followed by higher height growth; the consequence is a higher stem taper. This modification is lower in moderate thinning and in subdominant and dominated trees that, owing to the competition, are forced in height growth too.

## LITERATURE CITED

- Assmann., (1970). The principles of forest yield study. Pergamon press. Oxford, pp. 504.
- Ciancio O., Mercurio R., Nocentini S., (1982). La sperimentazione dispecie forestali esotiche in Italia. Risultati dopo un sessantennio. Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Vol.XIII, 103-731. Arezzo. Italia.
- Corona P., Ferrara A., La Marca O., (1989). Un sistema dimisura delle ampiezze anulari: il dendro-cronografo SMIL 3. L'Italia Forestale e Montana XLIV (5), 391-404.
- Cutini A., Nocentini S., (1990). Prove sperimentali di diradamento in giovani impianti di douglasia in Toscana. Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura.,Arezzo., Vol. XX, 73-152.

- Frattegianni M., Ghetti S., Manetti M., (1988). Programma per l'analisi del fusto "ANAFUS 2". Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, Vol. XIX, 172-198.
- Mercurio R., Cutini A., (1990). Early responses to thinning in a stand of Atlas cedar (*Cedrus atlantica* Man.) in Italy. International Cedar Symposium, 1990. Antalya-Turchia.
- Schober R., (1967). Ideas and proposals for new system of thinning and tree classification. XVIUFRO Kongress, Section 25, 60-95. Munchen
- Weise U., (1982). Zur Aufnahmehethodik bei Stammanalysen Allg Foist u.J-Ztg., 153. Jg., 11. 201-205
- Zarnovican R., Trenchia J., (1987). Croissance de l'erable a sucre et du hetre a grandes feuilles selon la position sociale dans un peuplement. Ann. des Sc For.. 44 (2), 221-226.

## مردودية أشجار أرز الأطلس بالريف

### المغربي ونماذج نموه

ع. محيريت

قسم الأبحاث والتجارب الغابوية

الرباط - المغرب

تهتم الدراسة بمجموع غابات الأرز المنتجة بجبال الريف التي تبلغ مساحتها حوالي ٢٠٠٠٠ هكتار و التي تستفيد من ظروف مناخية ثابتة مواتية. بعد تقديم لمحة نموذجية عن الأوساط والجماعات النباتية لغابة الأرز، تتطرق الدراسة لمقاربة شاملة تستعمل مفهوم "المحطة والإنتاج" وتمكن من وضع نموذجي لطبقات نمو شجرة الأرز. يتم إذن اتخاذ الارتفاع المسيطر في ١٠٠ سنة كميّار للمردودية. وقد سمح استعمال نماذج شوماشر وسامان-ريشاردز ببناء نماذج نمو المتغيرات الشجرانية. وبالمثل، يسمح قانون إيشهورن الذي تمت مراجعته بخصوص أشجار الأرز بجبال الريف بإعطاء تقدير للإنتاج الإجمالي لطبقات النمو المختلفة.

# **CROISSANCE ET PRODUCTIVITE DU CEDRE: APPROCHE MULTIDIMENSIONNELLE DE L'ETUDE DES LIAISONS STATIONS PRODUCTIONS**

**M'HIRIT O.**

*Professeur de sylviculture  
Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs  
Salé - Maroc*

**Résumé** - *L'étude se propose de définir à travers des relations entre les variables du peuplement et les facteurs du milieu, les facteurs discriminants de la croissance et de la productivité du cèdre dans le Rif marocain, éléments de base pour la construction de lois de croissance et de table de production pour cette espèce.*

**Cèdre / analyse multidimensionnelle / accroissement / productivité.**

**Summary** - Global approach, using in a concomitant way, ecological and dendrometric variables, permit by multivariate analysis, to apprehend and explain, cedar growth and productivity. Growth classes elaborated for Rif cedar are characterized at the same time by discriminant ecological factors and dendrometric functions and present the advantage of having a real significance on the field.

**Cedar / multidimension analysis / growth / productivity.**

## **INTRODUCTION**

La productivité forestière d'une station, ou d'un peuplement est fonction de plusieurs facteurs d'ordre biologique, génécologique, dendrométrique et anthropique (Becker, 1973; Czarnowski *et al.*, 1967; Dagnelie, 1960; Decourt *et al.*, 1979; Garbaye *et al.*, 1970, Letacon, 1973; Decourt, 1973). Son explication se heurte souvent à la complexité de leurs inter-relations, et à l'incertitude, tout au moins relative, sur les meilleures voies d'approche (Rondeux, 1977; Tamm *et al.*, 1967). L'appréciation de la production, quand on exprime des relations biologiques ou génécologiques complexes en termes mathématiques, utilise un certain nombre de critères et de méthodes qui retiennent l'attention des écologues et sylviculteurs depuis fort longtemps. La hauteur dominante à un âge de référence donné reste l'élément fondamental de cette appréciation (Parde, 1956).

Les techniques d'interprétation couramment utilisées pour expliquer la variation de la croissance ou de la production ne permettent point une utilisation causale des résultats des analyses. Les relations n'ont souvent qu'une valeur statistique, ce qui est gênant pour le biologiste qui a besoin de raisonner en terme de causalité (Millier, 1973). La démarche écologique analyse les causes pour comprendre les effets: croissance et production, tandis que la démarche sylvicole analyse les effets pour appréhender les causes, et l'on confond ainsi le concept de productivité et celui de fertilité. La complexité des milieux forestiers, tout au moins dans la région méditerranéenne doit inciter à l'utilisation d'une approche globale convergente, pour expliquer et pour prévoir la production, qui mettra en jeu causes et effets c'est-à-dire "station et production".

L'étude se propose de définir à travers des relations entre les variables du peuplement et les facteurs du milieu, les facteurs discriminants de la croissance et de la productivité du cèdre dans le Rif marocain, éléments de base pour la construction de lois de croissance et de table de production pour cette espèce.

## PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le cèdre occupe 20.000 ha environ dans la zone axiale de la chaîne rifaine. Il se développe d'une manière sporadique dans les niveaux supérieurs de la chaîne numidienne et plus particulièrement au Jbel Bouhachem dans les endroits impropres aux chênes caducifoliés (*Quercus canariensis*, *Quercus pyrenaica*) à partir des altitudes 1.400 m et sur les versants exposés au Nord-ouest.

Dans la dorsale calcaire, le cèdre se trouve en concurrence avec le sapin du Maroc (*Abies pinsapo ssp. maroccana*) dans son aire optimale (1.500 - 1.900 m). Si le sapin domine à ces niveaux altitudinaux, il cède la place au cèdre aux altitudes élevées, où cette espèce forme des peuplements purs, quoique clairsemés, culminant au Jbel Lakrâa à 2.118 m d'altitude.

Dans la partie centrale de la chaîne, le cèdre forme de belles futaies essentiellement sur substrat non calcaire. Les massifs s'individualisent d'ouest en est en bandes presque parallèles découpées par de larges vallées ou replats. Ils succèdent tantôt aux chênes caducifoliés, le chêne tauzin (*Quercus pyrenaica*) dans le versant septentrional du massif de Tidighine, mais plus fréquemment aux couples chêne vert, chêne liège (*Quercus rotundifolia*, *Quercus suber*). Il disparaît vers l'est au niveau de Jbel Iguermalet et Jbel Tizi-Ifri. Dans cette partie de la chaîne, le cèdre se développe dans les expositions nord et nord-est, de préférence à partir de 1.500 m d'altitude, sur des substrats quartzito-schisteux de la nappe de Ketama et sur des substrats gréseux de la nappe de Tizirène, reposant sur des stratifications marno-calcaires de la base du Crétacé.

Les figures n° 1-2, donnent la répartition du cèdre dans la dition étudiée et la distribution des structures géomorphologiques correspondantes.

Sur le plan bioclimatique (M'hirit, 1982), les cèdraies du Rif bénéficient, en raison de leur situation géographique, d'une double influence, atlantique et méditerranéenne, se traduisant par une douceur relative du climat et, que favorisent des altitudes peu élevées comparativement aux Atlas marocains.

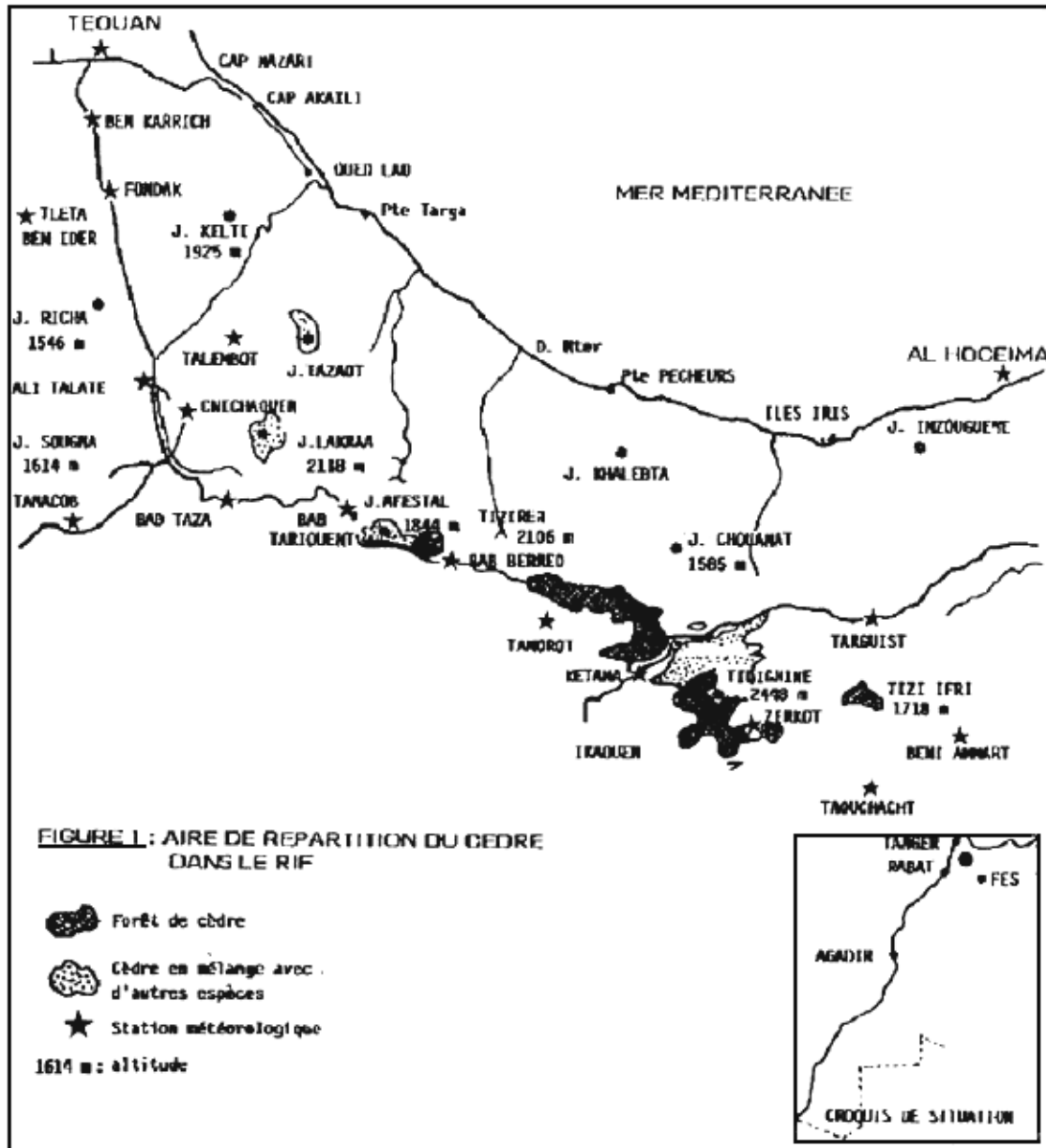
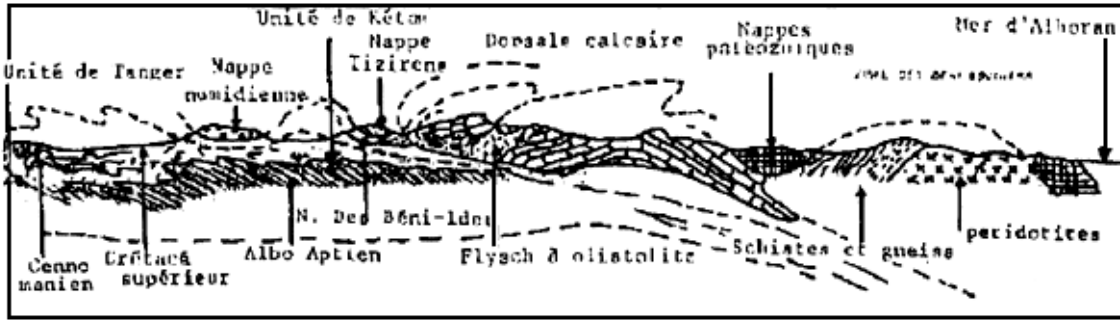


Figure 1: Aire de répartition du cèdre dans le Rif





**Figure 2: Schéma structural simplifié du Rif d'après MAURER, 1968**

Les précipitations à caractère méditerranéen sont abondantes et présentent une variabilité annuelle d'autant plus grande que l'influence atlantique diminue. Elles peuvent atteindre 1.350 mm à Bab Tariouent à 1.425 m d'altitude au pied de Jbel Tizirène, et 1.165 mm à Ketama à 1.550 m d'altitude au pied de Jbel Tidighine. Elles diminuent vers l'est pour n'atteindre que 953 mm à Jbel Tizi à Ifri à 1.770 m d'altitude qui marque d'ailleurs la limite orientale de la cèdraie. L'ensemble de la cèdraie baigne pendant des journées entières, hiver comme été, dans une atmosphère humide sans qu'il y ait véritablement de précipitations.

L'exposition, le compartimentage et l'orientation des différentes chaînes jouent localement un rôle important et complexe. Ainsi s'individualisent des versants bien exposés aux vents d'ouest et de nord-ouest très humide; des versants sud et sud-est où des vallées abritées plus sèches. La station de Zerkate à 1.450 m d'altitude en situation de vallée interne entre les chaînes longitudinales dominées par Jbel Tidighine et celles dominées par jbel Arz, ne reçoit plus que 690 mm de pluie.

Les variations thermiques sont moins sensibles d'une année sur l'autre, et de l'Ouest vers l'Est que les oppositions pluviométriques, l'altitude ayant une influence plus marquée que l'exposition sur la répartition des températures. Les minimums hivernaux atteignent à peine 0°C à Ketama tandis que les maxima de l'été ne dépassent guère 27°C. En effet, les brises de la méditerranée remontent les vallées, débordent la ligne des crêtes pour rafraîchir ces zones de la cèdraie. De ce fait, l'amplitude maximale annuelle faible sur le littoral (23°C) reste modérée dans la partie centrale (26°C à Ketama).

La durée d'enneigement est estimée à 70-80 jours par an (Maurer, 1968). Toutefois, la neige est présente sur les hauts sommets de Jbel Tidighine (2452 m) et de Jbel Lakrâa (2118 m) jusqu'au mois de juin voire de juillet. Il n'en reste pas moins vrai que les cèdraies du Rif sont moins enneigées que celles du Moyen-Atlas.

Comme pour l'ensemble des montagnes méditerranéennes les gradients pluviométriques sont élevés. Ils sont de l'ordre de 50 mm/100 m dans la partie centrale et de 78 mm/100 m dans la partie orientale. Les gradients thermiques atteignent -0,47 (0100 m. pour le maximum du mois le plus chaud. -0,65°C/100 m. pour le minimum du mois le plus froid; ils varient avec les mois pour les températures moyennes. Ils sont plus élevés en hiver (-0,55°C/100 m.) qu'en été (0,35°C/100 m.). L'amplitude maximale augmenterait dans le Rif à raison de 0,440°C/100 m. jusqu'à 1000 m où le gradient s'annule, pour diminuer ensuite à raison d'un gradient moyen de (-0,51°C/100 m.) jusqu'à 1.700 m d'altitude. En ce qui concerne la continentalité, l'éloignement de

l'atlantique est compensé par la proximité de la méditerranée de telle sorte qu'elle se fait moins sentir, même dans les massifs les plus à l'Est.

L'étagement altitudinal, nous permet de nuancer la distribution verticale des cèdres (Achhal et al., 1979). Le cèdre prospère dans le Rif dans plusieurs étages de végétation. Il forme la limite supérieure de la série méditerranéenne supérieure de *Quercus rotundifolia* et de la série supra-méditerranéenne de *Quercus faginea* dans le sous-secteur du Tidighine. et la limite supérieure de la série supraméditerranéenne du *Quercus pyrenaica* dans le sous-secteur de Tizirène. Dans l'étage montangard-méditerranéen, le cèdre forme une sous série à *Cedrus atlantica* - *Ilex aquifolium*, et l'étage supérieur de la série de l'*Abies maroccana*; en plus, il peut se mélanger aux séries spécialisées comme celle du *Prunus lusitanica*. Le cèdre forme aussi une série bien individualisée au dessus de la série de l'*Abies maroccana* qui peut être rattachée à l'étage oroméditerranéen (Guermani et M'hirit, 1979).

Trois secteurs s'individualisent par l'ambiance bioclimatique générale et par la variabilité de leurs précipitations dans l'année et par l'étagement de la végétation: le secteur du centro-oriental correspondant aux forêts de Tizi-ifri-iguemnalet et de J. Arz; le secteur du Rif occidental comprenant les forêts de Tizirène, de Talassemrane et de la nappe numidienne, le secteur central comprenant l'ensemble des massifs de J. Tidighine et de J. Dahdoh.

## **METHODES ET MATERIEL**

### **Prélèvement de l'information: échantillonnage**

Comprendre et expliquer la productivité actuelle ou potentielle d'un peuplement forestier se ramène en premier lieu, à un processus d'acquisition de l'information et donc au choix d'un plan d'échantillonnage et, en second lieu, au traitement de l'information prélevée, donc au choix d'une technique d'analyse et d'interprétation. Ainsi, nous avons sélectionné, au cours de la première phase de nos prospections phyto-écologiques, 127 relevés parmi les 437 étudiés dans les cèdres productives (M'hirit op.cit). Notre choix, consiste à répartir les relevés dans les différents massifs, selon quatre critères: structure élémentaire présumée régulière, type de communautés végétales, classes d'âges et types de densité.

Dans les relevés sélectionnés, nous avons installé une placette ponctuelle -ou microplacette- de façon à éliminer le maximum de risque d'hétérogénéité du sol (Decourt, 1973). La forme de la placette n'ayant aucune influence sur l'optimisation de l'échantillonnage (Bouchon, 1977), nous avons adopté la forme circulaire de matérialisation plus simple. Contrairement à la pratique courante, la surface des microplacettes varie de 3 à 12 ares dans les limites de l'homogénéité requise en fonction de la densité du peuplement, ce qui permet d'avoir une population d'arbres sensiblement de même taille pour l'ensemble des microplacettes.

Nous avons vérifié au préalable la régularité de structure exigée par notre approche d'évaluation de la productivité dans chacune des placettes (Duplat, 1980). Pour ce faire, nous avons mesuré l'âge à 30 cm au niveau du sol des deux arbres, l'arbre de surface terrière moyenne et l'arbre le plus gros (arbre dominant) de façon systématique. La placette n'est retenue que si l'écart d'âge entre ces deux arbres n'excède point 10 ans. Ainsi 101 placettes -parmi les 137- sont retenues en définitive.

## Choix des variables dendroécologiques

Dans chaque microplacette trois types de variables sont mesurés ou construits: (i) les variables écologiques discriminantes issues de l'analyse phytoécologique (M'herit, op cit): altitude, type de communauté végétale, type d'humus, type de régénération; (ii) les variables dendrométriques analytiques: âge moyen de la placette (AGE), diamètre à 1,30 m de l'arbre moyen (DMA), nombre de tiges à l'hectare (NHA). hauteur de l'arbre moyen (HGM). hauteur dominante (HOD); (iii) les variables dendrométriques calculées: surface terrière à l'hectare (GMO), coefficient Hart-Becking, volume sur pied à l'hectare (FMH). accroissement en diamètre des 10 derniers cernes (VOM). accroissement courant en volume (ACV) calculé par dérivation d'une fonction tarif, et hauteur dominante à l'âge de référence de 100 ans ou "site index" calculée, à partir du modèle non linéaire proposé par Farrar (1991), pour les âges 50 ans et 100 ans

$$\text{Log}(H_o) = 3,483 - 51,4421 \frac{(1)}{A} + 430,289 \frac{(1)^2}{A} + 401,7 \frac{(1)^3}{A}$$

$$R^2 = 85\%; (\text{Log } H_o, 1/A) = 0,253$$

ou:

Ho: hauteur dominante de la p lacette

A: âge moyen de la placette

50: âge de référence

## Description des corrélations entre variables dendrométriques

L'examen de la matrice de corrélation totale entre les différentes variables dendrométriques permet de mettre en lumière les relations entre variables de taille et variables construites. On retrouve les liaisons statistiques fondamentales utilisées pour la construction des tables de production classiques (Decourt, 1972)

Le tableau ci-après présente les variables décrites et leur éodage

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

	NHA	GAM	Al.P	SID	SIS	GMO	AGE	VOM	DMI	FMH	HOD	HGM	DMA	DGM
NHAGA	1.00													
M	0.46	1.00												
Al.P	-0,06	0.45	1.00											
SIO	-0,44	-0.37	0.03	1.00										
SIS	-0.45	-0.37	0.03	1.00	1.00									
GMO	-0.39	-0,21	0.13	0.27	0,27	1.00								
AGE	-0,60	-0,19	0.08	0.07	0.07	0.57	1.00							
VOM	-0,49	0,25	0.08	0,27	0,27	0.96	0.66	1.00						
OMI	0,65	-0.23	0.07	0.30	0,30	0,65	0,80	0.76	1,00					
FMH	-0,75	-0.28	0.19	0.31	0.31	0.64	0,82	0.75	0.83	1,00				
HOD	-0.68	-0,33	0,09	0,65	0,65	0,60	0,75	0,67	0,79	0,80	1,00			
HGM	-0,68	-0,33	0.07	0.63	0,63	0,62	0,76	0,69	0,79	0,81	0.99	1.00		
DMA	-0,73	-0,27	0,10	0.41	0.41	0,69	0.85	0,79	0,92	0,90	0.88	0.87	1.00	
DGM	-0,73	-0,29	0,12	0.39	0.39	0,72	0,84	0,82	0,94	0,91	0.87	0.86	0.98	1.00
	NHA	GAM	ALP	SID	SIS	GMO	AGE	VOM	DMI	FMH	HOD	HGM	DMA	DGM

Les variables (HOM, HGM, DGM, GMO, DMA, DMI et VOM) sont liées positivement entre elles et présentent toutes une liaison négative avec le nombre de tiges à l'hectare (NHA).

Les variables "site index" à l'âge de référence 100 ans (SIQ100) et 50 ans (SI50) sont en parfaite relation; leur coefficient de corrélation est égal à l'unité. Elles ne présentent point de liaison, du moins linéaire avec l'ensemble des autres variables. Le classement des placettes selon ces deux "site index" est pratiquement le même.

## **INTERPRETATION DE L'INFORMATION ECODENDROMETRIQUES**

### **Tableau de correspondance**

La croissance et la productivité du cèdre sont le reflet des différents modes d'action des facteurs écologiques et anthropiques. Si ces facteurs sont non corrélés ils peuvent chacun fournir une part qui lui est propre à l'explication de ces deux phénomènes (Belanger, et *al.*, 1975; Lemoine, 1981). Ainsi, il devient intéressant de construire les classes de croissance faisant intervenir plusieurs facteurs à la fois écologiques et dendrométriques; c'est ce que nous appelons "classes de croissances multifactorielles".

Nous avons sélectionné un ensemble de variables qualitatives et quantitatives synthétiques. Les variables retenues sont: l'altitude, le type de communauté végétale, le type d'humus, la régénération, l'âge, le facteur espacement Hart-Becking, la surface terrière, le site-index aux âges de référence 100 et 50 ans. Leur codage est présenté dans le tableau ci-après:

## CODE DES VARIABLES DENDRO-ECOLOGIQUES

<b>1- ALTITUDE (m)</b>	
AL01	1450-1550
AL02	1550-1650
AL03	1650-1750
AL04	1750-1850
AL05	1850-1950
AL06	1950-2050
AL07	> 2050

<b>2- TYPES DE COMMUNAUTES</b>	
IE01	Cytiso-Quercetumanariensis
IE02	Violo-cedriomeso-xérophile
IE03	Violo-cedrioméro-héliophile
IE04	Luzulo-cedretum s.ass. teucryetosum
IE05	Teucryo-oxylepis-cedretum
IE06	Luzulo-cedretumésophile
IE07	Luzulo-cedretumésophile
IE08	Luzulo-cedretuméso-xérophile
IE09	Argyrocytiso-cedret umésophile
IE10	Argyrocytiso-cedret uméso-xérophile

<b>3- TYPEHUMUS</b>	
HU01	Mull mésotrophe
HU02	Mulloligotrophe
HU03	Moderforestier
HU04	Mor-modre activable

<b>4- CLASSES D'AGES (AN)</b>	
AG01	(10-20) semis-forré
AG02	(20-40) gaulis
AG03	(40-60) bas-perchis
AG04	(60-80) haut-perchis
AG05	(80-120) haut et futaie
AG06	< 120: vielle futaie

<b>5- TYPE DE REGENERATION</b>	
RE01	Nulle
RE02	Présente
RE03	Abondante-incertaine
RE04	Abondante-misen défens
RE05	Abondante sana conditions

<b>6- COEFFICIENT HART BECKING</b>	
HB01	< 18%: massif serré
HB02	18<HB<22: massif
HB03	22<HB<26: massif clair
HB04	HB>26: massif clair à clairière

7- SURFACE	
TERRIERE (m <sup>2</sup> )	
G01	(4 - 21)
G02	(21 - 38)
G03	(38 - 55)
G04	(55 - 72)
G05	> 72

8-9- SITE INDEX CLASSE D'1m		
	100 ans	50 ans
SI01	> 16	> 10
SI02	(16-17)	(10-11)
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
SI11	(27-28)	> 19
SI12	28	
SI13		

Chaque placette est caractérisée par une modalité -ou un état- de chacune de ces variables, ce qui permet de réduire à l'unité le tableau des données comportant 101 placettes et 64 modalités de variables, par un codage logique disjonctif complet (I: ensemble des placettes; J: ensemble des modalités des variables; kij - 1 si la placette est décrite par la modalité j; 0 sinon). Ce tableau est soumis à une analyse des correspondances (Benzecri, 1976).

### Evolution concomitante et liaison des variables

La figure 3 donne l'évolution concomitante des différentes variables sur l'axe n° 1 (T = 8 %) et sur l'axe n° 2 (T = 6 %). Une variable, dont les modalités consécutives sont jointes par une ligne polygonale, est considérée dans ce cas, non pour ses valeurs numériques, mais pour la structure qu'elle définit sur les observations.

L'ensemble des variables écologiques et dendrométriques ont des modalités ordonnées de façon naturelle et s'organisent autour du "site index" à 100 ou 50 ans. Les variables de consistance du peuplement (surface terrière, facteur, espacement), les types de communautés végétales et les critères de productivité évoluent dans le même sens et avec la même gradation sur le 1er axe factoriel. Ils présentent ainsi des liaisons quasi linéaires.

L'altitude présente des nuances, ses modalités s'ordonnent suivant les abscisses croissantes sur l'axe n°2, perpendiculairement aux critères de productivité ce qui laisse supposer une indépendance entre le facteur altitude et la productivité, tout au moins dans une tranche altitudinale assez large (1700 - 2100 m).

La variabilité de croissance en hauteur du cèdre dépendrait, dans une large mesure, de l'humidité de la station et de la consistance du peuplement. Une forte croissance se rencontre dans les stations les plus fraîches mésophiles ou méso-hygrophiles du *Luzuloforsteri-cedretum atlanticae* et de 1 "*Argyrocytiso battandieri* - *Cedretum atlanticae*, alors qu'une production élevée est conditionnée par une bonne consistance.

En effet, dans les bioclimats méditerranéens même humides, la consistance, et donc la densité et le degré du recouvrement du sol par les arbres, jouent un rôle

fondamental dans le maintien de la fertilité en assurant un cycle biogéochimique continu et favorable - autre aspect souvent négligé dans le traitement sylvicole de nos forêts.

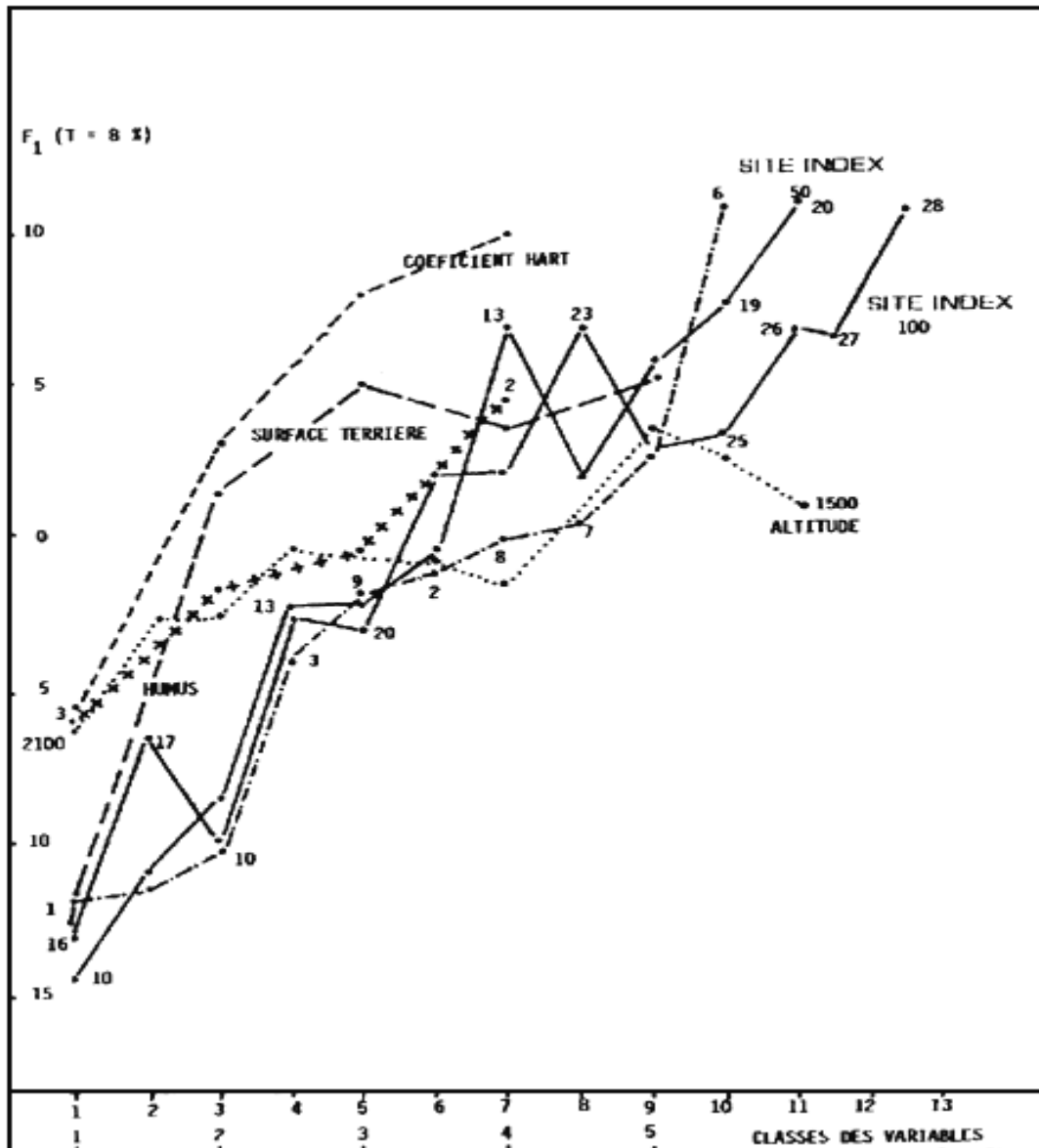


Figure 3: Analyse du tableau logique disjonctif de 101 pincettes de production et 9 variables totalisant 64 modalités. Evolution concomitante et liaison des variables dendro-écologique suivant les axes 1 et 2.

### Facteurs de croissance

Dans le but de rendre plus aisée l'interprétation des facteurs de croissance du cèdre, nous sommes conduit à mettre en éléments supplémentaires certaines modalités en raison de leur effectif faible (IE05, IE09, IE10) ou de leur contribution très élevée sur plusieurs axes (AL06, GM01). Nous avons en plus, eu égard au principe d'équivalence distributionnelle, cumulé les modalités du site index (7 au lieu de 12 par SI100 et 4 au lieu de 12 par SI50).

Ce cumul suggéré par la proximité de ces modalités sur le premier axe de l'analyse du tableau principal fait tendre vers la construction de classe de "site index" pourvue d'une signification biologique.

Le tableau logique soumis à la deuxième analyse ne comporte plus que 40 modalités jouant un rôle actif dans l'élaboration de la typologie et 10 modalités n'intervenant que comme modalités illustratives.

La figure 4 donne les graphes issus de cette analyse. Compte-tenu de l'histogramme des valeurs propres, nous arrêtons l'interprétation au 4<sup>ème</sup> facteur. Ainsi les pourcentages d'explication correspondant aux premières valeurs propres sont-ils: 8,94 % (axe 1); 7,26 % (axe 2); 6,21 % (axe 3); 5,54 % (axe 4); 5,38% (axe 5)...

### **Le plan factoriel (1 x 2)**

Dans ce plan, les classes du "site index" s'ordonnent de façon naturelle suivant une parabole et les projections sur l'axe n° 1 sont rangées suivant l'ordre de leur gradation croissante, ce qui conduit à interpréter cet axe comme "Indicateur de la productivité". Les variables de consistance du peuplement s'ordonnent dans le même sens que le "site index".

L'axe n° 1 traduit une suite d'opposition entre les cédraies jeunes (semis-fourré, gaulis), de consistance faible (surface terrière faible, peuplement clairié) aux altitudes extrêmes basses ou hautes, et de faible productivité (SI01), et les cédraies mésophiles et méso-hygrophiles de bonne consistance (surface terrière > 72 m<sup>2</sup>, peuplement massif plein), de productivité très élevée (SI07).

L'axe n° 2 exprime un gradient d'humidité et d'activité biologique stationnelle. Il nuance l'interprétation du premier par l'opposition des types de communautés méso-hygrophiles et mésophiles de haute productivité à humus de type moder légèrement acide, aux communautés méso-xérophiles du *Luzulo-cedretum* et du *Violo-cedrenion* à humus de type mull, oligotrophe et de productivité moindre (SI 03, SI 04, SI 05).

### **Le plan factoriel (3 x 4)**

Dans ce plan les classes d'altitude s'ordonnent suivant leur modalités décroissantes du côté négatif au côté positif sur l'axe n° 3, ce qui conduit à interpréter cet axe comme "gradienti Utitudinal". Cet axe oppose les cédraies d'altitude au stade de haute et vieille futaie à humus de type mor-moder peu productives (SI01) aux cédraies jeunes basses, de consistance moyenne (peuplement massif clair), dynamique et très productives.



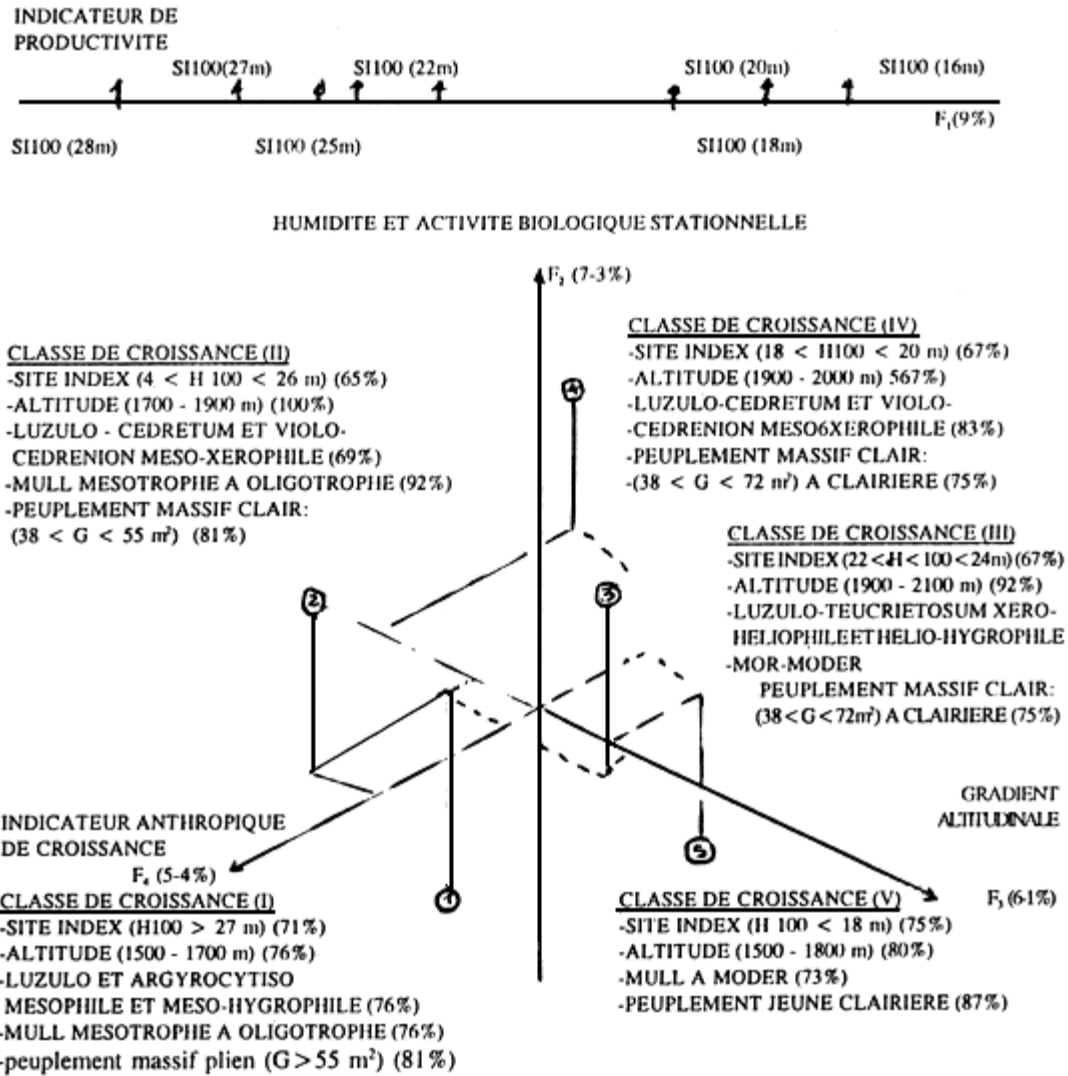


Figure 4: Typologie des classes de croissance du cèdre d'après un tableau logique de 101 placettes 9 variables 50 modalités dont 10 illustratives. Modalités du site index à 100 ans sur l'axe 1. - Centre des classes de croissance dans ce plan (2, 3, 4).

L'axe n° 4 traduit l'évolution des hautes futaies d'altitude du *Luzulo cedretum* mésophile et méso-hygrophile vers les types xéro-héliophiles ou hélio-hygrophiles de la sous-association *Luzulo cedretum-teucrietosum* caractérisés par un humus de type mor-moder (CTR de HU04 = -113). Cet axe peut être interprété comme "indicateur anthropique de la croissance".

### Typologie des classes de croissance

L'analyse des correspondances permet de décrire et de comprendre le comportement et les relations des variables dendro-écologiques et de caractériser la différenciation de la productivité qui résulte des facteurs écologiques et anthropiques. Le recours à la classification permettra d'individualiser les classes de croissance et d'interpréter, par retour au graphes de l'analyse des correspondances, les relations inter-classes et la composition de certaines d'entre elles.

Nous avons édifié, dans l'espace des six premiers facteurs issus de l'analyse, une classification par voie ascendante sur les 101 placettes avec pour critère l'agrégation suivant la variance. Nous avons retenu ainsi cinq classes, et projeté les centres de ces classes dans les plans factoriels.

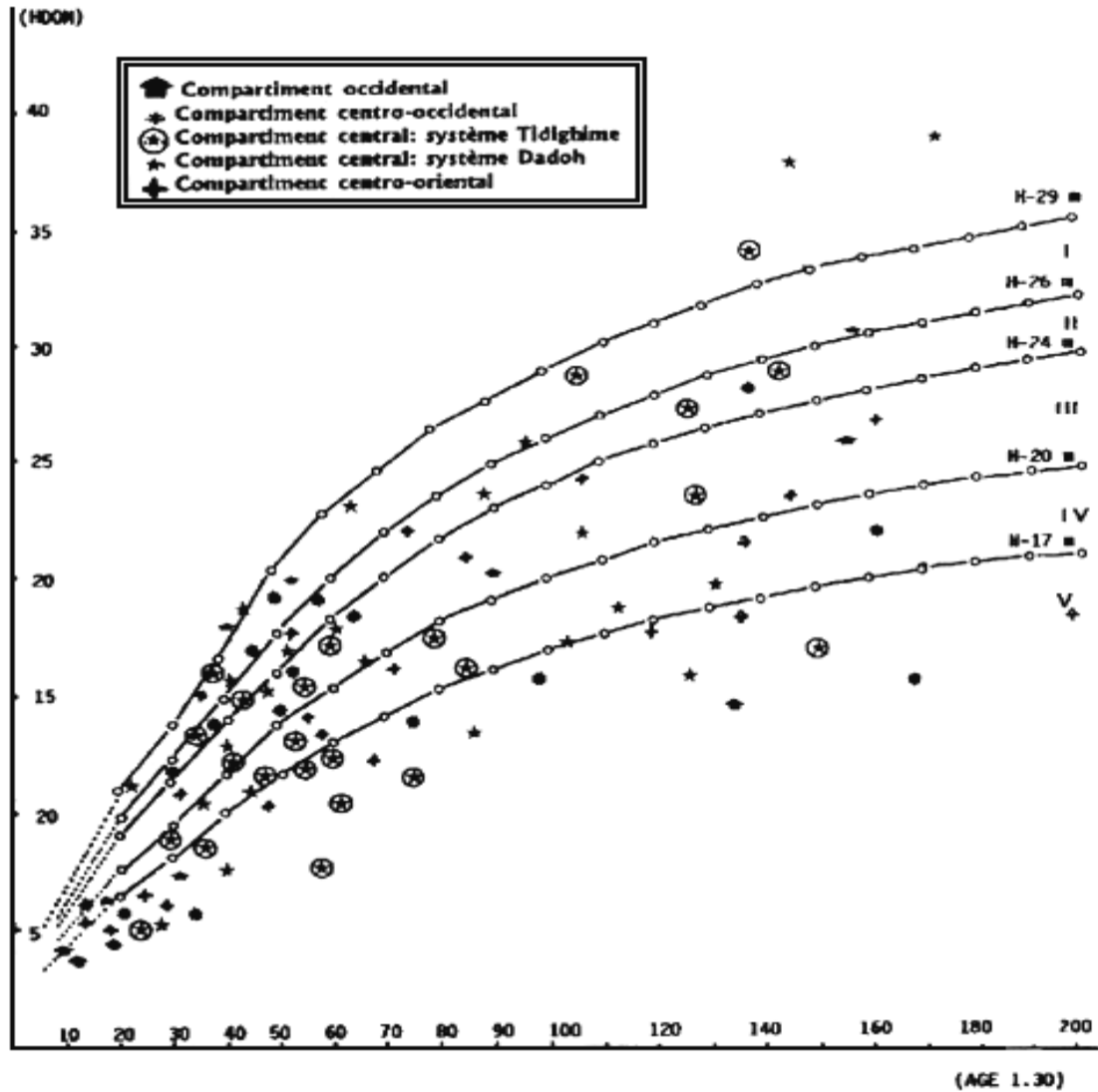
Le retour au tableau des données initiales nous a permis de caractériser chacune des classes par les modalités les plus représentatives de celles-ci, c'est-à-dire celles qui présentent une fréquence élevée.

La figure 5 représente les courbes de croissance du cèdre d'après cette typologie.

## **CONCLUSION**

La croissance ou la productivité du cèdre, est l'expression des différentes formes d'action des facteurs du milieu et, c'est à travers eux que l'on doit la regarder, si l'on veut dégager des structures causales complexes qui enrichissent la connaissance. A ce niveau, l'analyse des données, confrontée à l'expérience et aux connaissances acquises, permet de découvrir et de visualiser les structures que révèlent un tableau de données homogènes et exhaustif, et d'orienter la construction de modèles de croissance adéquat.

L'échantillonnage raisonné de 101 microplacettes de forme circulaire et de surface variable conduit en la mesure d'une certain nombre de variables dendrométriques analytiques dans un premier temps, et à la construction de variables synthétiques en rapport avec la productivité dans un second temps ("site index").



**Figure 5: Courbes de croissance du cèdre d'après une typologie factirielle.**

Une analyse préliminaire des corrélations entre ces variables permet de mieux saisir leurs liaisons, quoique linéaires, et de dégager les composantes principales de la productivité. Cette première analyse suggestive a guidé notre choix, quant aux variables non redondantes, pour la progression de notre modèle causal. Ainsi, nous avons sélectionné un ensemble de variables synthétiques non corrélées-quantitatives et qualitatives- pouvant traduire une qualité susceptible d'une certaine gradation au moyen d'un codage logique.

L'application conjointe de l'analyse des correspondances au tableau logique (101 placettes x 64 modalités de variables) et de la classification hiérarchique ascendante sur les facteurs issus de ce tableau a permis d'étudier l'évolution des différentes variables dendro-écologiques, d'interpréter leurs structures et d'édifier une typologie des classes de croissance.

La variabilité de la croissance et de la productivité du cèdre dans le Rif dépendrait, dans une large mesure, de l'humidité de la station, de la consistance du

peuplement, et de l'action anthropique. Elle n'est influencée par l'altitude que dans les parties basses (altitude 1500 m) ou les parties hautes (altitude 2100 m) où la faible productivité s'explique plus par la longueur de la période de croissance à ces niveaux (action convergente du froid et de la sécheresse).

## BIBLIOGRAPHIE

- Achhal A., Akabli O., Barbero M., Benabid A., M'hirit O., Peyre C, Quezel P. et Rivas-martinez S., (1980). A propos de la valeur bioclimatique et dynamique de quelques essences forestières au Maroc. *Ecologia Mediterranea*, 5 pp. 211-249.
- Becker M., (1973). Ecophytosociologie et production lingeuse. *Ann. Sci. Forest.*, 30 (3), 287-306.
- Belanger G., Menaro M., Waksman G., (1975). Analyse factorielle des relations entre le milieu et la production: étude des tremblais de la section Laurentienne. *Can. jour. For. Res.*, vol. 5 (4), 662-680.
- Benzecri J.P., et *al.*, (1976). L'analyse des données. I - la taxinomie: IC n° 4 (Porc): un exemple d'analyse factorielle des courbes de croissance, 387-392.
- Bouchon J., (1979). Structure des peuplements forestiers. *Ann. Sci. Forest.*, 36(3), 175-209.
- Czarnowski M.S., Humphreys R.R., Gentle S.W., (1967). Site index as a function of soil and climatic characteristics, a preliminary note based on man-made stands of *Pinus radiata* D. Don. In New South Wales, Austral. - *Ekol. Pol.*, A. 15, 495-504.
- Czarnowski M.S., Humphreys R.R., Gentle S.W., (1971). Quantitative expression of site index in terms of certain soil and climate characteristics of *Pinus radiata* D. DON. plantations in Australia and New Zealand. *Ekol. Pol.*, 19, 295-309.
- Dagnelie P., (1960). La productivité des hêtraies en relation avec les milieux écologiques. *Bull. Inst. Agron. Stat. Rech. Gembloux, Hors série, volume I*, 93-110.
- Decourt N., (1972). Tables de production provisoires pour l'*Epicea* commun dans le Nord-est de la France. *Ann. Sci. Forest.*, 29 (1), 49-65.
- Decourt N., (1973a). Protocole d'installation et de mesure des placettes de production semi-permanentes. Station de Sylviculture et de Production CNRF (INRA) 54370 Champenoux - Einville.
- Decourt N., (1973b). Production primaire, production utile: méthodes d'évaluation, indices de productivité. *Ann. Sci. Forest.*, 30 (3), 219-238.
- Decourt N., Le Tacon F., NYS C, (1979). Essai de mise en évidence de l'influence des facteurs du milieu sur la production du Douglas dans le Nord-est du massif central. *R.F.F. XXXI* (1), 20-27.
- Duplat P., (1980). Tables de production et sylviculture des résineux dans le massif du Jura. *Bull. Techn. de l'Office National des Forêts*, n° 11. Paris, 5-52.
- Farrar R.M., (1973). Southern Pine site index equations. *Journal of forestry*, november 1973, 696-697.
- Garbaye J. et *al.*, (1970). Réflexion sur une méthode d'études des relations entre facteurs écologiques et caractéristiques des peuplements. *Ann. Sci. Forest.*, 27 (3), 303-321.

- Lemoine B., (1981). Application de l'analyse factorielle à l'étude de la croissance en hauteur des arbres: exemple du pin maritime. *Ann. Sci. Forest.*, 38(1), 31-54.
- Le Tacon F., Oswald H., Tomassone R., (1970). La nutrition minérale de l'épicéa en Haute-Ardèche. Liaison avec la production. *Ann. Sci. Forest.*, 27 (4), 357-381.
- Le Tacon F., (1973). Sol, nutrition et production ligneuse. *Ann. Sci. Forest.*, 30 (3), 259-285.
- Levy G., (1978). Nutrition et production de l'épicéa-xommun adulte sur sols hydromorphes en Lorraine: liaisons avec les caractéristiques stationnelles. *Ann. Sci. Forest.*, 35(1), 33-53.
- Menard M., Belanger J.,. Etudes des relations entre les caractères du milieu et la production forestière par l'analyse factorielle des correspondances. M.S. Faculté de foresterie et de Géodésie Laval, Québec, Mémoire n° 24, 73p.
- M'hirit O., (1982). Etude écologique et forestière du Rif marocain. Essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de la productivité du cèdre. *Ann. Rech. Forest. Maroc. Tome 22 p. 502.*
- Millier C, (1973). Méthodologie mathématique des études des liaisons station-production. *Ann. Sci. Forest.*, 30(3), 351-366.
- Oswald H., (1969). Conditions forestières et potentialités de l'épicéa en Haute-Ardèche. *Ann. Sci. Forest.*, 26 (2), 183-224.
- Parde J., (1956). Une notion pleine d'intérêt: la hauteur dominante des peuplements forestiers. *R.F.F. n° 12. 850-856.*
- Rondeux J., (1977). Estimation de la productivité forestière: Principes et méthodes *Annales de Gembloux*, 83, 5-17.
- Tamm C.O., Troedsson T., Lundmark J.E., (1967). Forecasting forest yield observations of site characteristics. A critical discussion. XIV IUFRO -Congress, Section 21. München, 4-21.
- Viney R., (1955) Multiplicité des facteurs de production. *R.F.F. 2. 130-137*
- Yl. Byoug G.. (1976). Croissance du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en relation avec quelques variables du milieu en Languedoc-Roussillon ( France) Thèse. Doc Ing. l'niv. Sci. Techn. du Languedoc. Montpellier. 193 p. Annexes.